

ANEXO

DE

CÁLCULOS

CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

VANO DE REGULACIÓN

El vano ideal de regulación, limitado por dos apoyos de amarre, viene dado por:

$$a_r = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}} \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

- a_r : Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- b_i : Distancia en línea recta entre los dos puntos de fijación del conductor en el vano i.(m)
- a_i : Proyección horizontal de b_i (m)

ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES

La “ecuación de cambio de condiciones” nos permite calcular la componente horizontal de la tensión para unos valores determinados de sobrecarga (que será el peso total del conductor y cadena + sobrecarga de viento o nieve, si existiesen) y temperatura, partiendo de una situación de equilibrio inicial de sobrecarga, temperatura y tensión mecánica. Esta ecuación tiene la forma:

$$T^2 * (T + A) = B$$

$$A = \alpha * (\theta - \theta_0) * S * E - T_0 + \frac{a_r^2}{24} * \frac{P_0^2}{T_0^2} * S * E \quad ; \quad B = \frac{a_r^2 * P^2}{24} * S * E$$

- a_r : Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- T_0 : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (kg).
- θ_0 : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- P_0 : Sobrecarga en las condiciones iniciales según zona donde nos encontremos (kg/m).
- T : Tensión horizontal en las condiciones finales (kg).
- θ_F : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- P : Sobrecarga en las condiciones finales (kg/m).
- S : Sección del conductor (mm²).

Julián Carlos Vidal Padilla

- E : Módulo de elasticidad del conductor (kg/mm^2).
- α : Coeficiente de dilatación lineal del conductor ($\text{m}/^\circ\text{C}$).

Como se señaló anteriormente, la sobrecarga en condiciones finales será:

$$P = P_{\text{cond}} + \text{Sobrecarga}_{\text{hielo o viento}}$$

HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Tracción máxima admisible del tendido:

La tensión horizontal del conductor en las condiciones iniciales (T_0), se realizará teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- a) Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 2,5 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores según apartado 3.2.1 de ITC07 del R.L.A.T.

Zona B:

- a) Con sobrecarga de viento de 120 km/h a la temperatura de -10°C .
- b) Con sobrecarga de hielo a la temperatura de -15°C .

Comprobación de fenómenos vibratorios:

Los valores de la compañía suministradora para el EDS a una temperatura de 15°C son de límite máximo un 15% de la carga de rotura.

Los valores de la compañía suministradora para el CHS a una temperatura de -5°C son de límite máximo un 20% de la carga de rotura.

Flecha máxima:

El cálculo de la flecha máxima es necesario para determinar que la separación de los conductores entre sí es mayor que la indicada en el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07, así como para determinar la altura de los apoyos que garantice que la distancia de los conductores al terreno es superior a la especificada en el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07.

La flecha máxima se calculará para tres hipótesis distintas:

Julián Carlos Vidal Padilla

- a) Hipótesis de viento: considerar el peso propio con una sobrecarga de viento de 120 km/h a 15°C.
- b) Hipótesis de temperatura: considerar el peso propio a la temperatura previsible, según el diseño eléctrico de la línea y su intensidad nominal de trabajo-Esta temperatura no será inferior a 50°C para líneas de 3ª categoría.
- c) Hipótesis de hielo: considerar el peso propio con una sobrecarga de hielo a la temperatura de 0°C.

Las flechas que se alcanzan en cada vano, se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

$$f = \frac{p * a * b}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2}\right)$$

- a: Longitud proyectada del vano (m).
- h: Desnivel (m).
- b: Longitud real del vano (m) $\rightarrow b = \sqrt{a^2 + h^2}$
- T: Componente horizontal de la tensión (kg).
- p: Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (kg/m).

Flecha mínima vertical

Se utiliza para comprobar en el perfil longitudinal la existencia de tiro ascendente sobre los apoyos y comprobar las distancias de seguridad en los cruzamientos de la línea con otras líneas eléctricas

Las condiciones correspondientes a esta hipótesis son:

Zona B: a la temperatura de -15°C sin sobrecarga.

CÁLCULOS DE TENDIDO DE LA LÍNEA PRINCIPAL

Canton	Vano	Vano de regulación (m)	Tracción máxima (daN)		Flecha máxima		
			P+H (-15°C)	P+V(-10°C)	P+H(0°C)	P+V(15°C)	P(50°C)
1	1º	120,06	535,17	443,73	3,58	3,63	3,69
	2º				1,14	1,16	1,18
2	3º	89,84	544,91	470,66	1,529	1,54	1,604
3	4º	139,14	536,21	456,91	4,46	4,52	4,56
	5º				1,91	1,93	1,95
4	6º	162,79	526,46	437,12	4,31	4,35	4,4
	7º				5,45	5,51	5,56
5	8º	167,25	527,61	452,42	1,96	1,98	1,99
	9º				5,74	5,79	5,81
	10º				4,17	4,21	4,22
	11º				7,63	7,7	7,73
	12º				3,13	3,16	3,17
	13º				4,69	4,74	4,75
6	14º	167,19	535,71	452,44	5,1	5,15	5,16
	15º				7,53	7,6	7,62
	16º				4,56	4,6	4,62
	17º				2,97	3	3,01
	18º				2,8	2,82	2,838
7	19º	166,24	533,92	452,56	2,04	2,05	2,068
	20º				7,04	7,1	7,14
	21º				5,08	5,12	5,15
	22º				3,66	3,69	3,71
8	23º	164,5	535,73	452,8	5,91	5,95	5,99
	24º				4,22	4,25	4,27
	25º				3,91	3,94	3,96
9	26º	131,43	527,71	458,9	0,097	0,1	0,1052
	27º				1,67	1,69	1,71
	28º				2,77	2,8	2,82
	29º				1,52	1,55	1,6
	30º				5,45	5,48	5,51

Canton	Vano	Vano de regulacion(m)	Flecha mínima	CHS máximo (%)	EDS(%) máximo
--------	------	-----------------------	---------------	----------------	---------------

Julián Carlos Vidal Padilla

			P(-15°C)	P(-5°C)	P(15°C)
1 º Canton	1º	120,06	1,98	16,2	9,78
	2º		0,637		
2 º canton	3º	89,84	0,563	16,57	11,28
3 º canton	4º	139,14	2,81	11,56	9,78
	5º		1,2		
4 º canton	6º	162,79	3,2	10,06	9,1
	7º		4,04		
5 º Canton	8º	167,25	1,43	10,62	9,54
	9º		4,2		
	10º		3,05		
	11º		5,58		
	12º		2,29		
	13º		3,43		
6 ºCanton	14º	167,19	0,626	10,47	9,41
	15º		0,924		
	16º		0,559		
	17º		0,365		
	18º		0,344		
7 º canton	19º	166,24	1,48	10,54	9,45
	20º		5,12		
	21º		3,7		
	22º		2,66		
8ºCanton	23º	164,5	4,27	10,55	9,43
	24º		3,05		
	25º		2,83		
9 ºCanton	26º	131,43	0,061	15,96	10,71
	27º		0,99		
	28º		1,64		
	29º		0,93		
	30º		3,21		

CÁLCULOS DE LA TABLA DE TENDIDO DE LA DERIVACIÓN DE AGUASCALDAS

Canton	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano de regulación (m)	Tracción máxima (daN)		Flecha máxima(m)		
				Hielo (-15)	Viento(-10)	P+H(0°C)	P+V(15°C)	P(50°C)
1	150,14	9,71	150,14	538,77	453	4	4,03	4,06
2	179,09	0,64	184,01	539,66	450,48	5,55	5,58	5,63
	188,49	5,37				6,18	6,21	6,24
3	98,53	8,94	98,93	541,79	450,47	5,89	5,93	5,97

Canton	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano de regulación(m)	Flecha mínima (m)	CHS máximo (%)	EDS máximo (%)
				P(-15°C)	P(-5°C)	P(15°C)
1	150,14	9,71	150,14	2,7	10,98	9,56
2	179,09	0,64	184,01	4,31	10,04	9,21
	188,49	5,37		4,78		
3	98,53	8,94	98,93	4,58	10,06	9,22

DISTANCIAS DE SEGURIDAD Y CRUZAMIENTOS

Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC07 del R.L.A.T., En todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (con un mínimo de 6 m.)}$$

A nuestro nivel de tensión de 25 kV le corresponde una D_{el} de 0,27 m.

Por tanto, obtenemos una distancia mínima de: **$D_{add} + D_{el} = 6 \text{ metros}$** .

- $D_{add} + D_{el}$: Distancia del conductor inferior al terreno, en metros.

Cruzamientos con otras líneas aéreas

Según se indica en el apartado 5.6.1 de la ITC-LAT 07, en los cruces de líneas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y en el caso de igual tensión la que se instale con más posterioridad. En todo caso siempre que fuera preciso sobre elevar la línea preexistente, será de cargo del propietario de la nueva línea lo modificación de la línea ya instalada.

Julián Carlos Vidal Padilla

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el}$$

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T.

En nuestro caso:

$D_{el} = 0,27$ metros.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} = 1,8 + D_{pp}$$

- D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de D_{pp} se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.

En nuestro caso:

$$D_{pp} = 0,33 \text{ m}$$

Distancia entre conductores

La distancia mínima de los conductores entre sí viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC07 del RLAT, esto es:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

- D : Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.

- K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del RLAT.

Julián Carlos Vidal Padilla

-F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).

- L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.

- D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de D_{pp} se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.

Más tarde se podrá consultarse el chequeo de tales distancias para cada uno de los apoyos, tanto de la línea principal como de la derivación de Aguascaladas.

Distancia a masa

Según el artículo 5.4.2 de la ITC07 del R.L.A.T. la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a D_{el} .

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T.

En nuestro caso:

$D_{el}= 0,27$ metros.

Si esta distancia es menor que la mínima que establece el reglamento, 0,2 metros, se cogerá esta distancia mínima.

DESVIACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en los apoyos de alineación, con presión de viento mitad de lo establecido con carácter general, según la ecuación:

$$tg\gamma = \frac{K_v * d * (\frac{a_1 + a_2}{2}) + \frac{E_c}{2}}{P(\frac{a_1 + a_2}{2}) + T_{-t+\frac{v}{2}} * (\frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2}) + \frac{P_c}{2}}$$

- γ : Ángulo de desviación.

E_c : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (kg).
Julián Carlos Vidal Padilla

- P_c : Peso de cada cadena (kg).
- a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).
- h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m).
- $T_{t+v/2}$: Componente horizontal de la tensión según Zona con sobrecarga 1/2 de viento a 120 km/h.
- d : Diámetro del conductor (m).
- P : Peso unitario del conductor (kg/m).
- K_v : Presión mitad del viento (kg/m²).

SERVIDUMBRE DE VUELO

La servidumbre de vuelo se define como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados estos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables.

$$a_e = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$a_{gv} = a_e + \frac{T_v}{p} * \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right)$$

Peso del conductor:

$$P_{cond} = q * \phi_{cadena} * L_{cadena}$$

Viento sobre la cadena de aisladores:

$$F_{vCAD} = q * \phi_{cadena} * 10^{-3} * a_e$$

Viento sobre el conductor:

$$F_{vCOND} = q * \phi_{COND} * 10^{-3} * a_e$$

El ángulo de desviación de la cadena tiene un valor:

$$\beta = \text{arc. tag} \left(\frac{\frac{F_{vCAD}}{2} + F_{vCOND}}{P_{cond} + \frac{P_{cadena}}{2} + P_{herrajes}} \right)$$

Proyección horizontal de la cadena de aisladores
Julián Carlos Vidal Padilla

$$\text{Proyección horizontal} = L_{cad} * \sin \beta$$

Proyección horizontal de la flecha máxima con viento de 120 km/h

$$\text{Proyección horizontal} = f_{\text{máx viento}} * \sin \phi$$

La zona de servidumbre de vuelo en el centro del vano se situará a una distancia de línea que une los puntos de sujeción de las cadenas de aisladores de los apoyos.

$$\text{Zona de servidumbre} = \text{Proy horiz cad aisladores} + \text{Proy horiz } f_{\text{máx}} + D_{\text{segur}}$$

Esas distancias de seguridad serán reglamentarias en función del paralelismo que haya con los diferentes elementos que se encuentre el trazado de la línea y serán calculadas posteriormente.

