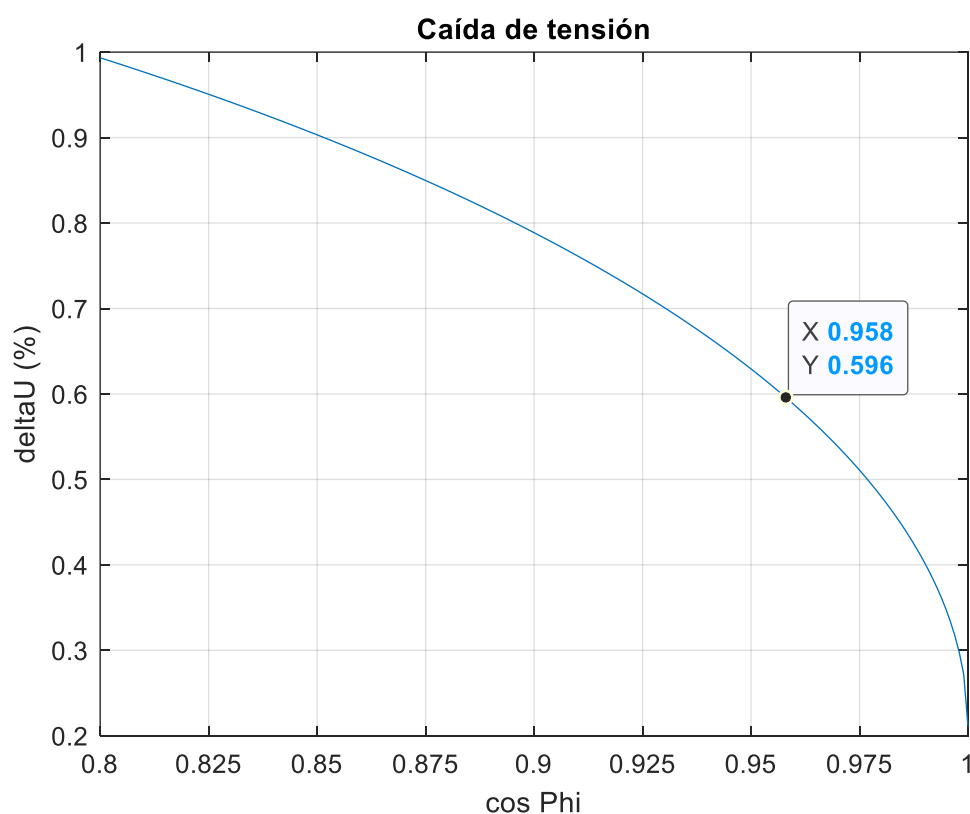


$$\Delta U = \frac{|U_L| - |U_0|}{|U_0|} \cdot 100 (\%)$$

Calculado para un factor de potencia de **0,958**, obtenemos la siguiente caída de tensión.

$$\Delta U = 0,596 \%$$

Se obtiene además la siguiente gráfica que muestra la caída de tensión para diferentes factores de potencia.



3.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA

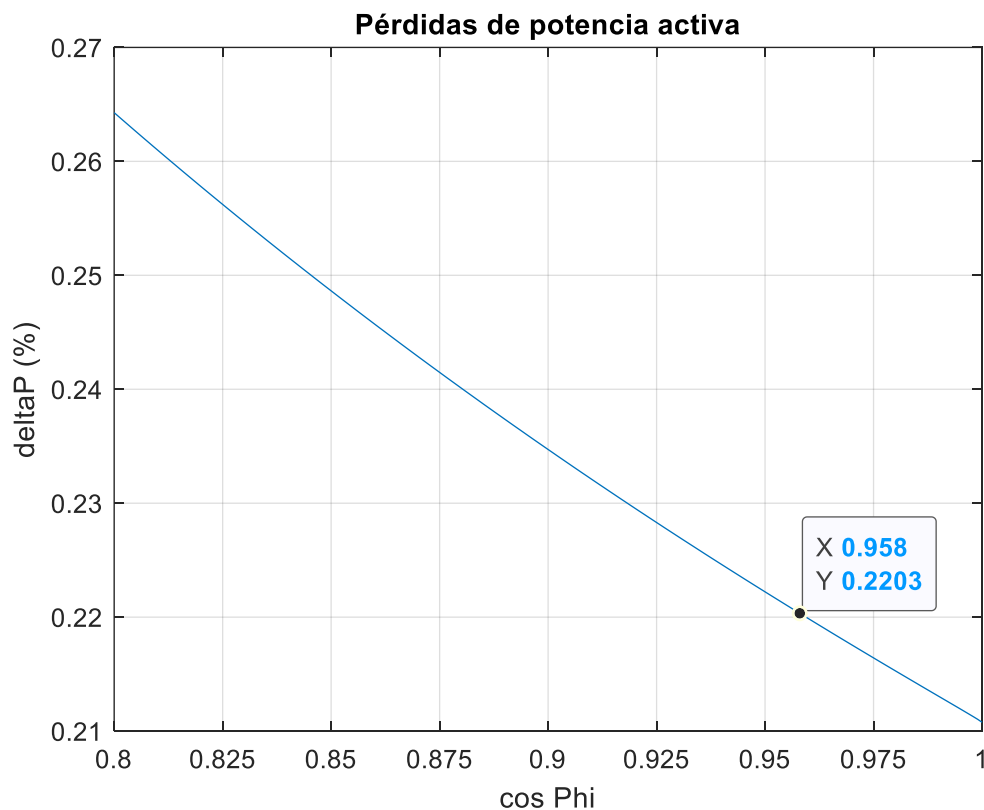
Las pérdidas de potencia activa se deben tanto al calentamiento de los conductores por el efecto joule como a las fugas de corriente capacitiva de la línea. Utilizando la siguiente expresión se calcula la potencia activa en cualquier punto genérico x de la línea:

$$P_x = 3 \cdot \text{real}(U_x \cdot I_x^*)$$

Calculado para un factor de potencia de **0,958**, obtenemos las siguientes pérdidas de potencia activa.

$$\Delta P = 0,220 \%$$

Se obtiene además la siguiente gráfica que muestra las pérdidas de potencia activa para diferentes factores de potencia.



4. RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS CADENAS DE AISLAMIENTO

Las cadenas de suspensión, tienen una carga nominal de rotura de 160 kN. Considerando los valores de vano viento y vano peso máximos a los que estarán sometidos los apoyos de suspensión, se comprueba que el coeficiente de seguridad de la cadena de aislamiento es superior a 2,5.

$$CS = \frac{16.000}{2 \cdot \sqrt{(V \cdot p_v)^2 + (P \cdot p_c)^2}} = 8,38 > 2,5$$

- V: Máximo vano viento para apoyos de suspensión: **375 m**
- P: Máximo vano peso para apoyos de suspensión: **561 m**

Las cadenas horizontales en apoyos de amarre estarán formadas por dos filas de aisladores de 160 kN de carga nominal de rotura, siendo 320 kN la carga de rotura mínima de la cadena. Considerando una tracción máxima por subconductor correspondiente a la carga máxima admisible, un 40% de la carga de

rotura (10650 daN), se comprueba que el coeficiente de seguridad de la cadena de aislamiento es superior a 2,5.

$$CS = \frac{32.000}{2 \cdot 0,4 \cdot 10650} = 3,75 > 2,5$$

La solución de herrajes adoptada para ambos tipos de cadena posee un valor de carga nominal de rotura mayor al de las cadenas.

5. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

Son conductores cableados de aluminio con alma de acero galvanizado, concéntricos. A continuación, se definen sus principales características:

Tipo	DX GULL (LA-380)
Material	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm)	25,38
Sección total (mm ²)	381
Peso (kg/km)	1.275
Carga de rotura (daN)	10650
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	6.900
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)	19,3·10 ⁻⁶
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/km).....	0,0857
Composición	54 + 7

5.2. ACCIONES CONSIDERADAS

Cargas Permanentes

Según la ITC-LAT 07 en su punto 3.1.1 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considera la carga vertical debida al peso propio del conductor.

Sobrecarga de viento

Según lo recogido en la ITC-LAT 07, el cálculo de la presión del viento para conductores de un diámetro total superior a 16 mm se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$P_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

Los cálculos mecánicos se realizan con una hipótesis de viento de 140 km/h, según lo recogido en la ITC-LAT 07 para líneas que son de categoría especial, como es el caso de la línea de 220 kV que es objeto del presente proyecto.

Para esta velocidad, se obtiene una presión de viento de:

$$P_v = 50 \left(\frac{140}{120} \right)^2 = 68,05 \text{ daN/m}^2$$

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la presión del viento sobre el conductor en función del diámetro de este. Se ha considerado una velocidad máxima de viento de 140 km/h.

Sobrecarga de Hielo

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, en las líneas de zona B, Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor (daN/metro lineal):

$$0,18 \times \sqrt{d}$$

siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.

5.3. HIPÓTESIS DE PARTIDA

Límite Dinámico: Hipótesis EDS (Every Day Stress):

La hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normales (15 ° C para todas zonas) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura.

El valor de tense EDS empleado en las tablas de cálculo mecánico será el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
LA 380 GULL	10650	1955	18

5.4. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Tracción Máxima Admisible

Según la tabla 4 de la Instrucción Técnica Complementaria 07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión los conductores deberán resistir las sobrecargas siguientes en ZONA B:

- **Tracción máxima de viento:** Peso propio y sobrecarga de viento 140 km/h a –10 ° C

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{140}^2}$$

- **Tracción máxima de hielo:** Peso propio y peso del manguito de hielo a -15°C

$$R = P_c + P_h$$

- **Tracción máxima hielo + viento:** sobrecarga de viento 60 km/h+ sobrecarga de hielo a -15°C

$$R = \sqrt{(P_c + P_h)^2 + W_{60}^2}$$

Hipótesis de Flecha Máxima

Según el actual Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (Apdo, 3,2,3 ITC-LAT 07), se determinará la flecha máxima de los conductores para ZONA B en las hipótesis siguientes:

- **Flecha máxima con viento:** Acción del peso propio y una sobrecarga de viento 120 km/h a la temperatura de 15°C .

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{120}^2}$$

- **Flecha máxima con hielo:** Acción del peso propio y manguito de hielo a la temperatura de 0°C .

$$R = P_c + P_h$$

- **Flecha máxima temperatura 85°C :** Acción del peso propio a la temperatura de 85°C .

$$R = P_c$$

- **Flecha máxima temperatura 50°C :** Acción del peso propio a la temperatura de 50°C .

$$R = P_c$$

Hipótesis de Flecha Mínima

Se determinará la flecha mínima de los conductores para ZONA B en las hipótesis siguientes:

- **Flecha mínima temperatura -15°C :** Acción del peso propio a la temperatura de -15°C .

$$R = P_c$$

Desviación y vibraciones

- **Desviación de cadenas con viento mitad:** Acción del peso propio y una sobrecarga de viento 25 daN/m^2 a la temperatura de -10°C .

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{V/2}^2}$$

- **Control de vibraciones:** Acción del peso propio a la temperatura de -5° C.

$$R = P_c$$

A continuación, se resumen las anteriores hipótesis utilizadas para el cálculo mecánico del conductor.

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor (daN/m)	Resultante (daN/m)
		Espesor manguito (mm)	Densidad hielo (daN/m³)	Peso hielo (daN/m)	Presión viento (daN/mm²)	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (daN/m)		
Tracción máxima de viento	-10	0	750	0	68,06	25,4	1,729	1,254	2,14
Tracción máxima de hielo	-15	10,67	750	0,91	0	46,74	0	1,254	2,16
Tracción máxima de hielo + viento	-15	10,67	750	0,91	12,5	46,74	0,584	1,254	2,24
EDS	15	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima temperatura (50°)	50	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima temperatura (85°)	85	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	25,4	1,27	1,254	1,78
Flecha máxima hielo	0	10,67	750	0,91	0	46,74	0	1,254	2,16
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Desviación cadenas	-10	0	750	0	25	25,4	0,635	1,254	1,41
Control de vibraciones	-5	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25

5.5. VANO IDEAL DE REGULACIÓN

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

Siendo:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^2}{a_i}}$$

$$a'_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (\text{m})$$

donde:

- a_i : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m),
 b_i : Desnivel del vano i medido en la dirección vertical (m),

El vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i'^2}{a_i}}} \quad (\text{m})$$

5.6. COMPARACIÓN DE HIPÓTESIS

Tensión Mecánica

Partiendo de la tensión, temperatura y carga total correspondientes al valor de la tensión máxima adoptado, se calcula con la ayuda de la ecuación de cambio de condiciones, las tensiones respectivas a las hipótesis citadas en el apartado anterior.

Dicha ecuación es:

$$T_2^2 \cdot \left[T_2 \cdot \frac{A \cdot a^2 \cdot p_1^2}{T_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right] = A \cdot a^2 \cdot p_2^2$$

siendo:

- T_1 Tensión del cable en condiciones iniciales en daN
- q_1 Temperatura del cable en condiciones iniciales en °C
- p_1 Carga del cable en condiciones iniciales, en daN/m
- T_2, q_2, p_2 Los mismos conceptos anteriores en condiciones finales
- a Vano de cálculo en m
- $A = \frac{S_a \cdot E}{24}$
- $B = S \cdot E \cdot \alpha$, en daN/°C

Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left(\cosh \left(\frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0} \right) - 1 \right)$$

siendo:

- p_a Peso aparente del cable (daN/m),
- T_0 Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN)
- a Longitud del vano (m),

Con los valores de p_a y T de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis:

- **Flecha máxima:** aquella que resulte mayor de la comparación de las hipótesis de flecha máxima
- **Flecha mínima:** hipótesis de flecha mínima

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.

5.7. RESULTADOS DE CÁLCULO

A continuación, se muestran los resultados del cálculo teniendo en cuenta las hipótesis iniciales, el vano regulador y la comparación de hipótesis.



Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	245	44,49	106	4	259	42,08	106	3,98	268	40,67	106	3,97
1	2	296,18	3022	3,61	1404	7,88	3128	3,48	1434	7,72	3206	3,4	1420	7,8
2	3	195,72	3021	3,61	1404	3,43	3139	3,47	1434	3,36	3216	3,39	1420	3,39
3	4	140,95	2735	3,99	1279	1,98	2888	3,77	1334	1,9	2937	3,71	1310	1,94
4	5	287,15	2984	3,65	1388	7,51	3079	3,54	1414	7,38	3161	3,45	1401	7,44
5	6	301,99	2983	3,65	1388	8,22	3075	3,54	1414	8,07	3156	3,45	1401	8,14
6	7	272,43	2983	3,65	1388	6,72	3078	3,54	1414	6,6	3160	3,45	1401	6,66
7	8PAS	219,33	2938	3,71	1370	4,42	3054	3,57	1407	4,3	3124	3,49	1389	4,36
9PAS	10	388,85	3187	3,42	1479	12,83	3267	3,34	1498	12,67	3363	3,24	1488	12,75
10	11	361,01	3192	3,41	1479	11,04	3279	3,32	1498	10,9	3375	3,23	1488	10,97
11	12	376,5	3190	3,42	1479	12,04	3274	3,33	1498	11,89	3369	3,24	1488	11,97
12	13	369,01	3178	3,43	1474	11,6	3263	3,34	1494	11,44	3356	3,25	1484	11,53
13	14	316,39	3168	3,44	1474	8,5	3250	3,35	1494	8,38	3343	3,26	1484	8,44
14	15	392,16	3176	3,43	1474	13,06	3258	3,35	1494	12,89	3352	3,25	1484	12,98
15	16	515,63	3317	3,29	1527	21,87	3391	3,21	1539	21,69	3497	3,12	1532	21,78
16	17 ENTRONQUE	349,5	3152	3,46	1452	10,61	3263	3,34	1472	10,46	3354	3,25	1462	10,54

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T2 (+85°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	142	76,76	100	4,24	203	53,69	104	4,08
1	2	296,18	1323	8,24	1040	10,65	2344	4,65	1301	8,51
2	3	195,72	1326	8,22	1040	4,63	2345	4,65	1301	3,7
3	4	140,95	954	11,43	757	3,35	1944	5,61	1087	2,33
4	5	287,15	1353	8,06	1066	9,79	2340	4,66	1301	8,02
5	6	301,99	1351	8,07	1066	10,71	2338	4,66	1301	8,77
6	7	272,43	1352	8,06	1066	8,76	2339	4,66	1301	7,17
7	8PAS	219,33	1213	8,99	959	6,31	2232	4,88	1245	4,86
9PAS	10	388,85	1554	7,01	1222	15,54	2549	4,28	1414	13,42
10	11	361,01	1560	6,99	1222	13,37	2555	4,27	1414	11,55
11	12	376,5	1557	7	1222	14,58	2552	4,27	1414	12,59
12	13	369,01	1535	7,1	1206	14,19	2537	4,3	1406	12,16
13	14	316,39	1527	7,14	1206	10,39	2527	4,31	1406	8,91
14	15	392,16	1533	7,11	1206	15,97	2535	4,3	1406	13,7
15	16	515,63	1741	6,26	1355	24,64	2703	4,03	1486	22,46
16	17 ENTRONQUE	349,5	1523	7,16	1176	13,11	2515	4,33	1381	11,16

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	256	42,58	105	4,04	151	72,19	107	3,97
1	2	296,18	2914	3,74	1335	8,29	2119	5,14	1678	6,59
2	3	195,72	2924	3,73	1335	3,61	2127	5,12	1678	2,87
3	4	140,95	2508	4,35	1158	2,19	2301	4,74	1833	1,38
4	5	287,15	2897	3,76	1330	7,85	2026	5,38	1606	6,49
5	6	301,99	2893	3,77	1330	8,58	2024	5,39	1606	7,1
6	7	272,43	2896	3,76	1330	7,02	2026	5,38	1606	5,81
7	8PAS	219,33	2796	3,9	1287	4,7	2157	5,05	1715	3,53
9PAS	10	388,85	3129	3,48	1433	13,24	2075	5,25	1641	11,56
10	11	361,01	3141	3,47	1433	11,39	2082	5,24	1641	9,94
11	12	376,5	3136	3,48	1433	12,42	2079	5,24	1641	10,84
12	13	369,01	3118	3,5	1427	11,99	2083	5,23	1647	10,38
13	14	316,39	3105	3,51	1427	8,78	2076	5,25	1647	7,61
14	15	392,16	3113	3,5	1427	13,5	2080	5,24	1647	11,69
15	16	515,63	3302	3,3	1497	22,29	2074	5,26	1625	20,54
16	17 ENTRONQUE	349,5	3112	3,5	1402	10,98	2090	5,22	1629	9,45

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-5°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	167	65,27	106	3,98	150	72,67	106	4,01	147	74,15	104	4,08
1	2	296,18	2228	4,89	1574	7,03	1983	5,5	1569	7,05	1763	6,18	1393	7,94
2	3	195,72	2234	4,88	1574	3,06	1990	5,48	1569	3,07	1769	6,16	1393	3,46
3	4	140,95	2248	4,85	1597	1,59	1995	5,46	1589	1,6	1541	7,07	1227	2,07
4	5	287,15	2157	5,05	1525	6,84	1919	5,68	1520	6,86	1742	6,26	1378	7,57
5	6	301,99	2154	5,06	1525	7,48	1916	5,69	1520	7,51	1739	6,27	1378	8,28
6	7	272,43	2156	5,06	1525	6,12	1919	5,68	1520	6,14	1741	6,26	1378	6,77
7	8PAS	219,33	2227	4,89	1579	3,83	1980	5,51	1573	3,85	1702	6,4	1351	4,48
9PAS	10	388,85	2246	4,85	1584	11,97	2001	5,45	1582	11,99	1872	5,82	1478	12,84
10	11	361,01	2252	4,84	1584	10,3	2008	5,43	1582	10,32	1879	5,8	1478	11,04
11	12	376,5	2249	4,85	1584	11,24	2005	5,44	1582	11,25	1875	5,81	1478	12,05
12	13	369,01	2249	4,85	1586	10,78	2004	5,44	1583	10,8	1867	5,84	1473	11,61
13	14	316,39	2241	4,86	1586	7,9	1996	5,46	1583	7,91	3249	5,86	1473	8,5
14	15	392,16	2246	4,85	1586	12,14	2001	5,45	1583	12,16	1864	5,85	1473	13,07
15	16	515,63	2278	4,78	1592	20,96	2032	5,36	1591	20,98	1955	5,58	1529	21,83
16	17 ENTRONQUE	349,5	2248	4,85	1565	9,84	2006	5,43	1563	9,86	1863	5,85	1448	10,63

5.8. TABLA DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T = T_0 \cdot ch\left(\frac{x}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T Tensión del cable (daN)
- T_0 Componente horizontal de la tensión del cable (daN)
- H Parámetro de la catenaria (m)
- x Coordenada en el eje x del cable (m)

La dirección de esta tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dada por la siguiente expresión:

$$T_m = T_0 \cdot ch\left(\frac{x_m}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

donde:

$$x_m = H \cdot \sinh^{-1} \left[\frac{\left(\frac{b}{2 \cdot H}\right)}{\sinh\left(\frac{s}{2 \cdot H}\right)} \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

- T_m Tensión del cable en el punto medio del vano (daN)
- T_0 Componente horizontal de la tensión del cable (daN)
- H Parámetro de la catenaria (m)
- x_m Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m)
- a Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m)
- b Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m)

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \left[ch\left(\frac{a_i}{2 \cdot H}\right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

donde:

- f: Flecha (m)
- T_{mi} : Tensión del cable en el punto medio del vano i (daN)
- H: Parámetro de la catenaria (m)
- p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m)

ai: Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m)

Operando de esta forma, se obtiene la tabla de regulación que se muestra a continuación:

	Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
			Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
Apoyo SET Guadarrama III a Apoyo 1	56,47	54,91	132,93	3,89	132,4	3,9	131,55	3,93	131,02	3,94	130,23	3,97	129,99	3,98	129,3	4	128,62	4,02	128,31	4,03	128	4,04	127,69	4,05	127,39	4,06
Apoyo 1 a Apoyo 2	296,55	260,77	2333,08	5,91	2255,96	6,12	2184,63	6,32	2115,85	6,52	2052,24	6,72	1992,21	6,93	1934,97	7,13	1881,44	7,34	1831,71	7,54	1783,2	7,74	1738,6	7,94	1696,2	8,14
Apoyo 2 a Apoyo 3	195,75	260,77	2333,08	2,59	2255,96	2,67	2184,63	2,76	2115,85	2,85	2052,24	2,94	1992,21	3,03	1934,97	3,12	1881,44	3,21	1831,71	3,29	1783,2	3,38	1738,6	3,47	1696,2	3,56
Apoyo 3 a Apoyo 4	140,45	140,45	2600,38	1,19	2457,63	1,26	2319,37	1,33	2324,79	1,41	2058,82	1,5	1940,42	1,59	1829,14	1,69	1726,96	1,79	1634,12	1,89	1547,3	2	1469,36	2,11	1397,77	2,21
Apoyo 4 a Apoyo 5	286,63	287,67	2195,68	5,87	2135,21	6,04	2078,28	6,2	2024,96	6,36	1973,61	6,53	1925,15	6,7	1879,63	6,86	1836,24	7,02	1795	7,18	1755,97	7,34	1718,74	7,5	1683,34	7,66
Apoyo 5 a Apoyo 6	301,99	287,67	2195,68	6,51	2135,21	6,7	2078,28	6,88	2024,96	7,06	1973,61	7,25	1925,15	7,43	1879,63	7,61	1836,24	7,79	1795	7,97	1755,97	8,15	1718,74	8,33	1683,34	8,5
Apoyo 6 a Apoyo 7	272,21	287,67	2195,68	5,29	2135,21	5,44	2078,28	5,59	2024,96	5,74	1973,61	5,89	1925,15	6,04	1879,63	6,19	1836,24	6,33	1795	6,48	1755,97	6,62	1718,74	6,77	1683,34	6,91
Apoyo 7 a Apoyo 8PAS	219,12	219,09	2421,73	3,11	2323,63	3,24	2230,97	3,37	2145,6	3,51	2064,3	3,65	1987,18	3,79	1916,09	3,93	1849,42	4,07	1787,26	4,21	1729,72	4,35	1675,12	4,5	1624,4	4,64
Apoyo 9PAS a Apoyo 10	388,85	375,9	2201,45	10,78	2160,34	10,98	2121,3	11,19	2083,53	11,39	2047,03	11,59	2012,7	11,79	1978,85	11,99	1947,22	12,19	1916,11	12,39	1886,85	12,58	3248,13	12,77	1830,85	12,97
Apoyo 10 a Apoyo 11	361,01	375,9	2201,45	9,3	2160,34	9,47	2121,3	9,65	2083,53	9,82	2047,03	10	2012,7	10,17	1978,85	10,34	1947,22	10,51	1916,11	10,68	1886,85	10,85	3248,13	11,02	1830,85	11,18
Apoyo 11 a Apoyo 12	376,71	375,9	2201,45	10,12	2160,34	10,31	2121,3	10,5	2083,53	10,69	2047,03	10,88	2012,7	11,07	1978,85	11,26	1947,22	11,44	1916,11	11,63	1886,85	11,81	3248,13	11,99	1830,85	12,17
Apoyo 12 a Apoyo 13	369,21	363,34	2215,26	9,66	2171,71	9,85	2129,35	10,05	2089,92	10,24	2050,89	10,43	2014,44	10,62	1979,31	10,81	1945,09	11	1913,1	11,19	1881,63	11,37	3241,57	11,56	1822,95	11,74
Apoyo 13 a Apoyo 14	316,39	363,34	2215,26	7,09	2171,71	7,23	2129,35	7,37	2089,92	7,51	2050,89	7,66	2014,44	7,8	1979,31	7,93	1945,09	8,07	1913,1	8,21	1881,63	8,35	3241,57	8,48	1822,95	8,62
Apoyo 14 a Apoyo 15	392,13	363,34	2215,26	10,89	2171,71	11,11	2129,35	11,33	2089,92	11,55	2050,89	11,77	2014,44	11,98	1979,31	12,19	1945,09	12,41	1913,1	12,62	1881,63	12,83	3241,57	13,04	1822,95	13,24
Apoyo 15 a Apoyo 16	515,49	515,26	2122,28	19,67	2100,15	19,88	2078,59	20,09	2057,61	20,29	2037,22	20,5	2017,01	20,7	1997,39	20,91	1978,4	21,11	1960,02	21,31	1941,85	21,51	1924,09	21,71	1906,75	21,91
Apoyo 16 a Apoyo 17 ENTRONQUE	349,47	347,49	2196,5	8,77	2150,32	8,96	2106,16	9,15	2064,91	9,33	2024,9	9,52	1986,17	9,7	1949,61	9,89	1914,38	10,07	1880,94	10,25	1848,89	10,43	1817,81	10,6	1788,16	10,78