PARALELISMOS

Paralelismos arboleda

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el}$$

Con un mínimo de 2 metros.

Para la línea de 25 kV, la $D_{el} = 0,27m$ luego tendremos una distancia de seguridad de 2 m.

Paralelismos edificios

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente mínima distancia de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el}$$

Con un mínimo de 5 metros.

Para la línea de 25 kV, la $D_{el} = 0,27m$ luego tendremos una distancia de seguridad de 5 m.

Todos los resultados del paralelismo se verán reflejados en el apartado 6.1.15

ALTURA LIBRE MÍNIMA DE LOS APOYOS

La altura libre mínima de los apoyos es aquella que va desde la punta de la cabeza del apoyo hasta el suelo.

Y se determina con:

$$h_{libre\ min} = f_{m\acute{a}x} + L_{cad} + dist_{al\ terreno\ de\ los\ conductores} + 1$$

Siendo:

$f_{m\acute{a}x}$: La flecha máxima del apoyo en metros.

L_{cad} : La longitud de la cadena de aisladores.

$dist_{al\ terreno\ de\ los\ conductores}$: Distancia al terreno de los conductores (6 metros por reglamento).

Estos cálculos se verán reflejados posteriormente

RESUMEN Y COMPROBACIÓN DE DISTANCIAS REGLAMENTARIAS

CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

LINEA PRINCIPAL

Vano	K	f max	L cad	K'	Dpp	D entre conductores
1º	0,65	3,69	0,6	0,75	0,33	1,59
2º	0,65	1,18	0,6	0,75	0,33	1,11
3º	0,65	1,60	0,6	0,75	0,33	1,21

Julían Carlos Vidal Padilla

4º	0,65	4,56	0,6	0,75	0,33	1,72
5º	0,65	1,95	0,6	0,75	0,33	1,29
6º	0,65	4,40	0,6	0,75	0,33	1,70
7º	0,65	5,56	0,6	0,75	0,33	1,86
8º	0,65	1,99	0,6	0,75	0,33	1,29
9º	0,65	5,81	0,6	0,75	0,33	1,89
10º	0,65	4,22	0,6	0,75	0,33	1,67
11º	0,65	7,73	0,6	0,75	0,33	2,12
12º	0,65	3,17	0,6	0,75	0,33	1,51
13º	0,65	4,75	0,6	0,75	0,33	1,75
14º	0,65	5,16	0,6	0,75	0,33	1,81
15º	0,65	7,62	0,6	0,75	0,33	2,11
16º	0,65	4,62	0,6	0,75	0,33	1,73
17º	0,65	3,01	0,6	0,75	0,33	1,48
18º	0,65	2,84	0,6	0,75	0,33	1,45
19º	0,65	2,06	0,6	0,75	0,33	1,31
20º	0,65	7,14	0,6	0,75	0,33	2,06
21º	0,65	5,15	0,6	0,75	0,33	1,81
22º	0,65	3,71	0,6	0,75	0,33	1,60
23º	0,65	5,99	0,6	0,75	0,33	1,92
24º	0,65	4,27	0,6	0,75	0,33	1,68
25º	0,65	3,96	0,6	0,75	0,33	1,64
26º	0,65	0,11	0,6	0,75	0,33	0,79
27º	0,65	1,71	0,6	0,75	0,33	1,24
28º	0,65	2,82	0,6	0,75	0,33	1,45
29º	0,65	1,60	0,6	0,75	0,33	1,21
30º	0,65	5,51	0,6	0,75	0,33	1,85

DERIVACIÓN AGUASCALDAS

Vano	K	f max	Lcad	K'	Dpp	D entre conductores
1º	0,65	4,07	0,6	0,75	0,33	1,65
2º	0,65	5,63	0,6	0,75	0,33	1,87
3º	0,65	6,24	0,6	0,75	0,33	1,95
4º	0,65	5,97	0,6	0,75	0,33	1,91

**SELECCIÓN DEL ARMADO UNA VEZ CALCULADA LA DISTANCIA ENTRE
CONDUCTORES**

LINEA PRINCIPAL

Apoyo	Brazo mínimo de la cruceta	Cruceta seleccionada
1	1,59	B2
2	1,59	B2
3	1,11	B1
4	1,21	B1
5	1,72	B2
6	1,72	B2
7	1,70	B2
8	1,86	B2
9	1,86	B2
10	1,89	B2
11	1,89	B2
12	2,12	B3
13	2,12	B3
14	1,75	B2
15	1,81	B2
16	2,11	B3
17	2,11	B3
18	1,73	B2
19	1,48	B1
20	1,45	B1
21	2,06	B3
22	2,06	B3
23	1,81	B2
24	1,92	B2
25	1,92	B2
26	1,68	B2
27	1,64	B2
28	0,79	B1
29	1,24	B1
30	1,45	B1
31	1,45	B1
32	1,85	B2
33	1,85	B2

AGUASCALDAS

Apoyo	Brazo mínimo de la cruzeta	Cruzeta seleccionada
1	1,65	S0
2	1,87	S0
3	1,95	B2
4	1,95	S0
5	1,91	S0

RESULTADO DE AISLADORES QUE SUPERAN EL ÁNGULO CRÍTICO DE DESVIACIÓN DE LA LÍNEA PRINCIPAL

Apoyo	Tensión viento mitad (daN)	P conductores	Fv cadena	Fv conductor	Angulo de desviación
11	259,68	4,69	5,355	47,38	72,38
18	271,91	12,62	5,355	41,28	61,54
26	273,07	3,49	5,355	43,04	72,18
32	303,03	-6,62	5,355	37,8	83,54

Corrección del ángulo crítico

Apoyo	Angulo de desviación corregido con contrapesos
11	39,46º
18	32,98º
26	37,96º
32	39,85º

RESULTADOS DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE DE VUELO

LINEA PRINCIPAL

Julián Carlos Vidal Padilla

Apoyo	flecha máxima apoyo	Proyección horizontal aislador	Proyección horizontal flecha máxima	Zona de servidumbre (m)
1	3,69	0,000	3,51	3,51
2	3,69	0,554	3,51	4,06
3	1,18	0,000	1,12	1,12
4	1,6	0,000	1,52	1,52
5	4,56	0,000	4,33	4,33
6	4,56	0,587	4,33	4,92
7	4,4	0,000	4,18	4,18
8	5,56	0,578	5,28	5,86
9	5,56	0,000	5,28	5,28
10	5,81	0,533	5,52	6,06
11	5,81	0,512	5,52	6,03
12	7,73	0,571	7,35	7,92
13	7,73	0,584	7,35	7,93
14	4,75	0,548	4,51	5,06
15	5,17	0,000	4,91	4,91
16	7,62	0,564	7,24	7,81
17	7,62	0,540	7,24	7,78
18	4,62	0,470	4,39	4,86
19	3,01	0,572	2,86	3,43
20	2,84	0,000	2,70	2,70
21	7,14	0,592	6,79	7,38
22	7,14	0,501	6,79	7,29
23	5,15	0,546	4,89	5,44
24	6	0,000	5,70	5,70
25	6	0,503	5,70	6,21
26	4,27	0,498	4,06	4,56
27	3,96	0,000	3,76	3,76
28	0,11	0,000	0,10	0,10
29	1,71	0,452	1,63	2,08
30	2,82	0,554	2,68	3,23
31	2,82	0,565	2,68	3,25
32	5,51	0,486	5,24	5,72
33	5,51	0,000	5,24	5,24

Apo yo	Flecha máxima	Proyección horizontal aislador	Proyección horizontal flecha máxima	Zona de servidumbre (m)
1	4,06	0	3,858731342	3,858731342
2	5,63	0	5,350900851	5,350900851
3	6,24	0,578947427	5,930660979	6,509608405
4	5,97	0	5,67404584	5,67404584
5	5,97	0	5,67404584	5,67404584

RESULTADOS DE LA DISTANCIA TOTAL DE PARALELISMO

LINEA PRINCIPAL

Apoyo	Paralelismo	Distancia mínima de seguridad paralelismo	Distancia total paralelismo
1	-	-	3,51
2	-	-	4,06
3	-	-	1,12
4	-	-	1,52
5	-	-	4,33
6	-	-	4,92
7	-	-	4,18
8	-	--	5,86
9	-	-	5,28
10	-	-	6,06
11	Arboleda	2	8,03
12	Arboleda	2	9,92
13	Arboleda	2	9,93
14	Arboleda	2	7,06
15	Arboleda	2	6,91
16	Arboleda	2	9,81
17	-	-	7,78
18	-	-	4,86
19	Corral y arboleda	5	8,43
20	Nave y Arboleda	5	7,70
21	Arboleda	2	9,38
22	-	-	7,29
23	Arboleda	2	7,44
24	-	-	5,70
25	-	-	6,21
26	-	-	4,56
27	-	-	3,76

Julían Carlos Vidal Padilla

28	-	-	0,10
29	-	-	2,08
30	-	-	3,23
31	-	-	3,25
32	-	-	5,72
33	-	-	5,24

AGUASCALDAS

Apoyo	Paralelismo	Distancia mínima de seguridad paralelismo	Distancia total paralelismo
1	-	-	3,858731342
2	-	-	5,350900851
3	-	-	6,509608405
4	-	2	7,67404584
5	-	2	7,67404584

RESULTADOS DE LAS ALTURA LIBRES MÍNIMAS DE LOS APOYOS

LINEA PRINCIPAL

Apoyo	L vertical cad	flecha max(Apoyo)	Distancia de seguridad	Altura libre mínima
1	0	3,69	6	10,7
2	0,602	3,69	6	11,3
3	0	1,18	6	8,2
4	0	1,6	6	8,6
5	0	4,56	6,0	11,6
6	0,602	4,56	6,0	12,2
7	0	4,4	6	11,4
8	0,602	5,56	6	13,2
9	0	5,56	6	12,6
10	0,602	5,81	6	13,4
11	0,602	5,81	6	13,4
12	0,602	7,73	6	15,3
13	0,602	7,73	6	15,3
14	0,602	4,75	6	12,4
15	0	5,17	6	12,2

Julián Carlos Vidal Padilla

16	0,602	7,62	6	15,2
17	0,602	7,62	6	15,2
18	0,602	4,62	6	12,2
19	0,602	3,01	6	10,6
20	0	2,84	6	9,8
21	0,602	7,14	6	14,7
22	0,602	7,14	6	14,7
23	0,602	5,15	6	12,8
24	0	6	6	13,0
25	0,602	6	6	13,6
26	0,602	4,27	6	11,9
27	0	3,96	6	11,0
28	0	0,11	6	7,1
29	0,602	1,71	6	9,3
30	0,602	2,82	6	10,4
31	0,602	2,82	6	10,4
32	0,602	5,51	6	13,1
33	0	5,51	6	12,5

AGUASCALDAS

Apoyo	L vertical cad	flecha max(Apoyo)	Distancia de seguridad	Altura libre mínima
1	0	4,06	6	11,06
2	0	5,63	6	12,63
3	0,602	6,24	6	13,842
4	0	6,24	6	13,24
5	0	5,97	6	12,97

CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS APOYOS

Principio de línea

Eolovano:

$$a_e = \frac{a}{2}$$

Gravivano con viento:

$$a_{gv} = \frac{a}{2} + \frac{T_v}{p} * \left(\frac{d}{a}\right)$$

Julián Carlos Vidal Padilla

Siendo p el peso con sobrecarga de viento.

Gravivano con hielo:

$$a_{gh} = \frac{a}{2} + \frac{T_h}{p} * \left(\frac{d}{a}\right)$$

Siendo p el peso con sobrecarga de hielo.

1ª Hipótesis: viento de 120 km/h, a -10°C

a) Cargas verticales

-Peso de conductores

$$P_{conductores} = n * p_p * a_{gviento}$$

Peso de cadena de aisladores de amarre

$$P_{cad} = n_{cad} * p_{cad}$$

Peso de herrajes

$$P_{herrajes} = n_{cad} * p_{herrajes}$$

Total cargas verticales

$$F_v = P_{conductores} + P_{cad} + P_{herrajes} + P_{cruzeta} + P_{autoválvulas} + P_{cable\ aislado}$$

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

$$F_t = 3 * q * \phi * 10^{-3} * a_e$$

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones

En los apoyos de fin de línea se considera el 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores.

$$F_{L1} = T_v$$

$$F_L = 3 * F_{L1}$$

2ª Hipótesis: hielo en zona C, a -15°C

a) Cargas verticales

-Peso conductores

$$P_{conductores} = n * (p_p + p_{hielo}) * a_{g\ hielo}$$

-Peso de cadena de aisladores, herrajes y cruceta igual que en la primera hipótesis.

-Total cargas verticales

Julián Carlos Vidal Padilla

$$F_v = P_{\text{conductores}} + P_{\text{cad}} + P_{\text{herrajes}} + P_{\text{cruzeta}} + P_{\text{autoválvulas}} + P_{\text{cable aislado}}$$

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

- No se consideran cargas transversales por viento

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones

- En los apoyos de fin de línea se considera el 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores.

$$F_{L1} = T_H$$

$$F_L = 3 * F_{L1}$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis no se aplica al ser un principio de línea

4º Hipótesis: rotura de conductores con hielo zona B,-15°C

a) Cargas verticales

-Peso conductores

$$P_{\text{conductores}} = (n - 1) * (p_p + p_{\text{hielo}}) * a_{g \text{ hielo}}$$

-Total cargas verticales

$$F_v = P_{\text{conductores}} + P_{\text{cad}} + P_{\text{herrajes}} + P_{\text{cruzeta}} + P_{\text{autoválvulas}} + P_{\text{cable aislado}}$$

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

No se consideran cargas transversales por viento

c) Cargas longitudinales por rotura de conductores

-Se considera la rotura de un conductor. Esto provoca sobre el conductor un momento de torsión que viene dado por:

$$M_T = F_{L1} * a$$

Siendo $F_{L1} = T_H$ la tracción del cantón a -15°C con sobrecarga de hielo

a=Brazo de la cruceta

Apoyo de suspensión en alineación

Eolovano:

$$a_e = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Julián Carlos Vidal Padilla

Gravivano con viento:

$$a_{gv} = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p} * \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right)$$

Siendo p el peso con sobrecarga de viento.

Gravivano con hielo:

$$a_{gh} = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p} * \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right)$$

Siendo p el peso con sobrecarga de hielo.

1ª Hipótesis: viento de 120 km/h, a -10°C

a) Cargas verticales

-Peso de conductores

$$P_{conductores} = n * p_p * a_{gviento}$$

-Peso de cadena de aisladores de suspensión

$$P_{cad} = n_{cad} * p_{cad}$$

Peso de herrajes

$$P_{herrajes} = n_{cad} * p_{herrajes}$$

Total cargas verticales

$$F_v = P_{conductores} + P_{cad} + P_{herrajes} + P_{cruzeta}$$

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

$$F_t = 3 * q * \phi * 10^{-3} * a_e$$

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones

-No se consideran cargas longitudinales por viento

2ª Hipótesis: hielo en zona B, a -15°C

a) Cargas verticales

-Peso conductores

$$P_{conductores} = n * (p_p + p_{hielo}) * a_{g\text{ hielo}}$$

-Peso de cadena de aisladores, herrajes y cruzeta igual que en la primera hipótesis.

-Total cargas verticales

$$F_v = P_{conductores} + P_{cad} + P_{herrajes} + P_{cruzeta}$$

Julián Carlos Vidal Padilla

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

-No se consideran cargas transversales en la hipótesis de hielo.

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones

-No se consideran cargas longitudinales en la hipótesis de hielo.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

a) Cargas verticales

-Son idénticas a las calculadas en la 2ª Hipótesis

b) Cargas transversales

-No se consideran cargas transversales en la hipótesis de hielo.

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones

$$F_L = n * 0,08 * T_H$$

– Siendo T_H la tracción del cantón a -15°C con sobrecarga de hielo

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

Un $\leq 66\text{kV}$, 8%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

4ª Hipótesis: rotura de conductores con hielo zona B, -15°C

El apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 establece que ,para líneas de tensión nominal hasta 66KV, en los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión o amarre con conductores de carga de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 km como máximo.

En nuestra línea se dan todas las condiciones anteriores por lo tanto podemos prescindir de esta hipótesis y como consecuencia a los apoyos de alineación y ángulo no se les exigirá que soporten momento torsor alguno.

Apoyo de amarre en ángulo

Eolovano:

$$a_e = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Gravivano con viento:

$$a_{gv} = \frac{a_1 + a_2}{2} + \left(\frac{T_{v1}}{p} * \frac{d_1}{a_1} - \frac{T_{v2}}{p} * \frac{d_2}{a_2} \right)$$

Siendo p el peso con sobrecarga de viento y T_{v1} y T_{v2} las tracciones del viento en ambos cantones.

Gravivano con hielo:

$$a_{gv} = \frac{a_1 + a_2}{2} + \left(\frac{T_{h1}}{p} * \frac{d_1}{a_1} - \frac{T_{h2}}{p} * \frac{d_2}{a_2} \right)$$

Siendo p el peso con sobrecarga de hielo y T_{h1} y T_{h2} las tracciones del viento en ambos cantones.

1º Hipótesis: viento de 120 km/h, a -10°C

a) Cargas verticales

-Peso de conductores

$$P_{conductores} = n * p_p * a_{gviento}$$

-Peso de cadena de aisladores de suspensión

$$P_{cad} = n_{cad} * p_{cad}$$

Peso de herrajes

$$P_{herrajes} = n_{cad} * p_{herrajes}$$

Total cargas verticales

$$F_v = P_{conductores} + P_{cad} + P_{herrajes} + P_{cruzeta}$$

b) Cargas transversales, por viento sobre los conductores

Julián Carlos Vidal Padilla

$$F_T = 3 * \left[(T_{v1} + T_{v2}) * \sin \frac{\alpha}{2} + a_e * q * \left(\frac{120}{120} \right)^2 * \phi * 10^{-3} * \cos \frac{\alpha}{2} \right]$$

c) **Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones**

-No se consideran cargas longitudinales por viento

2ª Hipótesis: hielo en zona B, a -15°C

a) **Cargas verticales**

-Peso conductores

$$P_{conductores} = n * (p_p + p_{hielo}) * a_{g \text{ hielo}}$$

-Peso de cadena de aisladores, herrajes y cruceta igual que en la primera hipótesis.

-Total cargas verticales

$$F_v = P_{conductores} + P_{cad} + P_{herrajes} + P_{cruceta}$$

b) **Cargas transversales, por viento sobre los conductores**

$$F_T = 3 * \left[(T_{h1} + T_{h2}) * \sin \frac{\alpha}{2} \right]$$

-Siendo T_{h1} y T_{h2} las tracciones horizontales de los dos cantones a -20°C.

c) **Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones**

-No se consideran cargas longitudinales en la hipótesis de hielo.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

a) **Cargas verticales**

-Son idénticas a las calculadas en la 2ª Hipótesis

b) **Cargas transversales**

$$F_T = 3 * 1,85 * T_{H \text{ máx}} * \sin \frac{\alpha}{2}$$

c) **Cargas longitudinales por desequilibrio de tracciones**

$$F_L = n * 0,15 * T_{H \text{ máx}} * \cos \frac{\alpha}{2}$$

-Siendo $T_{H \text{ máx}}$ la tracción máxima de los dos cantones a -15°C con sobrecarga de hielo

- Desequilibrio en apoyos de ángulo con cadenas de asilamiento de amarre:

Un $\leq 66\text{kV}$, 15%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

4º Hipótesis: rotura de conductores con hielo zona B, -15°C

El apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 establece que , para líneas de tensión nominal hasta 66KV, en los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión o amarre con conductores de carga de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 km como máximo.

En nuestra línea se dan todas las condiciones anteriores por lo tanto podemos prescindir de esta hipótesis y como consecuencia a los apoyos de alineación y ángulo no se les exigirá que soporten momento torsor alguno.

RESULTADO DE LOS ESFUERZOS APLICADOS EN LOS APOYOS

LÍNEA PRINCIPAL

Apoyo	Función de línea	1º Hipótesis (Viento)		2º Hipótesis (Hielo)		3º Hipótesis		4º Hipótesis	
		Vertical	Flector	Vertical	Flector	Vertical	Flector	Vertical	Torsión
1	Ppo de línea	282,54	1478,3	531,7	1638,3	NO	NO	420,3	669,0
2	Susp-Alin	290,91	188,0	527,3	NO	527,3	131,1	NO	NO
3	Final de línea	250,93	1426,4	429,8	1638,3	NO	NO	307,7	668,9
4	Ppo de línea	219,49	1518,3	311,5	1668,1	NO	NO	270,8	681,3
5	Amarre Angulo	231,4	1626,7	394,5	1441,2	394,5	1781,8	NO	NO
6	Susp-Alin	259,57	226,9	377,4	NO	377,4	131,3	NO	NO
7	Amarre Angulo	238,35	1034,9	498,6	978,2	498,6	1148,0	NO	NO
8	Susp-Alin	291,27	281,2	405,7	NO	405,7	129,0	NO	NO

Julian Carlos Vidal Padilla

9	Amarre Angulo	319,4	429,7	797,9	225,1	797,9	450,1	NO	NO
10	Susp-Alin	342,85	248,1	692,1	NO	692,1	129,2	NO	NO
11	Susp-Alin	390,94	290,1	455,3	NO	455,3	129,2	NO	NO
12	Susp-Alin	376,21	314,6	652,0	NO	652,0	129,2	NO	NO
13	Susp-Alin	344,11	296,0	530,3	NO	530,3	129,2	NO	NO
14	Susp-Alin	328,57	256,9	639,0	NO	639,0	129,2	NO	NO
15	Amarre Angulo	317,33	742,7	787,5	537,2	787,5	743,3	NO	NO
16	Susp-Alin	393,87	327,6	720,1	NO	720,1	131,2	NO	NO
17	Susp-Alin	431,77	319,5	680,7	NO	680,7	131,1	NO	NO
18	Susp-Alin	416,63	252,8	546,4	NO	546,4	131,1	NO	NO
19	Susp-Alin	226,93	222,3	409,9	NO	409,9	131,1	NO	NO
20	Amarre Angulo	299,82	347,6	717,8	171,4	717,8	404,4	NO	NO
21	Susp-Alin	471,39	267,2	582,4	NO	582,4	131,1	NO	NO
22	Susp-Alin	491,84	321,3	901,3	NO	901,3	130,8	NO	NO
23	Susp-Alin	338,41	272,6	629,3	NO	629,3	131,1	NO	NO
24	Amarre Angulo	290,4	332,7	607,2	229,5	607,2	471,4	NO	NO
25	Susp-Alin	408,46	293,4	779,4	NO	779,4	131,2	NO	NO
26	Susp-Alin	390,94	263,5	449,0	NO	449,0	131,1	NO	NO
27	Final de linea	272,02	1515,4	618,0	1640,0	NO	NO	477,8	683,3
28	Ppo de linea	366,89	1424,7	863,7	1615,4	NO	NO	750,3	673,0
29	Susp-Alin	253,57	265,7	477,8	NO	477,8	131,1	NO	NO
30	Susp-Alin	391,41	214,0	442,8	NO	442,8	129,2	NO	NO
31	Susp-Alin	223,23	173,1	266,3	NO	266,3	131,1	NO	NO
32	Susp-Alin	382,75	20,5	407,8	NO	407,8	129,2	NO	NO
33	Final de linea	336,48	1807,5	559,0	1615,4	NO	NO	441,1	673,1

AGUASCALDAS

Apoyo	Función de linea	1ºHipotesis (Viento)		2ºHipotesis (Hielo)		3ºHipotesis		4ºHipotesis	
		Vertical	Flector	Vertical	Flector	Vertical	Flector	Vertical	Torsion
1	Ppo de linea	294,68	1509,28	473,53	1649,29	NO	NO	381,6	687,2
2	Amarre Angulo	275,92	923,46	639,73	770,67	639,73	954,4	NO	NO
3	Susp-Alin	299,89	319	585,1	NO	396,1	132,15	NO	NO
4	Amarre Angulo	210,19	488,52	270	288,53	270	515,24	NO	NO
5	Ppo de linea	302,05	1464,5	459,15	1658,54	NO	NO	371,86	691

Estos esfuerzos se compararán con los esfuerzos de los apoyos del catálogo serie C Atornillada que nos proporciona Inmedexsa cumpliendo de sobras con estos esfuerzos mencionados.