5.9.DISTANCIAS

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- 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, Previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red, Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.
- D_{pp} Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, Esta distancia previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.
- a_{som} Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra, La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna a_{som} debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona, Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ($D_{add} + D_{el}$) deben ser siempre superiores a $1,1 a_{som}$.

Los valores para la tensión nominal de 220 kV son los siguientes:

Tensión más elevada U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
245	1,70	2,00

Distancias entre conductores a partes puestas a tierra

Según la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión la distancia mínima de los conductores y sus partes puestas en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,2 m.

$$D_{el} = 1,70 \text{ m} \quad d_{min} = 2,00 \text{ m}$$

Distancia de seguridad en apoyos de alineación

El ángulo de inclinación de las cadenas de suspensión vendrá dado por la expresión:

$$tg \beta = \frac{F_t + \frac{F_{ta}}{2}}{P + \frac{P_a}{2} + P_c}$$

siendo:

- F_t Fuerza debida a una presión de viento mitad actuando sobre los conductores a ambos lados del apoyo, a la que se añade en los apoyos de ángulo la componente horizontal de las fuerzas de tracción transmitida (daN)
- F_{ta} Fuerza debida a la presión del viento actuando sobre la cadena de aisladores con presión de viento mitad (daN)
- P Componente vertical de las fuerzas transmitidas por el conductor situado en los vanos contiguos al apoyo (daN)
- P_a Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN)
- P_c Peso de los contrapesos que eventualmente se hayan instalado (daN)

Teniendo en cuenta que puede presentarse el caso de apoyos en donde el gravivano sea inferior al eolovano y despreciando el peso y la fuerza que ejerce el viento sobre la cadena de aisladores, la desviación de la cadena de aisladores será:

$$tg\beta = \frac{F_t e_o}{P g_r}$$

siendo:

- e_o : Eolovano en hipótesis de viento en el apoyo estudiado
- g_r : Gravivano en hipótesis de viento en el apoyo estudiado

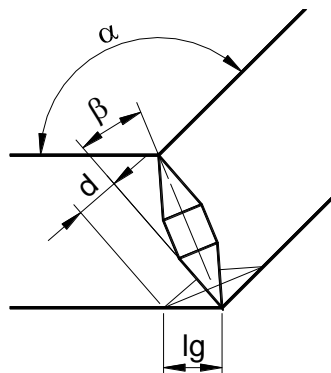
Para garantizar la distancia mínima entre conductores y apoyos de alineación, el ángulo de oscilación de la cadena de aisladores no debe superar 42° en la condición de desviación de cadenas. Este ángulo está calculado en base al diseño de los apoyos de suspensión en alineación, respetando la distancia de 1,7 m a partes puestas a tierra, y se puede comprobar en el documento Planos.

En la tabla siguiente se puede ver la inclinación de la cadena de cada apoyo de alineación.

Nº Apoyo	Tipo	Función	Armado	Inclinación cadena (º)	Porcentaje de inclinación máxima
2	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	14,6	29,7
5	CO-9000-24-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	23,4	48,5
6	CO-9000-24-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	28,4	57,9
10	CO-9000-27-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	22	45,9
11	CO-9000-27-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	27,3	55,7
13	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	22,6	46,1
14	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	S1775	26,1	53,4

Cálculo de la distancia a masa en apoyos tipo ángulo

En los apoyos tipo ángulo la distancia entre los conductores en tensión y el apoyo puesto a tierra se puede calcular de la siguiente forma:



$$d = l_g \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right)$$

siendo:

- l_g : Longitud de la cadena de amarre en metros
- α : Ángulo de la línea
- β : Semiángulo de la cruceta

donde:

$$\beta = \operatorname{atan}\left(\frac{f/2}{br - f/2}\right)$$

siendo:

- f : Fuste del apoyo
- br : Brazo más corto de la cruceta

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de la distancia a masa en apoyos tipo ángulo. Puede comprobarse que en todos los casos se supera la distancia mínima establecida por la Del de 1,7 metros.

Nº Apoyo	Tipo	Función	Armado	α (°)	f (m)	br (m)	l (m)	h (m)	β (°)	d (m)	d puente flojo (m)	Comentario
1	IC-55000-20-S1333	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	0	186,73	2,5	6	4,2	2,5	11,77	4,15	4,33	
3	CO-18000-18-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	0	177,53	1,5	4,3	4,2	2,5	9,89	4,12	2,79	
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	0	141,04	2	4,7	4,2	2,5	12,01	3,58	1,63	Necesita cadena auxiliar de paso
7	CO-18000-18-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	0	162,72	1,5	4,3	4,2	2,5	9,89	3,98	2,25	
12	CO-18000-21-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	0	163,76	1,5	4,3	4,2	2,5	9,89	3,99	2,29	
15	CO-27000-30-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	0	178,33	1,5	4,3	4,2	2,5	9,89	4,13	2,82	
16	CO-18000-33-S1666	ÁNGULO-AMARRE	0	171,07	1,5	4,3	4,2	2,5	9,89	4,07	2,55	
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	ENTRONQUE	0	180	2,5	6	4,2	2,5	11,77	4,11	4,08	

Distancia de los conductores entre sí

De acuerdo con lo establecido en el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

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

siendo:

- D Distancia mínima entre conductores en m
- F Flecha máxima en m
- D_{pp} Distancia mínima aérea especificada definida anteriormente
- L Longitud en metros de la cadena de suspensión, En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$,
- K Coeficiente que depende de la oscilación (α) de los conductores con el viento
- K' Coeficiente en función de la categoría de la línea, tal que K' es **0,85** para líneas de categoría especial, mientras que para el resto de líneas K' es 0,75.

La longitud de la cadena de suspensión se considera **2,8 m**,

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\alpha = \arctg \frac{P_v}{P_c} = \arctg \frac{1,7273}{1,25} = 54,11^\circ$$

Calculando la presión de viento para una velocidad de 120 km/h, la ITC 07 en su tabla 16 establece el valor del coeficiente K en función del ángulo de oscilación:

Ángulo de oscilación α	Valores de K para 220 kV
Superior a 65°	0,7
Entre 40° y 65°	0,65
Inferior a 40°	0,6

Para el citado ángulo de oscilación, K será **0,65**.

Se obtiene la siguiente tabla para la comprobación de distancia entre conductores en cada apoyo.

Apoyo	Denominación	Función	Flecha máxima en vano anterior (m)	Flecha máxima en vano posterior (m)	Dis. Mín (m)	Dis. Real (m)	Porcentaje superación
SET Guadarrama III	Portico Subestacion Guadarrama III	PÓRTICO	-	10,65	3,82	4,10	7%
1	IC-55000-20-S1333	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	10,65	4,63	3,82	11,60	67%
2	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	4,63	3,35	3,46	6,60	48%
3	CO-18000-18-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	3,35	9,79	3,73	6,60	43%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	9,79	10,71	3,83	10,94	65%
5	CO-9000-24-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	10,71	8,76	4,08	6,60	38%
6	CO-9000-24-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	8,76	6,31	3,90	6,60	41%
7	CO-18000-18-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	6,31	0,00	3,21	6,60	51%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	0,00	0,00	1,70	5,60	70%
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	0,00	13,37	4,08	5,60	27%
10	CO-9000-27-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	13,37	14,58	4,40	6,60	33%
11	CO-9000-27-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	14,58	14,19	4,40	6,60	33%
12	CO-18000-21-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	14,19	10,39	4,15	6,60	37%
13	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	10,39	15,97	4,51	6,60	32%
14	CO-9000-30-S1775	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	15,97	24,64	5,10	6,60	23%
15	CO-27000-30-S1666	ÁNGULO-ANCLAJE	24,64	13,11	4,93	6,60	25%
16	CO-18000-33-S1666	ÁNGULO-AMARRE	13,11	0,00	3,87	6,60	41%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	ENTRONQUE	0,00	11,24	3,88	11,60	67%

6. CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Este apartado se refiere al estudio de las condiciones en que debe tenderse el cable de fibra óptica y los esfuerzos que este provoca en los apoyos,

6.1. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Denominación.....	OPGW 64k78 (7540)
Nº de fibras	48
Corriente máxima de falta 2s (kA)	151
Sección total (mm ²)	143,7
Diámetro total (mm)	16,4
Peso del cable (kg/m)	0,773
Carga de rotura (kg)	11.390
Módulo de elasticidad(daN/mm ²)	11.410
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)	14,8·10 ⁻⁶

6.2. ACCIONES CONSIDERADAS

Cargas Permanentes

Según la ITC-LAT 07 en su punto 3,1,1 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considera la carga vertical debida al peso propio del cable.

Sobrecarga de viento

Según lo recogido en la ITC-LAT 07, el cálculo de la presión del viento para conductores de un diámetro total superior a 16 mm se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$P_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

Los cálculos mecánicos se realizan con una hipótesis de viento de 140 km/h, según lo recogido en la ITC-LAT 07 para líneas que son de categoría especial, como es el caso de la línea de 220 kV que es objeto del presente proyecto.

Para esta velocidad, se obtiene una presión de viento de:

$$P_v = 50 \left(\frac{140}{120} \right)^2 = 68,05 \text{ daN/m}^2$$

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la presión del viento sobre el conductor en función del diámetro de este, Se ha considerado una velocidad máxima de viento de 140 km/h.

Sobrecarga de Hielo

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, en las líneas de zona B, Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor (daN/metro lineal):

$$0,18 \times \sqrt{d}$$

siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.

6.3. HIPÓTESIS DE PARTIDA

Límite Dinámico: Hipótesis EDS (Every Day Stress):

La hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normales (15 ° C para todas zonas) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura.

El valor de tense EDS empleado en las tablas de cálculo mecánico será el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
OPGW 64k78 (7540) 1	11.610	1.399	12
OPGW 64k78 (7540) 2	11.610	1.398	12

6.4. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Tracción Máxima Admisible

Según la tabla 4 de la Instrucción Técnica Complementaria 07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión los conductores deberán resistir las sobrecargas siguientes en ZONA B:

- **Tracción máxima de viento:** Peso propio y sobrecarga de viento 140 km/h a –10 ° C

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{140}^2}$$

- **Tracción máxima de hielo:** Peso propio y peso del manguito de hielo a –15 ° C

$$R = P_c + P_h$$

- **Tracción máxima hielo + viento:** sobrecarga de viento 60 km/h+ sobrecarga de hielo a –15 ° C

$$R = \sqrt{(P_c + P_h)^2 + W_{60}^2}$$

Hipótesis de Flecha Máxima

Según el actual Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (Apdo, 3,2,3 ITC-LAT 07), se determinará la flecha máxima de los conductores para ZONA B en las hipótesis siguientes:

- **Flecha máxima con viento:** Acción del peso propio y una sobrecarga de viento 120 km/h a la temperatura de 15 ° C.

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{120}^2}$$

- **Flecha máxima con hielo:** Acción del peso propio y manguito de hielo a la temperatura de 0 ° C.

$$R = P_c + P_h$$

- **Flecha máxima temperatura 50°C:** Acción del peso propio a la temperatura de 50 ° C.

$$R = P_c$$

Hipótesis de Flecha Mínima

Se determinará la flecha mínima de los conductores para ZONA B en las hipótesis siguientes:

- **Flecha mínima temperatura -15°C:** Acción del peso propio a la temperatura de -15 ° C.

$$R = P_c$$

Desviación y vibraciones

- **Control de vibraciones:** Acción del peso propio a la temperatura de -5° C.

$$R = P_c$$

A continuación, se resumen las anteriores hipótesis utilizadas para el cálculo mecánico del cable de tierra OPGW.

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor (daN/m)	Resultante (daN/m)
		Espesor manguito (mm)	Densidad hielo (daN/m³)	Peso hielo (daN/m)	Presión viento (daN/mm²)	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (daN/m)		
Tracción máxima de viento	-10	0	750	0	68,06	16,4	1,116	0,773	1,36
Tracción máxima de hielo	-15	11,21	750	0,73	0	38,82	0	0,773	0,77
Tracción máxima de hielo + viento	-15	11,21	750	0,73	12,5	38,82	0,485	0,773	0,91
EDS	15	0	750	0	0	16,4	0	0,773	0,77
Flecha máxima temperatura (50°)	50	0	750	0	0	16,4	0	0,773	0,77
Flecha máxima temperatura (85°)	85	0	750	0	0	16,4	0	0,773	0,77
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	16,4	0,82	0,773	1,13
Flecha máxima hielo	0	11,21	750	0,73	0	38,82	0	0,773	0,77
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	16,4	0	0,773	0,77
Desviación cadenas	-10	0	750	0	25	16,4	0,41	0,773	0,88
Control de vibraciones	-5	0	750	0	0	16,4	0	0,773	0,77



6.5.RESULTADOS DE CÁLCULO

OPGW 1

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	180	63,28	121	3,51	213	53,47	122	3,49	222	51,31	122	3,5
1	2	296,18	2156	5,28	1587	6,88	2340	4,87	1562	7	2414	4,72	1532	7,13
2	3	195,72	2159	5,28	1587	3,03	2353	4,84	1562	3,08	2426	4,69	1532	3,14
3	4	140,95	1931	5,9	1427	1,77	2083	5,47	1397	1,81	2126	5,36	1356	1,86
4	5	287,15	2202	5,17	1622	6,41	2390	4,77	1598	6,51	2471	4,61	1570	6,62
5	6	301,99	2201	5,17	1622	7,03	2387	4,77	1598	7,14	2468	4,62	1570	7,27
6	7	272,43	2201	5,17	1622	5,74	2389	4,77	1598	5,83	2469	4,61	1570	5,93
7	8PAS	219,33	2094	5,44	1544	3,91	2268	5,02	1517	3,98	2333	4,88	1484	4,07
9PAS	10	388,85	2297	4,96	1687	11,2	2503	4,55	1667	11,33	2598	4,38	1645	11,49
10	11	361,01	2298	4,96	1687	9,67	2507	4,54	1667	9,79	2602	4,38	1645	9,92
11	12	376,5	2297	4,96	1687	10,5	2505	4,55	1667	10,62	2599	4,38	1645	10,76
12	13	369,01	2287	4,98	1681	10,12	2491	4,57	1660	10,24	2584	4,41	1637	10,39
13	14	316,39	2281	4,99	1681	7,45	2481	4,59	1660	7,54	2574	4,43	1637	7,65
14	15	392,16	2286	4,98	1681	11,45	2487	4,58	1660	11,6	2579	4,42	1637	11,76
15	16	515,63	2404	4,74	1756	18,99	2631	4,33	1741	19,15	2743	4,15	1726	19,32
16	17 ENTRONQUE	349,5	2272	5,01	1658	9,29	2494	4,57	1637	9,41	2584	4,41	1614	9,55

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50ºC)				Flecha máxima viento (+15ºC+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	103	110,58	116	3,68	148	76,96	119	3,59
1	2	296,18	1103	10,33	1444	7,57	1714	6,65	1524	7,17
2	3	195,72	1109	10,27	1444	3,33	1717	6,63	1524	3,16
3	4	140,95	870	13,09	1145	2,2	1463	7,79	1307	1,93
4	5	287,15	1141	9,98	1497	6,95	1760	6,47	1566	6,64
5	6	301,99	1140	9,99	1497	7,62	1759	6,48	1566	7,28
6	7	272,43	1141	9,98	1497	6,22	1759	6,48	1566	5,95
7	8PAS	219,33	1042	10,93	1367	4,42	1647	6,92	1467	4,12
9PAS	10	388,85	1226	9,29	1603	11,79	3249	6,13	1649	11,46
10	11	361,01	1228	9,28	1603	10,18	1860	6,12	1649	9,9
11	12	376,5	1227	9,28	1603	11,05	3249	6,13	1649	10,74
12	13	369,01	1217	9,36	1591	10,69	1848	6,16	1640	10,37
13	14	316,39	1212	9,4	1591	7,87	1842	6,18	1640	7,64
14	15	392,16	1215	9,37	1591	12,1	1846	6,17	1640	11,74
15	16	515,63	1314	8,67	1706	19,54	1964	5,8	1733	19,24
16	17 ENTRONQUE	349,5	1214	9,38	1563	9,86	1836	6,2	1614	9,54

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	210	54,24	120	3,54	109	104,5	122	3,48
1	2	296,18	2211	5,15	1475	7,41	1553	7,33	2040	5,35
2	3	195,72	2223	5,12	1475	3,26	1562	7,29	2040	2,36
3	4	140,95	1882	6,05	1262	2	1661	6,86	2190	1,15
4	5	287,15	2272	5,01	1518	6,85	1543	7,38	2028	5,13
5	6	301,99	2270	5,02	1518	7,52	1541	7,39	2028	5,62
6	7	272,43	2271	5,02	1518	6,14	1542	7,39	2028	4,59
7	8PAS	219,33	2120	5,37	1417	4,26	1588	7,17	2089	2,89
9PAS	10	388,85	2412	4,72	1606	11,77	1505	7,57	1973	9,57
10	11	361,01	2417	4,71	1606	10,16	1508	7,55	1973	8,27
11	12	376,5	2414	4,72	1606	11,02	1506	7,56	1973	8,97
12	13	369,01	2397	4,75	1597	10,65	1511	7,54	1981	8,58
13	14	316,39	2387	4,77	1597	7,84	1506	7,56	1981	6,32
14	15	392,16	2393	4,76	1597	12,06	1508	7,55	1981	9,71
15	16	515,63	2570	4,43	1700	19,62	1485	7,67	1934	17,23
16	17 ENTRONQUE	349,5	2396	4,75	1571	9,81	1522	7,48	1968	7,82

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-5°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	121	94,13	122	3,5	108	105,46	121	3,51	106	107,45	119	3,58
1	2	296,18	1628	7	1880	5,81	1460	7,8	1918	5,7	1303	8,74	1710	6,39
2	3	195,72	1636	6,96	1880	2,56	1469	7,75	1918	2,51	1311	8,69	1710	2,81
3	4	140,95	1638	6,95	1898	1,33	1492	7,63	1967	1,28	1205	9,45	1587	1,59
4	5	287,15	1635	6,97	1889	5,5	1461	7,8	1921	5,41	1323	8,61	1738	5,98
5	6	301,99	1633	6,97	1889	6,04	1460	7,8	1921	5,94	1322	8,62	1738	6,56
6	7	272,43	1634	6,97	1889	4,93	1461	7,8	1921	4,85	1323	8,61	1738	5,36
7	8PAS	219,33	1635	6,97	1891	3,2	1472	7,74	1936	3,12	1279	8,91	1681	3,59
9PAS	10	388,85	1633	6,97	1882	10,04	1452	7,84	1903	9,93	1359	8,38	1779	10,62
10	11	361,01	1636	6,96	1882	8,67	1455	7,83	1903	8,58	1361	8,37	1779	9,17
11	12	376,5	1634	6,97	1882	9,41	1453	7,84	1903	9,3	1360	8,38	1779	9,95
12	13	369,01	1635	6,97	1884	9,02	1454	7,83	1906	8,92	1356	8,4	1775	9,58
13	14	316,39	1630	6,99	1884	6,65	1450	7,86	1906	6,57	1351	8,43	1775	7,05
14	15	392,16	1633	6,97	1884	10,22	1452	7,84	1906	10,1	1353	8,42	1775	10,84

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-5°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
15	16	515,63	1643	6,93	1882	17,72	1455	7,83	1894	17,6	1399	8,14	1820	18,32
16	17 ENTRONQUE	349,5	1639	6,95	1866	8,25	1462	7,79	1889	8,15	1358	8,39	1753	8,79

OPGW 2

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	180	63,28	121	3,53	213	53,47	122	3,52	222	51,31	122	3,52
1	2	296,18	2159	5,28	1589	6,94	2342	4,86	1564	7,05	2416	4,71	1533	7,19
2	3	195,72	2161	5,27	1589	3,03	2355	4,84	1564	3,08	2428	4,69	1533	3,14
3	4	140,95	1927	5,91	1424	1,72	2076	5,49	1393	1,76	2119	5,38	1352	1,81
4	5	287,15	2200	5,18	1621	6,31	2389	4,77	1597	6,41	2469	4,61	1569	6,52
5	6	301,99	2199	5,18	1621	7,04	2386	4,77	1597	7,14	2467	4,62	1569	7,27
6	7	272,43	2199	5,18	1621	5,71	2387	4,77	1597	5,79	2468	4,62	1569	5,9
7	8PAS	219,33	2092	5,44	1543	3,89	2266	5,03	1516	3,96	2331	4,89	1482	4,05
9PAS	10	388,85	2298	4,96	1687	11,23	2503	4,55	1668	11,37	2598	4,38	1645	11,52
10	11	361,01	2299	4,95	1687	9,67	2508	4,54	1668	9,79	2602	4,38	1645	9,92
11	12	376,5	2298	4,96	1687	10,54	2505	4,55	1668	10,66	2600	4,38	1645	10,81
12	13	369,01	2287	4,98	1681	10,16	2492	4,57	1660	10,29	2584	4,41	1637	10,44
13	14	316,39	2281	4,99	1681	7,45	2482	4,59	1660	7,54	2574	4,43	1637	7,65
14	15	392,16	2286	4,98	1681	11,45	2487	4,58	1660	11,59	2580	4,41	1637	11,75
15	16	515,63	2404	4,74	1756	18,95	2630	4,33	1741	19,11	2742	4,15	1725	19,29
16	17 ENTRONQUE	349,5	2271	5,02	1657	9,27	2493	4,57	1636	9,39	2583	4,41	1613	9,53

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	103	110,58	116	3,71	148	76,96	119	3,61
1	2	296,18	1104	10,32	1445	7,63	1716	6,64	1525	7,23
2	3	195,72	1110	10,26	1445	3,33	1719	6,63	1525	3,16