CIMENTACIONES

Cimentaciones monobloque

Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_v = F \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot t\right) + F_v \cdot \left((H_t + c - h - Pe) / 2 + Pe + 2/3 \cdot h\right)$$

$$F_v = q * S_{viento}$$

$$S_{viento} = A_{cogolla} * (H_t + c - h - Pe)$$

F = Tracción máxima en Kg

h₀ = Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.

h = Profundidad de la cimentación en m.

F_v = Esfuerzo del viento sobre la estructura en Kg.

H_t = Altura total del apoyo en m.

Pe = Altura de la peana

A_{cogolla} = Anchura de la cogolla

Por otra parte, el momento resistente al vuelco es:

$$M_r = M_1 + M_2$$

$$M_1 = \frac{b \cdot h^3}{36} * C_h * \tan \alpha;$$

$$M_2 = (P_{macizo} + P_{apoyo}) * a \left[0,5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{P_{macizo} + P_{apoyo}}{2 * a^2 * b * C'_h * 10^6 * \tan \alpha}} \right]$$

Siendo:

Julián Carlos Vidal Padilla

M_1 = Momento debido al empotramiento lateral del terreno.

M_2 = Momento debido a las reacciones verticales del terreno.

C_h = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad ($\text{Kg/cm}^2 \times \text{cm}$)

a = Anchura de la cimentación en metros.

p = Peso de la torre y herrajes en Kg.

K = Coeficiente de seguridad.

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el apartado 3.6.1 de la ITC07 del R.L.A.T., debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq K * M_v$$

RESULTADOS DE LA CIMENTACIÓN MONOBLOQUE

LÍNEA PRINCIPAL

Apoyo	q(Presión del viento)	Superficie del viento	M vuelco	Mv21	M1	M2	Mv	K
1	100	2,38	7135,6	1757,2	30666,7	2666,6	8892,8	3,7
2	100	2,49	7233,7	1815,6	8472,6	2175,4	9049,3	1,2
3	100	1,99	6184,7	1268,6	26508,2	2568,7	7453,4	3,9
4	100	1,99	6184,7	1268,6	26508,2	2568,7	7453,4	3,9
5	100	3,17	9285,4	2977,2	39737,3	4999,3	12262,5	3,6
6	100	3,27	9374,7	3043,8	12506,0	3333,3	12418,6	1,3
7	100	2,44	7072,1	1789,3	16008,2	2540,6	8861,4	2,1
8	100	2,88	8178,0	2390,4	10546,9	2901,2	10568,4	1,3
9	100	2,5	7140,3	1820,8	7363,1	2167,2	8961,2	1,1
10	100	2,88	8178,0	2390,4	10546,9	2901,2	10568,4	1,3
11	100	2,88	8178,0	2390,4	10546,9	2901,2	10568,4	1,3
12	100	3,27	9224,4	3043,8	12506,0	3399,0	12268,2	1,3
13	100	3,27	9224,4	3043,8	12506,0	3399,0	12268,2	1,3
14	100	2,49	7241,0	1815,6	8472,6	2175,4	9056,6	1,2
15	100	2,44	7196,4	1789,3	16008,2	2540,6	8985,7	2,1
16	100	3,27	9366,0	3043,8	12506,0	3399,0	12409,8	1,3
17	100	3,27	9366,0	3043,8	12506,0	3399,0	12409,8	1,3

Julían Carlos Vidal Padilla

18	100	2,49	7241,0	1815,6	8472,6	2175,4	9056,6	1,2
19	100	2,1	6178,5	1319,5	6722,8	1631,5	7498,0	1,1
20	100	2,09	6149,0	1315,0	7735,9	1638,0	7463,9	1,3
21	100	2,88	8275,8	2390,4	10546,9	2901,2	10666,2	1,3
22	100	3,28	9343,6	3050,4	10546,9	2933,0	12394,0	1,1
23	100	2,89	8312,6	2396,3	8472,6	2203,3	10708,9	1,0
24	100	2,88	8303,7	2390,4	10546,9	2901,2	10694,1	1,3
25	100	2,88	8303,7	2390,4	10546,9	2901,2	10694,1	1,3
26	100	2,49	7241,1	1815,6	8472,6	2175,4	9056,8	1,2
27	100	2,38	7036,1	1757,2	30666,7	3043,0	8793,4	3,8
28	100	1,6	4942,9	858,7	21720,2	1856,9	5801,6	4,1
29	100	2,09	6077,5	1315,0	7735,9	1638,0	7392,4	1,3
30	100	2,09	6077,5	1315,0	7735,9	1638,0	7392,4	1,3
31	100	2,09	6077,5	1315,0	7735,9	1638,0	7392,4	1,3
32	100	2,88	8179,5	2390,4	10546,9	2901,2	10569,9	1,3
33	100	2,77	8082,8	2324,5	36793,8	4019,8	10407,2	3,9

AGUASCALDAS

Apoyo	q(Presion del viento)	Superficie del viento	M vuelco	Mv21	M1	M2	Mv	K
1	100	2,38	7183,6	1757,2	30666,7	2787,4	8940,8	3,7
2	100	2,83	8319,8	2360,7	19539,4	3148,1	10680,5	2,1
3	100	2,88	8364,7	2390,4	10546,9	2698,4	10755,1	1,2
4	100	2,88	8397,7	2390,4	10546,9	2698,4	10788,1	1,2
5	100	2,77	8298,4	2324,5	36793,8	3689,9	10622,9	3,8

AISLAMIENTO EN CONDUCTORES Y SEÑALIZACIÓN

Julián Carlos Vidal Padilla

Como se muestra en el punto 6 de la presente memoria, hay que distinguir entre dos medidas de protección a saber:

Medidas de prevención contra la electrocución.

Estas medidas, que en su conjunto son cumplimiento de distancias, vienen reflejadas en los anexos de comprobación de distancias.

Medidas de prevención contra la colisión:

Son las sobrecargas de viento y de hielo producidas por la exposición al viento y el peso del manquito de hielo de las espirales salvapájaros según la zona por la que transcurra la línea.

AISLAMIENTO Y HERRAJES

Aisladores

Según establece la ITC07 del R.L.A.T., apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Siendo:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_{rotura\ conductor}}{3}$$
$$Coef_{seg} = \frac{\sigma_{rot\ aislador}}{T_{m\acute{a}x}}$$

En el caso que nos ocupa tenemos una cadena de aisladores con un coeficiente de seguridad de:

$$U70BS; C.S. = 70000 / 546,33 = 13,07$$

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

Según el tipo de ambiente donde se encuentre el conductor (tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.), el R.D. 223/2008 recomienda que longitud de la línea de fuga entre fase y tierra de los aisladores a utilizar. Para obtener la línea de fuga mínima recomendada se multiplica el número indicado por el reglamento (tabla 14) según el tipo de ambiente por la tensión nominal de la línea.

Herrajes

Según establece el apartado 3.3 del de la ITC07 del R.L.A.T., los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobare sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

GA-1;	C.S. = $4000/546,33 = 7,32$	GS-1;	C.S. = $2500/546,33 = 4,57$
HB-11;	C.S. = $5000/546,33 = 9,15$	R-11;	C.S. = $5000/546,33 = 9,15$

CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA

Resistencia eléctrica de la línea:

La resistencia de la línea será:

$$R_L = [L(Km) \cdot R(\Omega / Km)] / n^\circ$$

Donde:

- L (Km) = Longitud de la línea.
- R (Ω / Km) = Resistencia eléctrica del conductor a 20°C de temperatura.
- $R_L (\Omega)$ = Resistencia total de la línea.
- n° = Número de conductores por fase.

Los valores de la resistencia eléctrica de la línea principal y de la derivación de Aguascalas se mostrarán en el apartado 6.2.1.

Reactancia del conductor:

La reactancia kilométrica de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(\frac{\mu}{2 \cdot n} + 4,605 \cdot \log (D/r) \right) \cdot 10^{-4} \Omega / Km.$$

- X= Reactancia aparente en ohmios por kilómetro.
- f= Frecuencia de la red en hertzios=50.
- r= Radio equivalente del conductor en milímetros.
- D= Separación media geométrica entre conductores en milímetros.
- μ = Permeabilidad magnética del conductor. Para conductores de cobre, acero-aluminio y aluminio tiene un valor de 1.
- n° = Número de conductores por fase.

La separación media geométrica (D) la calculamos como:

$$D = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{13}}$$

Los valores de la reactancia se mostrarán en el apartado 6.2.1.

Julián Carlos Vidal Padilla

Densidad máxima admisible

La densidad máxima admisible de un conductor, en régimen permanente, para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz, se deduce de la tabla 11 del apartado 4.2 del de la ITC07 del R.L.A.T.

Para un conductor de Acero-Aluminio, LA-56 (47-AL1/8-ST1A), de 54,6 mm² de sección y configuración 30+7 la densidad de corriente máxima admisible es la siguiente:

$$D_{\text{máx.admi.}} = 3,75 \text{ A/mm}^2.$$

Intensidad máxima admisible:

La corriente máxima que puede circular por nuestro cable LA-56 (47-AL1/8-ST1A), elegido, teniendo en cuenta que tiene una sección de 54,6 mm², es de:

$$I_{\text{máx}} = D_{\text{máx.adm.}} * S * n^{\circ}_{\text{conductores/fase}}$$

Siendo:

- I = Intensidad de corriente máxima en A.
- S = Sección del conductor (mm²)
- D_{máx.adm.} = Densidad de corriente máxima soportada por el cable (A/mm²).

Potencia máxima a transportar:

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es de:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} * V * \cos \varphi * I_{\text{máx}}$$

Siendo:

- P = Potencia en kW.
- V = tensión en kV.
- $\cos \varphi$ = Factor de potencia .

Los valores de la potencia máxima a transportar de la línea principal se mostrarán posteriormente. Se verá que es más grande que los 2 MW que se quieren transportar.

Caída de tensión:

Julián Carlos Vidal Padilla

La caída tensión viene dada por la fórmula:

$$e = \sqrt{3} * I * L * (R * \cos\theta + X * \sin\theta)$$

Siendo:

e = Caída de tensión (V.).

L = Longitud de la línea (Km.).

Los valores del % de caída de tensión de la línea se mostrarán en el anexo de cálculos eléctricos de la línea aérea. La caída de tensión tendrá que ser menor a un 5% que es la recomendable.

Capacidad media de la línea:

Viene dado por la expresión:

$$\beta = 0,0242 / \log(D/r)$$

- r = Radio equivalente del conductor en milímetros.
- D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros.

Los valores de la capacidad media de la línea se mostrarán en el apartado de anexo de resultados de cálculos eléctricos de la línea aérea.

Efecto corona:

La tensión crítica disruptiva:

$$U_c = 21,2 * m_p * \delta * r * \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \text{ (kV eficaz)}$$

Donde las consideraciones que se han tenido en cuenta son las siguientes:

- m_c = Coeficiente de rugosidad de la superficie del conductor (0,85 para cables)
- θ = Temperatura máxima del tendido
- h = Cota máxima del terreno en metros.
- r = Radio del conductor en milímetros.
- r_{eq} = Radio equivalente del conductor en milímetros.
- m_i = Coeficiente del estado del tiempo (0,8 para tiempo húmedo)

Julián Carlos Vidal Padilla

- DMG = Distancia media geométrica entre conductores en milímetros.