3	4	140,95	864	13,18	1138	2,15	1458	7,81	1302	1,88
4	5	287,15	1140	9,99	1495	6,84	1759	6,48	1565	6,54
5	6	301,99	1139	10	1495	7,63	1758	6,48	1565	7,29
6	7	272,43	1139	10	1495	6,19	1758	6,48	1565	5,91
7	8PAS	219,33	1040	10,95	1365	4,39	1644	6,93	1465	4,09
9PAS	10	388,85	1227	9,28	1603	11,82	3249	6,13	1649	11,5
10	11	361,01	1229	9,27	1603	10,18	1860	6,12	1649	9,9
11	12	376,5	1227	9,28	1603	11,09	3249	6,13	1649	10,79
12	13	369,01	1217	9,36	1592	10,73	1848	6,16	1640	10,41
13	14	316,39	1212	9,4	1592	7,87	1843	6,18	1640	7,63
14	15	392,16	1215	9,37	1592	12,09	1847	6,17	1640	11,73
15	16	515,63	1313	8,67	1706	19,51	1964	5,8	1732	19,21
16	17 ENTRONQUE	349,5	1213	9,39	1562	9,84	1835	6,21	1614	9,52

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	210	54,24	120	3,56	109	104,5	122	3,51
1	2	296,18	2213	5,15	1476	7,47	1551	7,34	2038	5,41
2	3	195,72	2225	5,12	1476	3,26	1560	7,3	2038	2,36
3	4	140,95	1875	6,07	1258	1,94	1664	6,84	2195	1,11
4	5	287,15	2270	5,02	1517	6,75	1543	7,38	2029	5,04
5	6	301,99	2267	5,02	1517	7,52	1541	7,39	2029	5,62
6	7	272,43	2268	5,02	1517	6,1	1542	7,39	2029	4,56
7	8PAS	219,33	2117	5,38	1415	4,24	1588	7,17	2089	2,87
9PAS	10	388,85	2413	4,72	1607	11,8	1505	7,57	1973	9,6
10	11	361,01	2418	4,71	1607	10,16	1508	7,55	1973	8,27
11	12	376,5	2415	4,72	1607	11,07	1506	7,56	1973	9,01
12	13	369,01	2397	4,75	1597	10,7	1511	7,54	1981	8,62
13	14	316,39	2387	4,77	1597	7,84	1506	7,56	1981	6,32
14	15	392,16	2393	4,76	1597	12,05	1508	7,55	1981	9,71
15	16	515,63	2569	4,43	1700	19,58	1485	7,67	1934	17,19
16	17 ENTRONQUE	349,5	2396	4,75	1571	9,78	1522	7,48	1968	7,8

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-5°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
SET Guadarrama III	1	56,57	121	94,13	122	3,52	108	105,46	121	3,54	106	107,45	119	3,6
1	2	296,18	1628	7	1880	5,86	1460	7,8	1917	5,75	1304	8,73	1711	6,44

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-5°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
2	3	195,72	1635	6,97	1880	2,56	1468	7,76	1917	2,51	1311	8,69	1711	2,81
3	4	140,95	1639	6,95	1900	1,29	1494	7,62	1970	1,24	1202	9,48	1584	1,54
4	5	287,15	1635	6,97	1889	5,42	1461	7,8	1921	5,32	1323	8,61	1738	5,89
5	6	301,99	1633	6,97	1889	6,04	1460	7,8	1921	5,94	1322	8,62	1738	6,56
6	7	272,43	1634	6,97	1889	4,9	1461	7,8	1921	4,82	1323	8,61	1738	5,32
7	8PAS	219,33	1634	6,97	1890	3,17	1471	7,74	1935	3,1	1279	8,91	1680	3,57
9PAS	10	388,85	1633	6,97	1882	10,07	1452	7,84	1903	9,96	1359	8,38	1779	10,65
10	11	361,01	1635	6,97	1882	8,67	1455	7,83	1903	8,58	1361	8,37	1779	9,17
11	12	376,5	1634	6,97	1882	9,45	1453	7,84	1903	9,35	1360	8,38	1779	10
12	13	369,01	1635	6,97	1884	9,07	1454	7,83	1906	8,96	1356	8,4	1775	9,62
13	14	316,39	1630	6,99	1884	6,65	1450	7,86	1906	6,57	1351	8,43	1775	7,05
14	15	392,16	1633	6,97	1884	10,21	1452	7,84	1906	10,09	1353	8,42	1775	10,84
15	16	515,63	1643	6,93	1881	17,68	1455	7,83	1894	17,56	1398	8,15	1819	18,29
16	17 ENTRONQUE	349,5	1639	6,95	1866	8,23	1463	7,79	1890	8,13	1358	8,39	1753	8,76

6.6. TABLA DE REGULACIÓN

TABLA DE REGULACIÓN PARA EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 1

	Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
			Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
Apoyo SET Guadarrama III a Apoyo 1	56,56	53,25	92,05	3,51	91,51	3,53	91,3	3,54	90,75	3,56	90,54	3,57	90	3,59	89,46	3,61	89,25	3,62	88,7	3,64	88,49	3,65	87,95	3,67	87,74	3,68
Apoyo 1 a Apoyo 2	295,53	259,93	1630,15	5,08	1578,02	5,24	1529,41	5,41	1483,14	5,58	1439,21	5,75	1398,87	5,92	1359,68	6,09	1322,26	6,26	1287,24	6,43	1254,01	6,6	1222,59	6,77	1192,97	6,94
Apoyo 2 a Apoyo 3	195,66	259,93	1630,15	2,23	1578,02	2,31	1529,41	2,38	1483,14	2,46	1439,21	2,53	1398,87	2,6	1359,68	2,68	1322,26	2,75	1287,24	2,83	1254,01	2,9	1222,59	2,98	1192,97	3,05
Apoyo 3 a Apoyo 4	142,05	142,03	1776,24	1,08	1689,44	1,13	1602,29	1,19	1522,1	1,26	1444,06	1,32	1368,19	1,4	1299,43	1,47	1232,91	1,55	1171,13	1,63	1114,13	1,72	1060,71	1,8	1012,14	1,89
Apoyo 4 a Apoyo 5	288,32	288,44	1614,02	4,88	1569,14	5,02	1526,61	5,16	1485,21	5,3	1447,4	5,44	1410,74	5,58	1375,87	5,72	1343,39	5,86	1311,48	6,01	1281,98	6,14	1253,68	6,28	1226,58	6,42
Apoyo 5 a Apoyo 6	301,99	288,44	1614,02	5,35	1569,14	5,51	1526,61	5,66	1485,21	5,82	1447,4	5,97	1410,74	6,12	1375,87	6,28	1343,39	6,43	1311,48	6,59	1281,98	6,74	1253,68	6,89	1226,58	7,04
Apoyo 6 a Apoyo 7	272,88	288,44	1614,02	4,37	1569,14	4,5	1526,61	4,62	1485,21	4,75	1447,4	4,87	1410,74	5	1375,87	5,13	1343,39	5,25	1311,48	5,38	1281,98	5,5	1253,68	5,63	1226,58	5,75
Apoyo 7 a Apoyo 8PAS	219,76	219,65	1681,47	2,72	1618,55	2,83	1557,88	2,94	1500,7	3,05	1447,04	3,16	1396,91	3,28	1349,13	3,39	1303,69	3,51	1261,86	3,63	1221,18	3,75	1184,14	3,86	1149,51	3,98
Apoyo 9PAS a Apoyo 10	388,56	375,54	1548,21	9,24	1519,03	9,42	1491,04	9,6	1464,23	9,77	1438,61	9,95	1413,57	10,12	1390,35	10,29	1367,09	10,47	1345,66	10,64	1324,2	10,81	1303,95	10,98	1284,3	11,14
Apoyo 10 a Apoyo 11	361,01	375,54	1548,21	7,98	1519,03	8,14	1491,04	8,29	1464,23	8,44	1438,61	8,59	1413,57	8,74	1390,35	8,89	1367,09	9,04	1345,66	9,19	1324,2	9,33	1303,95	9,48	1284,3	9,62
Apoyo 11 a Apoyo 12	376,08	375,54	1548,21	8,66	1519,03	8,83	1491,04	8,99	1464,23	9,16	1438,61	9,32	1413,57	9,49	1390,35	9,64	1367,09	9,81	1345,66	9,96	1324,2	10,13	1303,95	10,28	1284,3	10,44
Apoyo 12 a Apoyo 13	368,59	363,14	1556,95	8,27	1525,96	8,44	1496,15	8,61	1468,13	8,77	1440,68	8,94	1414,42	9,1	1389,97	9,26	1365,49	9,43	1342,82	9,59	1320,75	9,75	1299,27	9,91	1279	10,07
Apoyo 13 a Apoyo 14	316,39	363,14	1556,95	6,09	1525,96	6,21	1496,15	6,34	1468,13	6,46	1440,68	6,58	1414,42	6,7	1389,97	6,82	1365,49	6,95	1342,82	7,06	1320,75	7,18	1299,27	7,3	1279	7,42
Apoyo 14 a Apoyo 15	392,2	363,14	1556,95	9,36	1525,96	9,55	1496,15	9,74	1468,13	9,93	1440,68	10,12	1414,42	10,31	1389,97	10,49	1365,49	10,68	1342,82	10,86	1320,75	11,04	1299,27	11,22	1279	11,4
Apoyo 15 a Apoyo 16	515,9	515,67	1497,01	16,86	1480,88	17,05	1465,05	17,23	1449,52	17,42	1434,89	17,6	1420,25	17,78	1405,91	17,96	1392,17	18,14	1378,43	18,32	1365,28	18,5	1352,44	18,67	1339,9	18,85
Apoyo 16 a Apoyo 17 ENTRONQUE	349,74	347,43	1548,68	7,53	1515,85	7,7	1484,8	7,86	1454,93	8,02	1426,86	8,18	1399,35	8,34	1373,05	8,5	1348,55	8,65	1324,02	8,81	1301,31	8,97	1279,2	9,12	1258,29	9,27

TABLA DE REGULACIÓN PARA EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 2

	Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
			Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
Apoyo SET Guadarrama III a Apoyo 1	56,77	53,48	92,04	3,53	91,5	3,55	91,29	3,56	90,74	3,58	90,53	3,59	89,99	3,61	89,45	3,63	89,24	3,64	88,7	3,67	88,48	3,67	88,11	3,69	87,73	3,71
Apoyo 1 a Apoyo 2	296,83	260,95	1628,92	5,12	1576,79	5,29	1529,4	5,46	1483,13	5,63	1439,2	5,8	1398,86	5,97	1359,67	6,14	1322,87	6,31	1287,85	6,48	1255,24	6,65	1223,81	6,82	1194,19	6,99
Apoyo 2 a Apoyo 3	195,79	260,95	1628,92	2,24	1576,79	2,31	1529,4	2,38	1483,13	2,46	1439,2	2,53	1398,86	2,61	1359,67	2,68	1322,87	2,76	1287,85	2,83	1255,24	2,91	1223,81	2,98	1194,19	3,05
Apoyo 3 a Apoyo 4	139,84	139,82	1778,66	1,04	1691,87	1,09	1604,73	1,15	1522,12	1,22	1444,08	1,28	1368,2	1,35	1296,98	1,43	1230,45	1,51	1168,67	1,58	1110,42	1,67	1056,99	1,75	1007,16	1,84
Apoyo 4 a Apoyo 5	285,98	287,41	1614,03	4,8	1569,16	4,94	1526,62	5,08	1485,83	5,21	1447,41	5,35	1410,76	5,49	1375,27	5,63	1342,18	5,77	1311,49	5,91	1281,38	6,05	1252,46	6,19	1225,97	6,32
Apoyo 5 a Apoyo 6	301,99	287,41	1614,03	5,35	1569,16	5,51	1526,62	5,66	1485,83	5,81	1447,41	5,97	1410,76	6,12	1375,27	6,28	1342,18	6,44	1311,49	6,59	1281,38	6,74	1252,46	6,9	1225,97	7,05
Apoyo 6 a Apoyo 7	271,98	287,41	1614,03	4,34	1569,16	4,47	1526,62	4,59	1485,83	4,72	1447,41	4,84	1410,76	4,97	1375,27	5,1	1342,18	5,22	1311,49	5,34	1281,38	5,47	1252,46	5,6	1225,97	5,72

	Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
			Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
Apoyo 7 a Apoyo 8PAS	218,9	218,79	1681,48	2,7	1618,56	2,81	1557,89	2,91	1500,71	3,03	1447,05	3,14	1395,7	3,25	1347,91	3,37	1302,47	3,49	1260,64	3,6	1219,96	3,72	1182,91	3,84	1147,65	3,96
Apoyo 9PAS a Apoyo 10	389,14	376,04	1547,59	9,27	1519,02	9,45	1491,03	9,63	1464,22	9,8	1438,6	9,98	1414,18	10,15	1390,34	10,32	1367,7	10,5	1345,65	10,67	1324,81	10,84	1304,56	11	1284,91	11,17
Apoyo 10 a Apoyo 11	361,01	376,04	1547,59	7,99	1519,02	8,14	1491,03	8,29	1464,22	8,44	1438,6	8,59	1414,18	8,74	1390,34	8,89	1367,7	9,04	1345,65	9,19	1324,81	9,33	1304,56	9,48	1284,91	9,62
Apoyo 11 a Apoyo 12	376,93	376,04	1547,59	8,7	1519,02	8,87	1491,03	9,03	1464,22	9,2	1438,6	9,36	1414,18	9,52	1390,34	9,69	1367,7	9,85	1345,65	10,01	1324,81	10,17	1304,56	10,33	1284,91	10,48
Apoyo 12 a Apoyo 13	369,44	363,4	1556,95	8,31	1525,96	8,48	1496,14	8,65	1468,12	8,81	1440,67	8,98	1415,03	9,14	1389,96	9,31	1366,1	9,47	1342,82	9,63	1320,74	9,8	1299,26	9,96	1278,99	10,12
Apoyo 13 a Apoyo 14	316,39	363,4	1556,95	6,09	1525,96	6,21	1496,14	6,34	1468,12	6,46	1440,67	6,58	1415,03	6,7	1389,96	6,82	1366,1	6,94	1342,82	7,06	1320,74	7,18	1299,26	7,3	1278,99	7,42
Apoyo 14 a Apoyo 15	392,11	363,4	1556,95	9,36	1525,96	9,55	1496,14	9,74	1468,12	9,92	1440,67	10,11	1415,03	10,3	1389,96	10,48	1366,1	10,67	1342,82	10,85	1320,74	11,03	1299,26	11,22	1278,99	11,39
Apoyo 15 a Apoyo 16	515,35	515,11	1497,33	16,82	1481,2	17,01	1465,37	17,19	1449,53	17,38	1434,91	17,56	1420,27	17,74	1405,93	17,92	1391,88	18,1	1378,44	18,28	1365,3	18,46	1352,46	18,63	1339,92	18,81
Apoyo 16 a Apoyo 17 ENTRONQUE	349,27	346,96	1548,69	7,51	1515,86	7,67	1484,81	7,84	1454,94	8	1426,86	8,15	1399,36	8,31	1373,05	8,47	1347,94	8,63	1324,03	8,79	1301,32	8,94	1279,21	9,1	1257,68	9,25

7. CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

Estos cálculos incluyen para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor y cable transmiten a la cruceta y a la cúpula de fibra óptica y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo.

Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal, transversal, vertical).

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las establecidas en las tablas 5 a 8 de la ITC-07 del RLAT siendo las siguientes:

- Hipótesis normales
- Hipótesis anormales

7.1. HIPÓTESIS NORMALES

Las hipótesis normales para considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas según la zona de aplicación B son las indicadas en la siguiente tabla:

Tipo de apoyo	Zona B	
	Viento	Viento + Hielo
Suspensión en alineación	Cargas permanentes Viento Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B Temperatura -15°C
Amarre en alineación	Cargas permanentes Viento Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B Temperatura -15°C
Amarre en ángulo	Cargas permanentes Viento Resultante del ángulo Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B Resultante del ángulo Temperatura -15°C
Anclaje en alineación	Cargas permanentes Viento Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B Temperatura -15°C
Anclaje en ángulo	Cargas permanentes Viento Resultante del ángulo Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B Resultante del ángulo Temperatura -15°C
Fin de línea	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B

Tipo de apoyo	Zona B	
	Viento Des. de tracciones Temperatura -10°C	Viento + Hielo Des. de tracciones Temperatura -15°C

Se definen:

- V = Esfuerzo Vertical
- L = Esfuerzo Longitudinal
- T = Esfuerzo Transversal

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,5 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas respecto al límite de fluencia.

Estos coeficientes de seguridad se aumentan un 25 % en aquellos apoyos que intervienen en cruzamientos según se describe en el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07 del RLEAT.

7.1.1. ESFUERZOS VERTICALES

Teoría del Gravivano

El cálculo de los esfuerzos verticales que conductores y cables transmiten a las crucetas y a la cúpula de fibra óptica se realiza mediante la teoría del Gravivano.

Se denomina gravivano a la longitud de vano que hay que considerar para determinar los esfuerzos verticales que debido a los pesos aparentes de conductores y cables se transmiten al apoyo.

Dicha longitud viene determinada por la distancia horizontal que existe entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo (ag).

El vértice de la catenaria modifica su situación con respecto a cada apoyo en función del parámetro de la catenaria, que varía con la temperatura y con el coeficiente de sobrecarga de cada hipótesis.

Para cada hipótesis normal y para cada apoyo se determina el valor del gravivano del conductor y cable de fibra óptica.

Adicionalmente también se calcula el gravivano del conductor para la hipótesis de mínima flecha con el objeto de evitar el posible ahorcamiento en las cadenas de suspensión.

En el dibujo se pueden observar los tramos de la catenaria que intervienen en la determinación del gravivano de un apoyo.

En los apoyos de anclaje se tendrá presente la diferencia del parámetro de la catenaria en cada semigravivano.

$$a_g = a_{g1} + a_{g2} \text{ (m)}$$

$$a_{g1} = a_1 - H_1 \left(\frac{\arg th \frac{\left(ch \frac{a_1}{H_1} \right) - 1}{sh \frac{a_1}{H_1}} - \arg sh \frac{\frac{b_1}{H_1}}{\sqrt{sh^2 \frac{a_1}{H_1} - \left(\left(ch \frac{a_1}{H_1} \right) - 1 \right)^2}}}{\right)}$$

$$a_{g2} = H_2 \left(\frac{\arg th \frac{\left(ch \frac{a_2}{H_2} \right) - 1}{sh \frac{a_2}{H_2}} - \arg sh \frac{\frac{b_2}{H_2}}{\sqrt{sh^2 \frac{a_2}{H_2} - \left(\left(ch \frac{a_2}{H_2} \right) - 1 \right)^2}}}{\right)}$$

Siendo el criterio de signos para b_1 y b_2 el siguiente:

- $b_1 > 0$ si $y_{b1} - y_{a1} > 0$
- $b_1 < 0$ si $y_{b1} - y_{a1} < 0$
- $b_2 > 0$ si $y_{b2} - y_{a2} > 0$
- $b_2 < 0$ si $y_{b2} - y_{a2} < 0$

Conocido el gravivano se determinan los esfuerzos verticales que el conductor y el cable transmiten sobre cruceta y cúpula de fibra óptica respectivamente.

$$P = P_A + P_B \quad (\text{daN})$$

$$P = p_a \left(H_1 sh \frac{a_{g1}}{H_1} + H_2 sh \frac{a_{g2}}{H_2} \right) \quad (\text{daN})$$

siendo:

- P Esfuerzo vertical que el cable o conductor transmite a la cruceta o cúpula de fibra óptica (daN)
- P_A Esfuerzo vertical que el cable o conductor del vano anterior al apoyo transmite a la cruceta o cúpula de fibra óptica (daN)
- P_B Esfuerzo vertical que el cable o conductor del vano posterior al apoyo transmite a la cruceta o cúpula de fibra óptica (daN)
- p_a Peso aparente del cable o conductor (daN/m)

- a_g Gravivano del cable o conductor (m)
- H_1 Parámetro de la catenaria del cable o conductor en el vano anterior al apoyo (m)
- H_2 Parámetro de la catenaria del cable o conductor en el vano posterior al apoyo (m)

Cargas Permanentes

De acuerdo con el apartado 3.1.1 de la ITC-07 del RLEAT se consideran como cargas permanentes las cargas verticales debidas al peso propio de conductores, cables de fibra óptica, aisladores y herrajes, apoyos y cimentaciones.

Fuerzas del Viento sobre los Componentes de las Líneas Aéreas

De acuerdo con el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del RLEAT se considera un viento de 120km/h que se supone horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

Sobrecargas motivadas por el viento

De acuerdo con el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del RLEAT los conductores y cables se consideran sometidos a una sobrecarga horizontal transversal por viento por unidad de longitud, cuyo valor será:

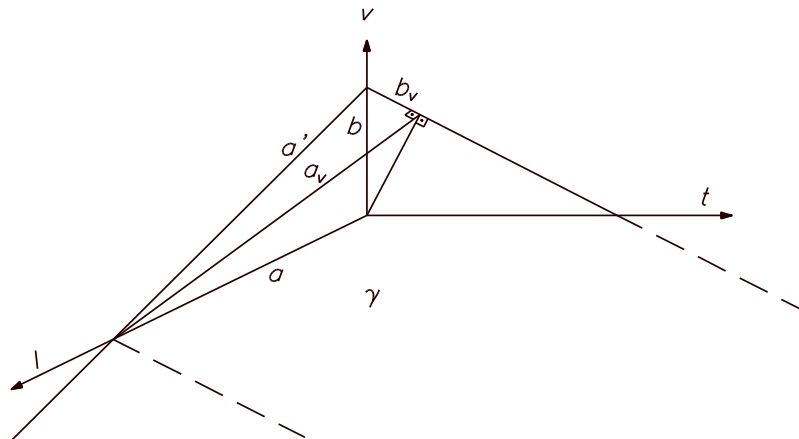
$$p_v = q d 10^{-3} \quad (\text{daN/m})$$

siendo:

- d Diámetro del conductor o cable (mm)
- q Presión de viento
- $q = 60 \left(\frac{v}{120} \right)^2$ para conductores $d < 16\text{mm}$
- $q = 50 \left(\frac{v}{120} \right)^2$ para conductores $d > 16\text{mm}$

Al no ser las fuerzas debidas al viento por unidad de longitud coplanarias con el plano vertical, la catenaria se sitúa en el plano resultante de las fuerzas (γ).

Para poder aplicar la teoría del gravivano habrá que considerar las proyecciones de a y b sobre el plano que contiene a la catenaria (γ).



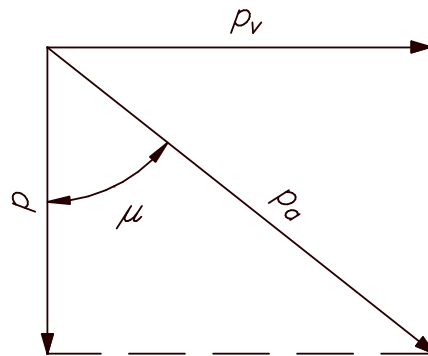
$$b_v = b \cos(\mu) \quad (\text{m})$$

$$a_v = \sqrt{a'^2 - b_v^2} = \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{sen}^2(\mu)} \quad (\text{m})$$

$$\mu = \operatorname{tag}^{-1}\left(\frac{p_v}{p}\right)$$

$$a' = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (\text{m})$$

Siendo:



- b_v Proyección de b sobre el plano que contiene la catenaria (m)
- a_v Proyección de a sobre el plano que contiene la catenaria (m)

Una vez aplicada la teoría del gravivano para referenciar el valor del esfuerzo vertical en el sistema de coordenadas principal se proyecta el valor del mismo sobre el plano vertical.

$$P = P' \cos(\mu) \quad (\text{daN})$$

donde:

- P' Esfuerzo vertical que el conductor o cable transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica referido al sistema de coordenadas secundario (plano que contiene la catenaria) (daN).
- P Esfuerzo vertical que el conductor o cable transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica referido al sistema de coordenadas principal (plano vertical) (daN).

Sobrecargas motivadas por el hielo

De acuerdo con el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, para Zona B, los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $0,18 \times \sqrt{d}$ daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.

7.1.2. ESFUERZOS HORIZONTALES, LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Teoría del Eolovano

Para el cálculo de los esfuerzos horizontales transversales (F_t) que los conductores y cables transmiten a las crucetas y a la cúpula de fibra óptica se emplea la teoría del eolovano.