En el momento que la tensión crítica disruptiva en valor eficaz sea inferior a la tensión máxima fase neutro de la línea $\frac{U_s}{\sqrt{3}}$, no tendremos ninguna pérdida por efecto corona en nuestra línea.

$$P_{corona} = 241 * (f + 25) * \left(\frac{U_s}{\sqrt{3}} - U_c \right)^2 * \sqrt{\frac{r}{DMG}} * 10^{-5} \text{ (kW/km*fase)}$$

RESULTADOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA

Intensidad máxima de la línea:

Densidad máxima admisible (A/mm^2)	Sección(mm^2)	Intensidad máxima admisible (A)
3,75	54,6	205

Potencia máxima a transportar:

Tensión	$\cos\phi$	I max	Potencia máxima a transportar (MW)
25	0,9	205	7,98

Capacidad media de la línea:

r(m)	DMG(m)	Capacidad media de la línea
$4,725 \cdot 10^{-3}$	2	$9,21 \cdot 10^{-3}$

Caída de tensión porcentual desde el principio de la línea principal hasta el CT de Aguascaldas:

R' (50 °C)	DMG (m)	r' (m)	L (Ω/km)	X' (Ω/km)	L(Km)	ΔU (%)
0,6878	2	$3,68 \cdot 10^{-3}$	1,20	0,38	0,836	0,23

Caída de tensión porcentual desde el principio de la línea principal hasta el CT del final de la línea principal:

R' (50 °C)	DMG (m)	r' (m)	L (Ω/km)	X' (Ω/km)	L(Km)	ΔU (%)
0,6878	2	$3,68 \cdot 10^{-3}$	1,20	0,38	4,24	1,18

CÁLCULO ELÉCTRICO DE LOS AISLADORES

Comprobación del cumplimiento del nivel de contaminación

Según la tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC-LAT07 :

Tabla 14. Líneas de fuga recomendadas

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas ² - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar ³ 	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> - Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)³. 	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar ³). 	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31,0

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

Consideramos el nivel de contaminación I ya que estamos en una zona montañosa y de baja densidad de viviendas, la línea de fuga específica nominal es de:

$$l_e = 16 \text{ mm/kV}$$

La tensión más elevada correspondiente a una línea de 25 kV es $U_s = 30 \text{ kV}$

La línea de fuga específica mínima total para las cadenas de aisladores a emplear será:

$$l_t = l_e * U_s = 16 * 30 = 480 \text{ mm}$$

Como nosotros hemos seleccionado una cadena de aisladores U70BL tendremos una línea de fuga mínima nominal de 303mm, luego el número de elementos a emplear para la cadena será:

Juan Carlos Vidal Padilla

$$n_a = \text{Parte entera} \left(\frac{l_t}{303} \right) + 1 = 3 \text{ aisladores}$$

Comprobación del cumplimiento de nivel de aislamiento

Tabla 12. Niveles de aislamiento normalizados para la gama I
(1 kV < U_m ≤ 245 kV)

Tensión más elevada para el material U _m kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185) 230	450 550
145	(185) 230 275	(450) 550 650
170	(230) 275 325	(550) 650 750
245	(275) (325) 360 395 460	(650) (750) 850 950 1 050

Según la tabla 12 del apartado 4.4 de la ITC-LAT07 el nivel de aislamiento mínimo normalizado a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo, correspondiente a la tensión más elevada de la red, U_s de 30 kV son:

- Para una tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial: 70 kV
- Para una tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta): 145,170 kV

Según los datos ensayados realizados por el fabricante sobre una cadena de aisladores con tres elementos del tipo U 70, los niveles de aislamiento soportados son :

- Para una tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial: 110 kV
- Para una tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta) : 220 kV

Según se puede observar los valores soportados por tres elementos tipo U70 son superiores a los niveles de aislamiento mínimos exigidos por el RLAT en su ITC-LAT07. Con estas tres unidades el valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores a_e , es:

$$a_{som} = D_a + L_{cadena} = 255 + 3 * 146 = 693 \text{ mm}$$

ELECCION DE AUTOVÁLVULAS

Siguiendo las recomendaciones de ENDESA se emplean autoválvulas pararrayos de OZn (sección 3 de la norma UNE 60099 parte 5)

Según la ITC RAT 04 para una tensión de 25kV la tensión más elevada de la red es 30 kV = U_e

Se encuentra en una zona de riesgo de descargas atmosféricas muy elevado, por tanto se escogerá 10 kA como selección de corriente de descarga. Además la norma UNE EN 60099-5 recomienda seleccionar corriente de descarga de 10 kA para tensiones superiores a 72,5Kv.

Tabla 1. Tensiones nominales normalizadas

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

Para el nivel de 25 kV
Juan Carlos Vilar Padilla

La tensión de operación continua (U_c) debe ser:

$$U_c \geq U_e * 1.05$$
$$U_c \geq 30 * 1.05 = 31,5 \text{ kV}$$

Debemos calcular también la sobretensión temporal (T_{OV}):

$$T_{OV}(10 \text{ s}) \geq 1.05 * k * \frac{U_e}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m$$

Siendo $k = 1,73$ debido a que el neutro está aislado y $m = 0.02$ como indica el reglamento

Para neutro aislado el tiempo de falta se coge 1s

$$T_{OV}(10 \text{ s}) \geq 1.05 * \sqrt{3} * \frac{30}{\sqrt{3}} * \left(\frac{1}{10}\right)^{0.02} = 30,08 \text{ kV}$$

$$U_T \geq T_{OV}(10 \text{ s})$$

Para la tensión media se debe escoger un tiempo de falta de 10 s

$$T_{OV}(10 \text{ s}) \geq 1.05 * \sqrt{3} * \frac{30}{\sqrt{3}} * \left(\frac{10}{10}\right)^{0.02} = 31,5 \text{ kV}$$

Impulso tipo rayo:

De acuerdo al nivel de tensión

TABLA 1

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Para una tensión más elevada del material de 36kV, la tensión soportada a impulso tipo rayo ha de ser de 145,170kV y la tensión soportada a frecuencia industrial 70 kV.

$$U_{pl} = 145,170kV$$

Para comprobar las autoválvulas:

$$\frac{U_{impulso\ tipo\ rayo}}{U_{residual}} \geq 1.2$$

La $U_{residual}$ se obtiene mirando la tabla del fabricante. Para nuestro modelo (tengo que seleccionarlo) miramos la columna de la corriente de descarga de 10 kA

La autoválvula seleccionada es: “PEXLIM R” del fabricante “ABB”. Es una autoválvula de óxido de zinc.

CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

Puesta a tierra de los apoyos no frecuentados

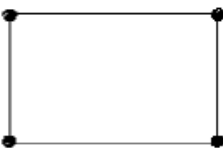
$$R = \frac{\rho}{L}$$

$$I_f = \frac{\sqrt{3} * c * U_n * (w * C_a * L_a * + w * C_c * L_c)}{\sqrt{1 + (w * C_a * L_a * + w * C_c * L_c)^2 * (3 * R)^2}}$$

Los relés de protección direccional homopolar actúan a partir de una intensidad mucho menor.

Puesta a tierra de los apoyos frecuentados con calzado

Configuración de 4 picas en rectángulo con una longitud vertical de picas de 2 metros

Configuración	Lp (m)	Resistencia Kr	Tensión de paso Kp	Tensión de contacto ext. Kc=Kp (acc)
Sin picas	-	0,137	0,0287	0,0858
4 picas 	2	0,100	0,0231	0,0506
	4	0,080	0,0178	0,0355
	6	0,067	0,0143	0,0270
	8	0,058	0,0119	0,0217

k_r = Valor unitario de resistencia de puesta a tierra obtenido en los datos de configuración del electrodo.

$$R = k_r * \rho$$

$$I_f = \frac{\sqrt{3} * c * U_n * (w * C_a * L_a * + w * C_c * L_c)}{\sqrt{1 + (w * C_a * L_a * + w * C_c * L_c)^2 * (3 * R)^2}}$$

Tabla 1. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

A partir de la tensión de contacto aplicada se puede calcular la máxima tensión de contacto admisible para la instalación

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 * \rho_s}{1000} \right)$$

$$U'_c = k_c * \rho * I_f$$

Más tarde veremos que se satisface la condición: $U'_c < U_c$ y por lo tanto el diseño resulta reglamentario.

Como se cumplen las tensiones de contacto, no es necesaria ninguna comprobación adicional con las tensiones de paso.

Puesta a tierra de los apoyos frecuentados sin calzado

Se partirá del mismo diseño preliminar que para el apoyo frecuentado con calzado, de forma que se mantienen los mismos valores de resistencia de puesta a tierra, intensidad de falta y tensión de contacto admisible.

A partir de la tensión de contacto aplicada se puede calcular la máxima tensión de contacto admisible para la instalación :

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{1,5 * \rho_{terreno}}{1000}\right)$$

La máxima tensión de contacto presente en la instalación es la ya obtenida para los apoyos frecuentados con calzado. En los anexos de cálculo veremos que no se satisface la condición $U'_c < U_c$ y por lo tanto el diseño no resulta reglamentario. Nuestra solución será construir una acera perimetral alrededor del apoyo utilizando una plataforma equipotencial solo con el fin de aumentar la resistividad superficial a un valor aproximado del hormigón. De este modo, aumentará la tensión de contacto máxima admisible en la instalación.

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{1,5 * \rho_{terreno}}{1000}\right)$$

Al tener una resistividad tan alta como es la del hormigón ya nos satisface la condición $U'_c < U_c$.

Al utilizar esta medida adicional se debe realizar una comprobación complementaria de las tensiones de paso de acceso a la acera equipotencial, y de paso por el terreno.

Los valores admisibles de las tensiones de paso en la instalación se calcularán partiendo del valor de la tensión admisible de paso aplicada:

$$U_{pa} = 10 * U_{ca}$$

Tensión admisible de paso en el terreno sin calzado:

$$U_p = U_{pa} * \left(1 + \frac{6 * \rho_{terreno}}{1000}\right)$$

Tensión admisible de paso de acceso en la instalación sin calzado:

$$U_{p,acceso} = U_{pa} * \left(1 + \frac{3 * \rho_{terreno} + 3 * \rho_{hormigón}}{1000}\right)$$

Julián Carlos Vidal Padilla

La tensión de puesta a tierra del apoyo se calcula como:

$$U_E = R * I_F$$

Las tensiones de paso presentes en la instalación tanto en el terreno como en el acceso al apoyo serán una fracción de la tensión de puesta a tierra calculada y a su vez será muy inferior a las tensiones de paso admisibles en la instalación. En el apartado 6.2.5 se verán estos resultados.

RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

Apoyo no frecuentado

$\rho_{\text{terreno}}(\Omega \cdot \text{m})$	Resistencia(Ω)	$I_{\text{defecto}}(\text{A})$	$L_{\text{picas}}(\text{m})$
150	75	38,11	2

Apoyo frecuentado con calzado

$\rho_{\text{terreno}}(\Omega \cdot \text{m})$	Resistencia(Ω)	$I_{\text{defecto}}(\text{A})$	$U'_{\text{contacto}}(\text{V})$	U_{contacto}
150	75	38,11	293,91	1311,82

Apoyo frecuentado sin calzado

$\rho_{\text{terreno}}(\Omega \cdot \text{m})$	Resistencia(Ω)	$I_{\text{defecto}}(\text{A})$	$U'_{\text{contacto}}(\text{V})$	U_{contacto}
150	75	38,72	293,91	131,075

Acera perimetral de hormigón con superficie equipotencial

$U_{pa}(\text{V})$	$U_p(\text{V})$	$U_{p\text{acceso}}(\text{V})$	$U_E(\text{V})$	U_{contacto}	U'_{p1}	U'_{p2}
1070	2033	11181,5	579,6	131,075	166,34	497,3

CÁLCULOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

6.3.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Capacidad máxima de transporte.

$G_{\text{máx}}$ = Densidad de corriente máxima del conductor empleado.

La potencia máxima que se puede transportar por la línea viene limitada por la intensidad máxima ($I_{\text{máx}}$) que puede circular por el conductor elegido y esta se calcula mediante la expresión:

$$I_{\text{máx}} = G_{\text{máx}} * \text{Sección}(\text{conductor})$$

Factores de corrección

K_1 : Factor de corrección para temperaturas del terreno diferentes de 25°C (Tabla 7 Apartado 6.1.2.2.1 de la ITC-LAT 06)

K_2 : Factor de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m (Tabla 11 Apartado 6.1.2.2.4 de la ITC-LAT 06)

La máxima potencia que puede transportar nuestra línea es de:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} * U_l * I_{\text{máx adm}} * \cos \varphi$$

Siendo:

$P_{\text{máx}}$. = Máxima potencia que puede transportar la línea, en kW.

U_l = Tensión entre fases.

$I_{\text{máx}}$. = Intensidad máxima admisible por el conductor, en Amperios (A).

$\cos(\varphi)$ = Factor de potencia.

Potencia e Intensidad instaladas.

Los cálculos eléctricos necesarios de la línea eléctrica de media tensión se harán teniendo en cuenta la máxima carga prevista, de 250 kVA:

Teniendo en cuenta que:

$$I_{\text{línea}} = \frac{S}{\sqrt{3} * U_l}$$

Donde:

I = Intensidad de la línea, en amperios (A).

Julián Carlos Vidal Padilla

S = (Potencia aparente) Máxima carga , en kVA.

UL = Tensión compuesta, en kV.

Este valor tiene que ser inferior a la Intensidad máxima admisible que puede soportar el conductor:

$$I_{línea} < I_{\max admisible} * K_1 * K_2$$

Los valores de la potencia máxima a transportar de la línea principal y de la derivación de Aguascalas se mostrarán en el apartado vrfjgv del anexo de cálculos.

Máxima caída de tensión admisible por el conductor

La caída de tensión producida en la línea son prácticamente despreciables ya que la longitud de la red es relativamente menor a proporción con las tensiones que se están transportando. Las caídas de tensión en tanto por ciento se calculan en función de la resistencia a 50°C, de la reactancia y del momento eléctrico por medio de la siguiente expresión :

$$\Delta_U = \frac{\sqrt{3} * I * L * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi)}{100}$$

Siendo:

? U(%) = Caída de tensión porcentual.

P = Potencia de la línea, en amperios (kW).

φ = Factor de potencia.

L = Longitud total de la línea, en Km.

UL = Tensión de la línea, en voltios (V).

R20°C = Resistencia eléctrica a 50°C de la línea, en O/Km.

X= Reactancia de la línea, en O/Km.

Los valores de R 20°C y la X para un conductor L-150 mm² son de 0,206 Ω /km y 0,123 Ω /km respectivamente por tanto:

Las caídas de tensión permitidas están calculadas desde el punto donde se interceptan hasta los centros de transformación afectados, según la compañía distribuidora la tensión es de 25 kV \pm 3%
Julían Carlos Vidal Padilla

Es importante remarcar que esta es la caída de tensión parcial producida por la línea objeto de este proyecto, no la total de la línea.

Intensidad de cortocircuito.

Para poder calcular la intensidad de cortocircuito es necesario conocer la potencia de cortocircuito de la red de media tensión. La potencia de cortocircuito viene dada por ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.L., y es de 500 MVA.

Y la podemos determinar mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_l}$$

Teniendo en cuenta que:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito, en kA.

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red de media, en MVA.

Capacidad de soportar térmicamente la corriente de cortocircuito

A continuación se comprobará si la sección del conductor es válida para soportar térmicamente la corriente de cortocircuito.

$$\sqrt{t_{cc}} = \frac{K * S}{I_{cc}}$$

K =densidad de la corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento, en $A * s^{\frac{1}{2}} * mm^{-2}$.

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito, en kA.

S =Sección del conductor, en mm^2 .

Una vez obtenido el tiempo que aguanta el cable durante un cortocircuito tendremos que compararlo con el tiempo que actúan las protecciones.

$$t_{cc} > t_{protecciones}$$

En caso de que el tiempo del cable en cortocircuito fuese menor que el tiempo que le cuesta a las protecciones actuar tendríamos que aumentar nuestra sección del conductor.

En nuestro caso el tiempo de cortocircuito es superior al de las protecciones ya que están tardan 0,3 segundo en actuar.

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

$G(A/mm^2)$	$S(mm^2)$	$I_{max admisible}(A)$
1,73	150	260

$U_l(kV)$	$I_{max adm}(A)$	$\cos \varphi$	$P_{max}(MW)$
25	260	0,9	10,13

Longitud(km)	I_{dim}	$R(\Omega/km)$	$X(\Omega/km)$	$\cos(\varphi)$	$\sin(\varphi)$	$\Delta U(\%)$
0,617	5,78	0,206	0,123	0,9	0,43	0,014

$S(MVA)$	$I_{cc}(kA)$	$K(\frac{(A*\sqrt{s})}{mm^2})$	$S(mm^2)$	$t_{cc}(seg)$
500	11,54	94	150	1,49

CÁLCULOS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

6.4.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Intensidad de Media Tensión

Al no incluirse transformadores en este Centro, la intensidad de MT considerada es la del bucle, que en este caso es 400 A.

Intensidad de Baja Tensión

Al no haber transformadores en esta aplicación, no hay BT de potencia.

Cortocircuitos

Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

donde:

S_{cc}	potencia de cortocircuito de la red [MVA]
U_p	tensión de servicio [kV]
I_{ccp}	corriente de cortocircuito [kA]

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 25 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{cc} = 11,54 \text{ kA}$$

Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad nominal eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = 40 \text{ kA}$$

Mediante una realización de ensayos en el embarrado hemos comprobado que aguantaría una mayor intensidad dinámica de cortocircuito que la mencionada anteriormente

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$\cdot I_{cc}(\text{ter}) = 11,54 \text{ kA.}$$

Julián Carlos Vidal Padilla

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Al no haber transformadores en esta aplicación, no hay protección de transformador en MT o en BT.

Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

Al no incluirse transformadores en esta aplicación, no es necesario que se disponga de ventilación adicional en el Centro.

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente).
Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo,

Julián Carlos Vidal Padilla

que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d\ max\ cal.} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot w \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c) \quad (2.9.2.a)$$

donde:

- U_n Tensión de servicio [kV]
- L_a Longitud de las líneas aéreas [km]
- L_c Longitud de las líneas subterráneas [km]
- C_a Capacidad de las líneas aéreas [0,006 mF/km]
- C_c Capacidad de líneas subterráneas [0.250 mF/km]
- $I_{d\ max\ cal.}$ Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d\ max}$ en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d\ max\ cal.} = 34,82\ A$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d\ max} = 10\ A$$

Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones del electrodo UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Julián Carlos Vidal Padilla

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 25 \text{ kV}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

donde:

I_d	intensidad de falta a tierra [A]
R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
V_{bt}	tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}} \quad (2.9.4.b)$$

donde:

U_n	tensión de servicio [V]
w	pulsación del sistema ($w=2 \cdot \pi \cdot f$)
C_a	capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
L_a	longitud de las líneas aéreas [km]
C_c	capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
L_c	longitud de las líneas subterráneas [km]
R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I_d	intensidad de falta a tierra [A]

Julián Carlos Vidal Padilla

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 10 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 1000 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

donde:

R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
K_r	coeficiente del electrodo

- Centro de Seccionamiento

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 6,6667$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70-25/82
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

Julián Carlos Vidal Padilla

- De la resistencia $K_r = 0,105$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0244$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,0534$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto de 7x2.5 por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

donde:

K_r	coeficiente del electrodo
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Seccionamiento:

- $R'_t = 15,75 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'd = 10 \text{ A}$

Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Julián Carlos Vidal Padilla

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

donde:

R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_d	tensión de defecto [V]

por lo que, en el Centro de Seccionamiento:

$$\cdot V'_d = 157,5 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

donde:

K_c	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_c	tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Seccionamiento:

$$\cdot V'_c = 80,1 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Julián Carlos Vidal Padilla

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.6.a)$$

donde:

K_p	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_p	tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

- $V'_p = 36,6 \text{ V}$ en el Centro de Seccionamiento

Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Seccionamiento

Los valores admisibles son, para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,7 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.a)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
V_p	tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso
Julián Carlos Vidal Padilla

$$\cdot V_p = 1954,29 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R _o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R' _o	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
V _{p(acc)}	tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Seccionamiento inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V_p = 36,6 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V_{p(acc)} = 80,1 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'd = 157,5 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 5 \text{ A} < I_d = 10 \text{ A} < I_{dm} = 10 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior

En este caso no se separan las tierras de protección y de servicio al ser la tensión de defecto inferior a los 1000 V indicados.

En el Centro de Seccionamiento no existe ninguna tierra de servicios luego no existirá ninguna transferencia de tensiones.

Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Previsión de cargas para el cálculo de la potencia del trafo

Según la ITC-10 del REBT nos dice que en las viviendas con grado de electrificación elevada, la potencia a preveer no será inferior de 9200 W.

Se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla 1 de la ITC-10.

Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]
 U_p tensión primaria [kV]
 I_p intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 25 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA.

$$\cdot \quad I_p = 5,8 \text{ A}$$

Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]
 U_s tensión en el secundario [kV]
 I_s intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$\cdot \quad I_s = 343,7 \text{ A.}$$

Cortocircuitos

Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

donde:

S_{cc}	potencia de cortocircuito de la red [MVA]
U_p	tensión de servicio [kV]
I_{ccp}	corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde:

P	potencia de transformador [kVA]
E_{cc}	tensión de cortocircuito del transformador [%]
U_s	tensión en el secundario [V]
I_{ccs}	corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 25 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$\cdot I_{ccp} = 11,54 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4.5%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$\cdot I_{ccs} = 6,873 \text{ kA}$$

Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$\cdot I_{cc}(\text{din}) = 29 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparataje por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc(ter)} = 11,54 \text{ kA}$.

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, (ESTE ES EL TIEMPO DE ACTUACIÓN DE LOS FUSIBLES???) evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 40 A.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 5,8 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 305 A para un cable de sección de 150 mm² de Al según el fabricante.

Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

Dimensionado del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente).
Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

Julián Carlos Vidal Padilla

$$I_{d\max cal.} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot w \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c) \quad (2.9.2.a)$$

donde:

- U_n Tensión de servicio [kV]
- L_a Longitud de las líneas aéreas [km]
- L_c Longitud de las líneas subterráneas [km]
- C_a Capacidad de las líneas aéreas [0,006 mF/km]
- C_c Capacidad de líneas subterráneas [0.250 mF/km]
- $I_{d\max cal.}$ Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d\max}$ en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d\max cal.} = 34,82 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d\max} = 10$$

Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 25 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Longitud de líneas aéreas $L_a = 10 \text{ km}$
- Longitud de líneas subterráneas $L_c = 10 \text{ km}$

Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 10 \text{ A}$

Julián Carlòs Vidal Padilla

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

donde:

- I_d intensidad de falta a tierra [A]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}} \quad (2.9.4.b)$$

donde:

- U_n tensión de servicio [V]
- w pulsación del sistema ($w=2 \cdot \pi \cdot f$)
- C_a capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
- L_a longitud de las líneas aéreas [km]
- C_c capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
- L_c longitud de las líneas subterráneas [km]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 10 \text{ A}$

Julián Carlos Vidal Padilla

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 1000 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

donde:

R_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
K_r	coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 6,6667$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70-25/5/82
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,097$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0221$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,0483$

Julián Carlos Vidal Padilla

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo de 2,5m x 7 m cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

donde:

K_r	coeficiente del electrodo
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 14,55 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'd = 10 \text{ A}$

Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

Julián Carlos Vidal Padilla

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

donde:

R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_d	tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'_d = 145,5 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

donde:

K_c	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_c	tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'_c = 72,45 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.6.a)$$

donde:

K_p	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_p	tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

- $V'_p = 33,15 \text{ V}$ en el Centro de Transformación

Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,7 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.a)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
V_p	tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso

- $V_p = 1954,29 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

Julián Carlos Vidal Padilla

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R _o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R' _o	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
V _{p(acc)}	tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V_p = 33,15 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V_{p(acc)} = 72,45 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'd = 145,5 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 5 \text{ A} < I_d = 10 \text{ A} < I_{dm} = 10 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas.