Se define el eolovano como la longitud de vano horizontal a considerar para la determinación del esfuerzo transversal que, debido a la acción del viento, los conductores y cables transmiten al apoyo. Esta longitud queda determinada por la semisuma de los dos vanos contiguos al apoyo.

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (\text{m})$$

Siendo:

- a_v Longitud del eolovano medido en la dirección longitudinal (m)
- a_1 Longitud del vano anterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m)
- a_2 Longitud del vano posterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m)

Apoyos de alineación con cadena de suspensión y amarre

a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor o cable de fibra óptica, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 5 y 6, de la ITC-LAT 07 del RLEAT mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = p_v \cdot a_v \quad (\text{daN})$$

siendo:

- a_v Longitud del eolovano medido en la dirección longitudinal (m)
- p_v Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m)

b) Hipótesis del hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, serán nulos.

$$F_t = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

En líneas de categoría especial será preciso considerar el esfuerzo transversal creado por el viento sobre los conductores:

$$F_t = n \cdot P_{v60} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot (\text{daN})$$

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

siendo,

- P_{v60} : Presión del viento sobre los conductores a la velocidad 60 km/h (daN/m²)
- d : Diámetro del conductor (m)
- a_1 : Longitud del vano anterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).
- a_2 : Longitud del vano posterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).
- n : Número de subconductores del haz

A su vez, se tendrá en cuenta, el manguito de hielo, por lo que la acción del viento sobre el conductor rodeado de hielo es, para diámetros menores o iguales a 16 mm:

$$P_v = 60 \left(\frac{v_v}{120} \right)^2 (d + 2e) \quad (\text{daN/m})$$

Para conductores de mayores diámetros:

$$P_v = 50 \left(\frac{v_v}{120} \right)^2 (d + 2e) \quad (\text{daN/m})$$

Siendo V_v la velocidad del viento 60 km/h y “e” el espesor del manguito de hielo, que viene dado por:

$$e = -r + \sqrt{r^2 + \frac{240 \cdot \sqrt{2} \cdot r}{\pi}} \text{ (mm)}$$

donde:

- r : radio del conductor expresado en milímetros.

Apoyos de ángulo con cadena de amarre y anclaje,

a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de fibra óptica, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 5 y 6, de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \left(p_v \frac{a_1 + a_2}{2} \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| + 2 \max[T_{0v1}, T_{0v2}] \left| \sin \frac{\alpha}{2} \right| \right) \quad (\text{daN})$$

siendo:

- n Número de subconductores del haz
- T_{0v1}, T_{0v2} Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de viento en los vanos anterior y posterior al apoyo (daN).
- p_v Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m)
- a_1 Longitud del vano anterior al apoyo medida en la dirección longitudinal (m)
- a_2 Longitud del vano posterior al apoyo medida en la dirección longitudinal (m)
- α Ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones

b) Hipótesis del hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinarán, de acuerdo con el apartado. 3.1.3 y 3.1.6 de la ITC 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \cdot 2 \max [T_{0h1}, T_{0h2}] \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{daN})$$

siendo:

- $T_{0h1} T_{0h2}$ Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo en los vanos anterior y posterior al apoyo, a -15 °C en zona B y -20°C en zona C (daN/m).
- n Número de subconductores del haz

En líneas de categoría especial será preciso considerar el esfuerzo transversal creado por el viento sobre los conductores teniendo presente el manguito de hielo:

$$F_l = 0 \text{ (daN)}$$

$$F_t = n \cdot \left(2 \cdot \max [T_{0h+v1}, T_{0h+v2}] \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + P_{v60} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right) \text{ (daN)}$$

siendo,

- $T_{0h+v1} T_{0h+v2}$ Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo (según zona) más viento a 60 km/h en los vanos anterior y posterior al apoyo, a -15 °C en zona B y -20°C en zona C (daN/m).
- P_{v60} Presión del viento a 60 km/h sobre los conductores (daN/m²)
- a_1 Longitud del vano anterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).
- a_2 Longitud del vano posterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).
- n Número de subconductores del haz

Apoyos de Fin de Línea

a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de fibra óptica, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 6, de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = T_{0v} \quad \text{(daN)}$$

$$F_t = p_v \frac{a_1}{2} \text{ (daN)}$$

siendo:

- T_{0v} Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de viento (N)

- p_v Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m)
- a_1 Longitud del vano del apoyo medido en la dirección longitudinal (m)

b) Hipótesis del hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) y transversales (F_t) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinarán, de acuerdo con el apartado 3.1.3 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = n \cdot T_{0h} \quad (\text{daN})$$

$$F_t = 0 \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T_{0h} Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo
- n Número de subconductores del haz

En líneas de categoría especial será preciso considerar el esfuerzo transversal creado por el viento sobre los conductores:

$$F_l = n \cdot T_{0h+v} \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \cdot P_{v60} \cdot a_l \quad (\text{daN})$$

siendo,

- T_{0h+v} Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo más viento a 60 km/h, a -15 °C (daN/m).
- P_{v60} Presión del viento a 60 km/h sobre los conductores (daN/m²)
- a_l Longitud del vano anterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).
- n Número de subconductores del haz

7.1.3. ESFUERZOS EQUIVALENTE EN EL APOYO

Los distintos esfuerzos que los conductores y cables de fibra óptica transmiten al apoyo en las hipótesis normales pueden representarse mediante un único esfuerzo aplicado en un punto del mismo (x_{equi} , y_{equi}) en donde las distintas componentes de este esfuerzo se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$F_{l\ equi} = \frac{\sum_1^n F_{li} y_i}{y_{equi}} \quad (\text{daN})$$

$$F_{t\text{ equi}} = \frac{\sum_1^n F_{ti}y_i + F_{vi}x_i}{y_{\text{equi}}} \quad (\text{daN})$$

$$F_{v\text{ equi}} = \sum_1^n F_{vi} \quad (\text{daN})$$

donde:

$F_{l\text{ equi}}$: Componente longitudinal del esfuerzo equivalente (daN)

$F_{t\text{ equi}}$: Componente transversal del esfuerzo equivalente (daN)

$F_{v\text{ equi}}$: Componente vertical del esfuerzo equivalente (daN)

7.2. HIPÓTESIS ANORMALES

Las hipótesis anormales a considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas son las indicadas en la siguiente tabla:

Tipo de apoyo	Zona B	
	Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores
Suspensión en alineación	Cargas permanentes Hielo zona b Des. De tracciones Temperatura -15°C	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Temperatura -15°C
Amarre en alineación	Cargas permanentes Hielo zona b Des. De tracciones Temperatura -15°C	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Temperatura -15°C
Amarre en ángulo	Cargas permanentes Hielo zona b Des. De tracciones Resultante de ángulo Temperatura -15°C	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Resultante de ángulo Temperatura -15°C
Anclaje en alineación	Cargas permanentes Hielo zona b Des. De tracciones Temperatura -15°C	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Temperatura -15°C
Anclaje en ángulo	Cargas permanentes Hielo zona b Des. De tracciones Resultante de ángulo Temperatura -15°C	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Resultante de ángulo Temperatura -15°C
Fin de línea	-	Cargas permanentes Hielo zona b Rotura De conductores Temperatura -15°C

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,2 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas respecto al límite de fluencia.

7.2.1. ESFUERZOS VERTICALES

Los esfuerzos verticales para hipótesis anormales se calculan con el mismo procedimiento indicado en el apartado anterior, teniendo en cuenta que para la hipótesis de rotura de conductor se considerará que el conductor o cable de fibra óptica roto no ejerce esfuerzo vertical, El resto de los conductores se calculará con el mismo gravitativo que las hipótesis anteriores.

7.2.2. ESFUERZOS HORIZONTALES INDIVIDUALES

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión

a) Desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) que cada conductor o cable de fibra óptica, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.4.1 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = 0,15 T_0 \quad (\text{daN})$$

Siendo:

- T_0 Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en la citada hipótesis (daN).

Este esfuerzo se considera distribuido a lo largo del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de fibra óptica.

b) Rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) que, debidos a la rotura de un conductor o cable de fibra óptica, se transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3,1,5,1 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = 0,5 T_0 \quad (\text{daN})$$

Siendo:

- T_0 Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable (daN),

En apoyos de ángulo con cadena de suspensión se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

Apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre

a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) que cada conductor o cable de fibra óptica, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica se determinan, de acuerdo con el apartado 3,1,4,2 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = n \cdot 0,25 \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN})$$

Siendo:

- $T_{01}T_{02}$: Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN)
- n Número de subconductores del haz

Este esfuerzo se considera distribuido a lo largo del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de fibra óptica.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido al mismo.

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) que, debidos a la rotura de un conductor o cable de fibra óptica, se transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3,1,5,2 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_l = \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN})$$

Siendo:

- $T_{01}T_{02}$: Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

Apoyos de Anclaje

a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_l) que cada conductor o cable de fibra óptica, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.4.3 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = 0,5 \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T_{01}, T_{02} Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

Este esfuerzo se considera distribuido a lo largo del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de fibra óptica.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido a esta circunstancia.

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_I) que, debidos a la rotura de un conductor o cable de fibra óptica, se transmiten a la cruceta o cúpula de fibra óptica, se determinan, de acuerdo con el apartado 3,1,5,3 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN}) \text{ para } n' = 1 \text{ conductores normales}$$

$$F_I = \max [T_{01}, T_{02}] n' 50\% \quad (\text{daN}) \text{ para } n' > 1 \text{ conductores en haz}$$

Siendo:

- T_{01}, T_{02} Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).
- n' Número de conductores por fase

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

Apoyos de Fin de Línea

a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

En apoyos fin de línea no se considera la hipótesis.

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales (F_I) que, debidos a la rotura de un conductor, serán los mismos que en el apartado anterior, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda:

$$F_I = T_0 n' \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T_0 Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable (daN),
- n' Número de conductores por fase

7.2.3. ESFUERZOS EQUIVALENTE EN EL APOYO

Desequilibrio de Tracciones

Los distintos esfuerzos que los conductores y cable de fibra óptica transmiten al apoyo en la hipótesis de desequilibrio de tracciones pueden representarse mediante un único esfuerzo aplicado en un punto del mismo (x_{equi} , y_{equi}) en donde las distintas componentes de este esfuerzo se calcularán según lo establecido en el apartado anterior.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido a esta circunstancia.

Rotura de Conductores

La sollicitación que la rotura de un conductor transmite al apoyo se representa mediante un momento torsor en la dirección del eje vertical y un esfuerzo vertical aplicado en un punto del mismo (x_{equi} , y_{equi}) calculados según las siguientes expresiones:

$$M_{t\ equi} = F_{li} x_i \text{ (daN m)}$$

$$F_{v\ equi} = \sum_1^n F_{vi} \text{ (daN)}$$

El momento torsor se representa mediante un esfuerzo aplicado en un punto del apoyo a una distancia d del eje vertical, El valor de este esfuerzo equivalente se calcula según la siguiente expresión:

$$F_{l\ equi} = \frac{M_{t\ equi}}{d} \text{ (daN)}$$

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

7.3. TABLAS DE RESULTADOS

A continuación, se reflejan los resultados obtenidos para en el cálculo mecánico de apoyos.