Julián Carlos Vidal Padilla

Configuración 5/32 del electrodo UNESA:

- Geometría del sistema: Picas en hilera
- Numero de picas: 3
- Profundidad del electrodo:0,5m
- $K_r = 0,08$

$$R = K_r * \rho$$

$R=12 \leq 15 \Omega$ Nos cumple esta resistencia.

Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " K_r " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

ANEXO DE ESTUDIO

DE SEGURIDAD DE

HIGIENE Y SALUD

LINEA AÉREA

8.1.1 OBJETO

El Objeto de este documento es dar cumplimiento a lo establecido por el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Por las características de la obra procede el presente Estudio básico de seguridad para la ejecución de obras MT y BT, a tenor de lo indicado en el RD 1.627/1.997 dado que la ejecución de los trabajos no se encuentra en ninguno de los cuatro supuestos que prevé el artículo 4.1 del citado Real Decreto.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, corresponde exclusivamente a la obra descrita en el presente proyecto.

8.1.2 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA

Plan de seguridad y salud en el trabajo

El contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en donde se analicen, estudien y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el presente estudio básico.

El plan de seguridad y salud en el trabajo es la consecuencia de la evaluación de riesgos y la posterior planificación de la actividad preventiva en relación con los puestos de trabajo en obra. El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado antes del inicio de la obra, por el Director facultativo de la misma, que actuará como coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra en caso de que esa figura sea necesaria.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del Director facultativo de la misma. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen

Julián Carlos Vidal Padilla

oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

Obligaciones de los contratistas y subcontratistas

- Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:
 - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades de puesta en práctica de los principios generales aplicables durante la ejecución de obra contemplados en el Artículo 10 del Real Decreto 1.627/1.997.
 - b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
 - c) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV por el Real Decreto 1.627/1.997 durante la ejecución de la obra.
 - d) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en obra.
 - e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o en su defecto la dirección facultativa.
- Los contratistas y subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Además, los contratistas y subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Las posibles responsabilidades de Eléctrica, no eximirán de sus responsabilidades a la Dirección facultativa de la obra, a los contratistas y a los subcontratistas.

Obligaciones de los trabajadores autónomos

- Los trabajadores autónomos estarán obligados a:
 - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades de puesta en práctica de los principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.
 - b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad establecidas por el Real Decreto 1.627/1.997 más las establecidas en el presente estudio básico de seguridad.
 - c) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - d) Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
 - e) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1.215/1.997, de 8 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
 - f) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
 - g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su defecto, de la dirección facultativa.
- Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Obligaciones de director facultativo de la obra

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:

- a) Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- b) Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

8.1.3 LIBRO DE INCIDENCIAS

- Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud existirá en la oficina de obra un libro de incidencias que constará con hojas por duplicado, habilitado al efecto. Este libro será facilitado por el Colegio Profesional del colegiado que firma este estudio básico de seguridad y salud.
- El libro de incidencias estará siempre en obra en poder de la Dirección facultativa de la obra, o en su caso, del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o en su defecto la dirección facultativa. A dicho libro tendrán acceso:
 - El Técnico de Eléctrica responsable de la obra.
 - Los contratistas.
 - Los subcontratistas.
 - Los trabajadores autónomos.
 - Las personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra.
 - Los representantes de los trabajadores.

- Los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes.
- Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la Dirección facultativa, estará obligada a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en la que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

8.1.4 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

- Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando la Dirección facultativa de la obra, o en su caso, el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, y quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores, disponer la paralización de los tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.
- En el supuesto considerado en el apartado anterior, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los contratistas y, en su caso, a los subcontratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.

8.1.5 OTRAS NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA

- **Normas específicas de la construcción**
 - ORDEN de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de trabajo de construcción, vidrio y cerámica (BOE 17/10/70)
 - ORDEN de 9 de marzo de 1971, por el que se aprueba la Ordenanza general de seguridad e higiene en el Trabajo (TÍTULO II)
 - Prescripciones de seguridad e higiene en el trabajo, recogidas dentro de las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE como consecuencia del Artículo 1 de la LPRL.

- **Normas Generales**

- Estatuto de los Trabajadores (RDL 1/1.995)
- Ley General de la Seguridad Social (RDL 1/1994)
- Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales
- RD 39/1.997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- RD 1407/1.992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- RD 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 486/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 487/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- RD 664/1.997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RD 1215/1.997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Normas y Reglamentos de las empresas de distribución de energía eléctrica
- Reglamento Electrotécnico de baja tensión.
- Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión REAL DECRETO 223/2008 de 15 de Febrero.
- Reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad en CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.
- Normas del Grupo ENDESA y, en su defecto, Normas de Sevillana I que no hayan sido derogadas por las del Grupo ENDESA.

- Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones eléctricas, de AMYS-UNESA.
- Prescripciones de Seguridad para Trabajos mecánicos y diversos, de AMYS-UNESA.
- Guía de referencia para la identificación y evaluación de riesgos en la industria eléctrica AMYS-UNESA.

8.1.6 PRINCIPIOS GENERALES APLICABLES DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y, en particular, en las siguientes tareas o actividades:

- a) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- b) La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- c) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- d) El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- e) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- f) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- g) El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- h) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

Medicina preventiva y primeros auxilios

- Las contratas que trabajen en la obra dispondrán en la misma de un botiquín suficientemente equipado para el personal que tengan con material medicinal básico listo siempre para su uso.
- El personal de obra deberá estar informado de los diferentes Centros Médicos, Ambulatorios y Mutualidades Laborales donde deben trasladarse los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

8.1.7 RIESGOS DE LA OBRA

8.1.7.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA OBRA

El contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en donde se analicen, estudien y complementen si son necesarios, como mínimo los riesgos que se relacionan a continuación:

1. Caídas de personas al mismo nivel
2. Caídas de personas a distinto nivel
3. Caídas de objetos
4. Desprendimientos, desplomes y derrumbes
5. Choques y golpes
6. Atrapamientos
7. Cortes
8. Proyecciones (partículas sólidas y líquidas)
9. Contactos térmicos y arco eléctrico
10. Sobreesfuerzos
11. Ruido
12. Vibraciones
13. Radiaciones no ionizantes
14. Ventilación

Julián Carlos Vidal Padilla

15. Iluminación

16. Carga Física

17. Vehículos, maquinaria automotriz, tráfico

8.1.7.2 PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES TÉCNICAS TENDENTES A CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS LABORALES EN LA OBRA

A fin de controlar y reducir los riesgos relacionados en el apartado anterior, se establecen de uso obligatorio las siguientes medidas preventivas y protecciones técnicas para la realización de los trabajos:

Protecciones personales

PROTECCIONES DE LA CABEZA

Cascos de seguridad aislante con barboquejo para todas las personas que participen en la obra, incluidos visitantes. Estos cascos irán marcados con las siglas **C.E.** indicando la función a que van destinados así como el aislamiento eléctrico.

- Protecciones auditivas en zonas de alto nivel de ruido.
- Pantalla de protección para trabajos de soldadura eléctrica / contra arco eléctrico.
- Gafas contra proyección de partículas en trabajos con cortadora de disco o similar.

PROTECCIONES DEL CUERPO

Cinturones de seguridad para trabajos con riesgo de caída desde una altura de más de 3 metros.

Ropa de Trabajo adecuada a las tareas a realizar.

PROTECCIONES DE EXTREMIDADES SUPERIORES

- Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.

- Guantes dieléctricos para trabajos en tensión. Estos serán homologados y cada guante deberá llevar en sitio visible un símbolo con doble triángulo, identificación del fabricante, categoría, clase, mes y año de fabricación.
- Las herramientas manuales para trabajos en baja tensión estarán homologadas y en conformidad a la norma UNE-EN 60900 sobre herramientas manuales para trabajos eléctricos en baja tensión.

PROTECCIONES DE EXTREMIDADES INFERIORES

Botas de seguridad de categoría II homologadas.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Deberán tenerse en cuenta las interferencias con otros grupos de trabajo, sobre todo en lo referente a:

- Maniobras con aparatos eléctricos de BT o AT, medidores de tensión, equipos de puesta a tierra, etc. necesarios para realizar los trabajos en condiciones de máxima seguridad.
- Para realizar estos tipos de trabajos deben coordinarse con el responsable técnico de los mismos. Este responsable será el único que conceda permisos para cualquier tipo de maniobra que se realice. Son de uso obligatorio elementos que señalicen la zona en que se realicen este tipo de trabajo.
- Apertura de zanjas o socavones que deberán estar convenientemente balizadas y señalizadas.

TRABAJOS EN ANDAMIOS

Cuando los trabajos se realicen en andamios deberán tenerse presentes las siguientes normas:

- La plataforma de trabajo tendrá siempre un ancho mínimo de 60 cm. Y estará construida con tablas de 5 cm de grueso como mínimo.
- Los andamios con plataforma de trabajo a más de 2 metros de altura o con riesgo de caída de alturas superiores, tendrán el perímetro protegido con barandillas metálicas de 90 cm de altura y rodapié de 15 cm instalado en la vertical del extremo de la plataforma de trabajo, debiéndose sujetar el operario a un punto fijo del mismo mediante cinturón de seguridad.

- La plataforma de trabajo en andamios, ya sea de madera o metálica, deberá ir perfectamente sujeta al resto de la estructura.
- Todo andamio debe reposar en suelo firme y resistente. Queda prohibido utilizar cualquier otro elemento que no sea un pie de andamio regulable para la nivelación del mismo.

TRABAJOS CON ESCALERA DE MANO

- Antes de utilizar una escalera de mano, el operario deberá comprobar que está en buen estado, retirándola en caso contrario, así como deberá observar las siguientes normas:
- Queda prohibido el empalme de dos escaleras, salvo que cuenten con los elementos especiales para ello.
- Cuando se tenga que usar escaleras en las proximidades de instalaciones en tensión, nunca serán metálicas su manejo será vigilado directamente por el jefe del trabajo, delimitando la zona de trabajo e indicando la prohibición de desplazar la escalera.
- No se debe subir una carga de más de 25 Kg sobre una escalera no reforzada.
- Las escaleras de mano se deben apoyar en los largueros (nunca en los peldaños) y de modo que el pie quede retirado de la vertical del punto superior de apoyo, a una distancia equivalente a la cuarta parte de la altura.
- Las usadas para el acceso a planos elevados, tendrán una longitud suficiente para rebasar en 1 metro el punto superior de apoyo y se sujetarán en la parte superior para evitar que basculen. El ascenso y descenso se hará dando de frente a la escalera.
- No se deben usar las escaleras de mano como pasarelas y el ascenso, trabajo y descenso debe hacerse con las manos libres, de frente a la escalera, agarrándose a los peldaños o largueros.
- Cuando no se empleen la escalera, se deben guardar al abrigo del sol y de la lluvia. No deben dejarse nunca tumbadas en el suelo. Se barnizarán, pero nunca se pintarán.

TRABAJOS EN ALTURAS

- Se deberán usar cinturones de seguridad en todo trabajo que por su elevada situación o cualquier otra causa, presenten peligro de caída de más de 3 metros, o bien arnés de seguridad para aquellos trabajos que requieran desplazamientos del usuario con posibilidad de caída libre.
- El cinto de seguridad se debe sujetar en puntos fijos y resistentes, como pueden ser cuerdas sujetas a techos, horquillas metálicas o cualquier otro elemento estructural de la construcción.
- Queda prohibido sujetar el cinto en máquinas o andamios.
- El cinto debe estar siempre ajustado a la cintura y sujeto en puntos que deben estar preferentemente sobre el nivel de la cintura.
- Se mantendrán siempre en buenas condiciones de limpieza y almacenaje, desechándose en caso de apreciar deformaciones, roturas, pérdida de flexibilidad, etc.

HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS Y LÁMPARAS PORTÁTILES

- Los útiles y herramientas eléctricas son equipos muy peligrosos dado el estrecho contacto que existe entre el hombre y la máquina y más teniendo en cuenta que los trabajos son realizados en las obras, en la mayoría de las ocasiones, sobre emplazamientos conductores.
- La tensión de alimentación de las herramientas eléctricas portátiles de accionamiento manual no excederá de 250 V. con relación a tierra y serán de clase II o doble aislamiento.
- Cuando estas herramientas se utilicen en lugares húmedos o conductores serán alimentadas a través de transformadores de separación de circuitos.
- Toda herramienta utilizada deberá cumplir las prescripciones en materia de seguridad que establece el R.D. 1215/1997 para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

TRABAJOS CON CORTADORA DE DISCOS:

- Cuando se use estas máquinas, se deberá comprobar que la protección del disco se encuentra instalada cubriendo como mínimo 1 cm de su parte superior.
-
- Queda terminantemente prohibido usar la cortadora radial sin protección o con discos no diseñados para esa máquina. Siempre se deberá usar gafas de protección para evitar posibles impactos en los ojos.

EQUIPOS DE SOLDADURA

- Queda prohibida toda operación de corte o soldadura en las proximidades de materias combustibles almacenadas, y en la de materiales susceptibles de desprender vapores o gases inflamables y explosivos, a no ser que se hayan tomado precauciones especiales.
- Con carácter general en todos los trabajos se usarán guantes y gafas protectoras.
- Los motores generadores, los rectificadores o los transformadores de las máquinas, y todas las partes conductoras estarán protegidos para evitar contactos accidentales, con partes en tensión, estando conectados los armazones a tierra.
- Los cables conectores estarán aislados en el lado de abastecimiento, estando la superficie exterior de los mangos, así como de las pinzas, completamente aislada y provista de discos o pantallas para proteger las manos del calor de los arcos. En caso contrario se utilizarán guantes.

LÁMPARAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES

Estas lámparas deben responder a las normas UNE 20-417 y UNE 20-419 y estar provistas de una reja de protección para evitar choques y tendrán una tulipa estanca que garantice la protección contra proyecciones de agua. Serán de clase II y la tensión de utilización no será superior a 250 V., siendo como máximo de 245 voltios cuando se trabaje en lugares mojados o superficies conductoras, si no son alimentados por medio de transformadores de separación de circuitos.

TRABAJOS CON MAQUINARIA AUTOMOTRIZ.

El uso de cualquier maquina automotriz como retroexcavadoras, camiones hormigonera o camiones grúa, será llevado a cabo por personal cualificado. Los trabajos se realizarán bajo la supervisión del jefe de trabajos, con especial atención a las distancias de seguridad

Julián Carlos Vidal Padilla

a zanjas, taludes, líneas, etc, así como a la permanencia de personal en las cercanías de la misma.

TRABAJOS CON MARTILLO NEUMÁTICO.

- Se prohibirá a personal no autorizado el uso de este tipo de maquinaria.
- Se utilizarán los EPIs necesarios para la reducción de los riesgos derivados de las vibraciones, proyecciones, polvo, ruido, etc., que su uso provoque.
- No se abandonará nunca el martillo conectado al circuito de presión o con la barrena hincada.
- Los equipos compresores utilizados estarán en posesión de expediente de control de calidad, y con dispositivos de seguridad y válvulas taradas y revisiones de seguridad periódicas realizadas.

TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN EN TENSIÓN.

En la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión en tensión o en el interior de celdas en tensión, es obligatorio que el trabajo se haga por parejas de operarios, con el fin de tener mejor vigilancia y más rápido auxilio en caso de accidente. Siendo de obligado cumplimiento la normativa operacional de que dispone para ello Eléctrica.

TRABAJOS CON MANIOBRAS EN APARATOS DE BAJA TENSIÓN

- No se procederá a ninguna maniobra sin el permiso del responsable de los trabajos. No se podrá trabajar con elementos en tensión sin la correspondiente protección personal (botas y guantes dieléctricos y pantallas protectoras). Así como, mantas aislantes, banquetas, pértigas, etc.
- Cuando se realicen trabajos sin tensión se aislarán las partes donde se desarrollen (mediante aparatos de seccionamiento) de cualquier posible alimentación. Únicamente se podrá comprobar la ausencia de tensión con verificadores de tensión. No se restablecerá el servicio hasta finalizar los trabajos, comprobando que no exista peligro alguno.
- Cuando se realicen tendidos de cables provisionales, se tendrá en cuenta que no sean un riesgo de caídas o electrocuciones para terceros, para lo cual las partes en tensión deben quedar convenientemente protegidas y señalizadas.

TRABAJOS CON MANIOBRAS EN EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

- No se procederá a efectuar ninguna maniobra sin el permiso del responsable de los trabajos. El inicio y finalización de los trabajos debe ser comunicado al responsable de los trabajos.
- Los trabajos en las instalaciones eléctricas deberán realizarse siempre sin tensión, salvo que se trate de trabajos en tensión con técnicas específicas, que no son objeto de este documento
- Se prohíbe realizar trabajos en las instalaciones de alta tensión, sin adoptar las llamadas 5 reglas de oro:
 - Dejar abiertas todas las fuentes de tensión, mediante aparamenta que asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo.
 - Enclavar o bloquear, si es posible, y señalizar la aparamenta que se deja abierta.
 - Comprobar, mediante equipo adecuado, la ausencia de tensión.
 - Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes y entradas de tensión.
 - Colocar las señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.
- Cuando se trabaje en celdas de protección, queda prohibido abrir o retirar los resguardos de protección de las celdas antes de dejar sin tensión a los conductores y aparatos contenidos en ellas. Se prohíbe dar tensión a los conductores y aparatos situados en una celda, sin cerrarla previamente con el resguardo de protección.
 - En cualquier caso, para cualquier trabajo a realizar en la obra las contratas se atenderán a lo dispuesto por el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de Octubre, en su Anexo IV Parte B (Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales), y Parte C (Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales).

TRABAJOS CON GRÚAS MÓVILES AUTOPROPULSADAS.

- La utilización de este tipo de maquinaria se llevará a cabo siempre por personal cualificado, que deberá acreditar su formación y conocimientos mediante el correspondiente carné de operador de grúa móvil autopropulsada.
- Se tendrán en cuenta los riesgos derivados tanto del desplazamiento de cargas como estabilidad de la grúa y riesgo eléctrico en trabajos en proximidad de líneas aéreas eléctricas.
- Durante las maniobras se prohíbe permanecer bajo la carga a toda persona. No se realizarán las maniobras si las condiciones del terreno no ofrecen la suficiente estabilidad y no se llevarán a cabo trabajos en proximidad de líneas aéreas sin cumplir las correspondientes distancias de seguridad, entre esta y la pluma, cables, carga o cualquier parte de la grúa.

TRABAJOS EN RECINTOS CONFINADOS SUBTERRÁNEOS O CON ESCASEZ DE VENTILACIÓN.

En aquellos trabajos en los que sea imprescindible el acceso a recintos cuya atmósfera pudiera no tener oxígeno en cantidad suficiente o contener sustancias tóxicas o nocivas, se deberán adoptar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores. Caso de acceder a recintos confinados es obligatorio que exista vigilancia permanente desde el exterior que pueda dar la voz de alarma y cuando se observe la posibilidad de existencia de atmósfera tóxica o nociva, es obligado el uso de equipos de oxígeno, mascarillas, etc. teniendo en cuenta la carga física y el método de trabajo a realizar.

TRABAJOS DE APERTURA DE ZANJAS.

En los trabajos de apertura de zanjas se tendrá siempre en cuenta las condiciones del terreno, debiendo entibarse la zanja cuando se supere la profundidad de 1,5 m o cuando las características del terreno así lo aconsejen.

Se realizará un estudio de las distintas canalizaciones que puedan discurrir por la zona, señalizándose convenientemente toda la zona de trabajo mediante cinta o bien barandilla de altura mínima de 1 metro, para el caso que se prevea circulación de personas o proximidad de vehículos en las inmediaciones.

Se podrán utilizar medios mecánicos o manuales hasta la protección de los servicios, a partir de dicha protección solo se utilizarán medios manuales para quitar la arena y descubrir los conductores.

INFORMACIÓN ÚTIL PARA POSIBLES TRABAJOS POSTERIORES DE MANTENIMIENTO Y DE CONSERVACIÓN

Julián Carlos Vidal Padilla

El Contratista debe contemplar en el Plan de Seguridad y Salud que debe elaborar, o en anexo posterior al mismo que debe hacer llegar a Eléctrica , cualquier información que convenga ser tenida en cuenta por personal de Eléctrica S.L. o ajeno, en aras a la Seguridad y Salud laboral en trabajos posteriores de operación, mantenimiento y/o conservación de las instalaciones y/o construcciones ejecutadas en la obra objeto de este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

CONCLUSIÓN AL ESTUDIO BASICO

Considerando suficiente lo expuesto, esperamos que este proyecto merezca la aprobación de la Administración, concediendo la correspondiente autorización administrativa.

8.2 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD CENTRO DE SECCIONAMIENTO

8.2.1 OBJETO

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

8.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Descripción de la obra y situación

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se recoge en la Memoria del presente proyecto.

Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra

Suministro de agua potable

Julián Carlos Vidal Padilla

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

Interferencias y servicios afectados

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

Memoria

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

8.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD CONSTRUCTIVA, RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Movimiento de tierras y cimentaciones

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

Julián Carlos Vidal Padilla

b) Medidas de preventivas

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

Estructura

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuci3nes por contacto indirecto.
- Caídas al mismo nivel.

- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas

- Emplear bolsas porta-herramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Cerramientos

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Albañilería

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Montaje

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.

Colocación de soportes y embarrados

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Contacto eléctrico indirecto.

b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Montaje de celdas prefabricadas o paramenta, transformadores de potencia y cuadros de B.T

a) Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

b) Medidas de prevención

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.

- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
 - Cables, poleas y tambores
 - Mandos y sistemas de parada.
 - Limitadores de carga y finales de carrera.
 - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

Operaciones de puesta en tensión

a) Riesgos más frecuentes

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

b) Medidas de prevención

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

8.2.4 ASPECTOS GENERALES

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Botiquín de obra

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

8.2.5 NORMATIVA APLICABLE

Normas oficiales

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Revisión.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, que modifica los Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.

8.3 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

8.3.1 OBJETO

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

8.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Descripción de la obra y situación

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se recoge en la Memoria del presente proyecto.

Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra

Suministro de agua potable

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

Julián Carlos Vidal Padilla

Interferencias y servicios afectados

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

Memoria

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

8.3.3 OBRA CIVIL

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

Movimiento de tierras y cimentaciones

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

b) Medidas de preventivas

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.

Julían Carlos Vidal Padilla

- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

Estructura

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuciones por contacto indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas

- Emplear bolsas porta-herramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Cerramientos

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Albañilería

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

8.3.4 MONTAJE

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y protección

Colocación de soportes y embarrados

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Contacto eléctrico indirecto.

b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Montaje de Celdas Prefabricadas o apartamento, Transformadores de potencia y Cuadros de B.T.

a) Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

b) Medidas de prevención

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.

Julián Carlos Vidal Padilla

- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
 - Cables, poleas y tambores
 - Mandos y sistemas de parada.
 - Limitadores de carga y finales de carrera.
 - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

Operaciones de puesta en tensión

a) Riesgos más frecuentes

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

b) Medidas de prevención

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Aspectos generales

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Botiquín de obra

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

8.3.5 NORMATIVA APLICABLE

Normas oficiales

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Revisión.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, que modifica los Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.