SOLITACIONES EN CRUCETA

Hipótesis 1

N º Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H1 CONDUCTOR			H1 OPGW-1			H1 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)	Vc res (daN)	Vt res (daN)	Vc/Vc res (%)	Vt/Vt res (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)							
1	IC-55000-20-S1333-FL	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	974	1883	6126	134	610	2137	133	621	2132	29527	56040	52,69%	5000	3000	19,48%	4,47%
2	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1604	874	19	470	280	7	470	279	7	3252	9855	33,00%	2000	1500	80,20%	31,33%
3	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	434	879	240	-136	279	138	-135	290	133	4197	19280	21,77%	2000	1500	21,70%	-9,00%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	1097	4954	177	158	1715	194	159	1732	193	19227	40115	47,93%	3000	2000	36,57%	7,95%
5	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1044	1027	2	260	332	0	260	333	0	3752	9855	38,07%	2000	1500	52,20%	17,33%
6	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	726	1004	2	181	322	0	182	322	0	3662	9855	37,16%	2000	1500	36,30%	12,13%
7	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1490	2831	147	301	968	75	301	958	74	11009	19280	57,10%	2000	1500	74,50%	20,07%
10	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1469	1380	11	432	424	1	432	423	1	5022	9855	50,96%	2000	1500	73,45%	28,80%
11	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	960	1286	3	251	414	1	251	413	1	4696	9855	47,65%	2000	1500	48,00%	16,73%
12	CO-18000-21-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1154	3183	3	156	1087	5	155	1087	5	11742	19280	60,90%	2000	1500	57,70%	10,40%
13	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1177	1195	1	332	385	0	332	384	0	4357	9855	44,21%	2000	1500	58,85%	22,13%
14	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	984	1233	1	262	397	0	262	397	0	4496	9855	45,62%	2000	1500	49,20%	17,47%
15	CO-27000-30-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1460	1775	71	263	579	62	263	580	62	6821	24645	27,68%	2000	1500	73,00%	17,53%
16	CO-18000-33-S1666-AM	ÁNGULO-AMARRE	1153	2509	211	132	861	108	133	854	108	10091	19280	52,34%	2000	1500	57,65%	8,87%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	ENTRONQUE	543	1014	11353	419	397	1	419	397	1	42286	69835	60,55%	5000	3000	38,20%	13,97%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	528	463	6529	11	143	2263	11	132	2264	25778	40115	64,26%	3000	2000	17,60%	0,55%
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	756	1247	6744	99	419	2396	99	412	2396	29596	40115	73,78%	3000	2000	25,20%	4,95%

Hipótesis 2

N º Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H2 CONDUCTOR			H2 OPGW-1			H2 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)	Vc res (daN)	Vt res (daN)	Vc/Vc res (%)	Vt/Vt res (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)							
1	IC-55000-20-S1333-FL	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	1307	1544	6355	270	541	2329	269	555	2325	29447	58460	50,37%	5000	3000	26,14%	9,00%
2	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2098	309	3	682	124	1	681	124	1	1186	10960	10,82%	2000	1500	104,90%	45,47%
3	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	712	507	240	-42	182	211	-39	192	206	3032	19745	15,36%	2000	1500	35,60%	-2,60%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	1486	4714	105	312	1734	253	315	1751	253	18448	41490	44,46%	3000	2000	49,53%	15,75%
5	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1587	350	0	479	146	0	480	146	0	1342	10960	12,24%	2000	1500	79,35%	32,00%
6	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1242	345	0	387	140	0	388	140	0	1315	10960	12,00%	2000	1500	62,10%	25,87%
7	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1954	2378	138	492	887	105	493	876	103	9519	19745	48,21%	2000	1500	97,70%	32,87%
10	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2171	523	3	725	186	0	725	186	0	1950	10960	17,79%	2000	1500	108,55%	48,33%
11	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	439	0	518	180	0	517	180	0	1677	10960	15,30%	2000	1500	81,30%	34,53%
12	CO-18000-21-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1817	2433	2	413	935	9	411	935	8	9192	19745	46,55%	2000	1500	90,85%	27,53%
13	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1809	408	0	592	167	0	591	167	0	1558	10960	14,22%	2000	1500	90,45%	39,47%
14	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	420	0	520	172	0	520	172	0	1604	10960	14,64%	2000	1500	81,30%	34,67%
15	CO-27000-30-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2277	743	68	584	300	101	585	300	101	3235	25370	12,75%	2000	1500	113,85%	39,00%
16	CO-18000-33-S1666-AM	ÁNGULO-AMARRE	1917	1567	165	426	635	141	427	627	139	6738	19745	34,13%	2000	1500	95,85%	28,47%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	ENTRONQUE	1008	353	11879	694	177	13	694	177	14	39012	71950	54,22%	5000	3000	51,38%	23,13%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	726	216	6860	84	76	2489	84	64	2491	26348	41490	63,50%	3000	2000	24,20%	4,20%
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	1111	831	7042	235	321	2678	235	314	2677	29609	41490	71,36%	3000	2000	37,03%	11,75%

Hipótesis 3

N º Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H3 CONDUCTOR			H3 OPGW-1			H3 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)			
1	IC-55000-20-S1333-FL	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73130	0,00%
2	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2098	21	1038	682	4	383	681	4	383	3951	14600	27,06%
3	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	712	234	3574	-42	77	1378	-39	83	1375	14337	26760	53,58%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	1486	3363	3220	312	1249	1342	315	1260	1343	24943	53115	46,96%
5	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1587	4	1012	479	3	389	480	3	389	3832	14600	26,25%
6	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1242	9	1012	387	0	389	388	0	389	3841	14600	26,31%
7	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1954	1583	3465	492	580	1333	493	573	1333	18963	26760	70,86%
10	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2171	83	1057	725	3	402	725	3	402	4230	14600	28,97%
11	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	6	1057	518	0	402	517	0	402	3993	14600	27,35%
12	CO-18000-21-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1817	1501	3488	413	567	1330	411	567	1330	18761	26760	70,11%
13	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1809	7	1056	592	0	401	591	0	401	3991	14600	27,34%
14	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	5	1056	520	0	401	520	0	401	3985	14600	27,29%
15	CO-27000-30-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2277	160	3588	584	60	1436	585	60	1436	14236	34430	41,35%
16	CO-18000-33-S1666-AM	ÁNGULO-AMARRE	1917	933	1889	426	372	794	427	367	792	10791	26760	40,33%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	ENTRONQUE	1008	38	11878	694	6	1323	694	6	1324	49486	90575	54,64%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53115	0,00%
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53115	0,00%

Hipótesis 4 (Rotura de conductores)

N º Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H4 CONDUCTOR ROTO			H4 OPGW-1			H4 OPGW-2			T res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)		
1	IC-55000-20-S1333-FL	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	1158	1329	6557	270	455	2313	269	469	2312	10580	61,98%
2	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1642	13	1728	682	4	1	681	4	1	4580	37,73%
3	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	648	80	3454	-42	100	210	-39	110	206	4810	71,81%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	794	1127	3181	312	1636	241	315	1652	241	7030	45,25%
5	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1269	2	1687	479	3	0	480	3	0	4580	36,83%
6	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1027	4	1687	387	0	0	388	0	0	4580	36,83%
7	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1012	536	3400	492	769	103	493	758	101	4810	70,69%
10	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1694	42	1761	725	3	0	725	3	0	4580	38,45%
11	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1381	3	1761	518	0	0	517	0	0	4580	38,45%
12	CO-18000-21-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	921	500	3487	413	755	9	411	756	8	4810	72,49%
13	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1445	3	1761	592	0	0	591	0	0	4580	38,45%
14	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1305	3	1761	520	0	0	520	0	0	4580	38,45%
15	CO-27000-30-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1163	54	3554	584	79	101	585	79	100	6395	55,57%
16	CO-18000-33-S1666-AM	ÁNGULO-AMARRE	1884	807	3622	426	425	138	427	417	136	4810	75,30%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	ENTRONQUE	2357	216	5939	694	8	13	694	8	14	10660	55,71%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	726	88	6859	84	22	2489	84	10	2491	0	
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	1111	604	7026	235	226	2670	235	219	2670	0	

Hipótesis 4 (Rotura de cable de fibra óptica)

N º Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H4 CONDUCTOR			H4 OPGW-1 ROTO			H4 OPGW-2 ROTO			T res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)		
1	IC-55000-20-S1333-FL	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	1307	1337	6320	270	479	2502	269	472	2502	6000	41,70%
2	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2098	20	2	682	4	1274	681	4	1274	5000	50,92%
3	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	712	309	240	61	100	2545	64	110	2544	5000	50,90%
4	GCO-40000-15-S1113	ÁNGULO-ANCLAJE	1486	4476	77	312	1636	2444	315	1652	2445	5000	48,90%
5	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1587	4	0	479	3	1296	480	3	1274	5000	51,88%
6	CO-9000-24-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1242	9	0	387	0	1296	388	0	1274	5000	51,88%
7	CO-18000-18-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1954	2094	130	492	769	2562	493	758	2565	5000	51,30%
10	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2171	83	0	725	3	1340	725	3	1340	5000	53,58%
11	CO-9000-27-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	6	0	518	0	1340	517	0	1340	5000	53,58%
12	CO-18000-21-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1817	2002	1	413	755	2652	411	756	2652	5000	53,04%
13	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1809	7	0	592	0	1335	591	0	1335	5000	53,40%
14	CO-9000-30-S1775-SUS	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1626	5	0	520	0	1335	520	0	1335	5000	53,40%
15	CO-27000-30-S1666-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2277	212	67	584	79	2771	585	79	2771	5000	55,42%
16	CO-18000-33-S1666-AM	ÁNGULO-AMARRE	1917	1060	157	469	425	2763	469	417	2763	5000	55,26%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	ENTRONQUE	2569	227	11878	694	8	2633	694	8	2634	6000	43,90%
8PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	726	88	6859	84	22	2489	84	10	2491	5000	49,82%
9PAS	GCO-40000-15-PAS	PAS	1111	604	7026	235	226	2670	235	219	2670	5000	53,40%

Nota 1: Los esfuerzos nominales considerados para los apoyos, están sujetos a verificación por parte del fabricante.
Nota 2: La validación de apoyos de entronque, está sujeta a verificación por parte del fabricante.
Nota 3: La validación de los pórticos de cruzamiento, está sujeta a verificación por parte del fabricante.

8. CÁLCULO MECÁNICO DE CIMENTACIONES

Las cimentaciones serán de zapatas individuales para los apoyos seleccionados, acorde con los valores proporcionados por el fabricante IMEDEXA, o similares.

En las cimentaciones cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, de acuerdo con lo establecido en el apdo, 3,6 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de líneas eléctricas, el coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normales (H1 y H2) 1,50
- Hipótesis anormales (H3 y H4) 1,20

En las cimentaciones cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno de acuerdo con lo establecido en el apdo, 2 del Reglamento de líneas eléctricas, la tangente del ángulo de giro al alcanzar el equilibrio no será superior a 0,01, siendo el coeficiente de seguridad al vuelco, para las distintas hipótesis, no inferior a los siguientes valores:

- Para: $0 \leq \frac{M_{ch}}{M_{cv}} \leq 1$ 1,50
- Para: $\frac{M_{ch}}{M_{cv}} > 1$ 1,50

Siendo:

- M_{ch} : Momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes del macizo (daN m).
- M_{cv} : Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno sobre el fondo del macizo (daNm).

Estos coeficientes de seguridad se verán aumentados un 25% para las hipótesis normales en aquellos apoyos que intervengan en cruzamientos con otras líneas o con vías de comunicación y paso sobre zonas urbanas.

Las tensiones máximas que la cimentación transmite al terreno no excederán los valores máximos fijados para el mismo.

8.1. CIMENTACIONES DE ZAPATAS INDIVIDUALES

Comprobación al arranque

El esfuerzo que se opone a la salida del macizo del terreno es debido a las siguientes fuerzas:

- Peso del macizo de hormigón.
- 1/4 parte del peso del apoyo.
- Peso de la tierra comprendida en un tronco de cono cuya superficie está limitada por una generatriz que partiendo de la arista inferior del macizo tiene una inclinación hacia el exterior definida por el ángulo de arranque β .

Se cumplirá que:

$$C_s = \frac{P_e}{P_{arr}}$$

comprobándose que el coeficiente de estabilidad de la cimentación o coeficiente de seguridad al vuelco, definido como la relación entre las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo (P_e) y la carga nominal de arranque (P_{arr}), no sea inferior a 1,5 para las hipótesis normales y 1,2 para las anormales.

El esfuerzo estabilizador que tiende a contrarrestar el esfuerzo al arranque P_{arr} vendrá dado por la siguiente expresión:

$$P_e = P_h + \frac{P_a}{4} + P_\beta \quad (\text{daN})$$

siendo,

- P_e Esfuerzo estabilizador (daN)
- P_h Peso del bloque de hormigón (daN)
- P_a Peso del apoyo (daN)
- P_β Peso de las tierras que serían arrancadas (daN)

Comprobación a compresión

Se comprobará que las tensiones de compresión transmitidas al terreno en el fondo de la cimentación son inferiores a las tensiones máximas admisibles del mismo.

Las tensiones de compresión ejercidas sobre el terreno vendrán dadas por la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{C + \frac{P_a}{4} + p_h}{S} \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

Siendo:

- P_a Peso del apoyo (daN)
- P_h Peso del bloque de hormigón (daN)
- C Compresión máxima por montante (daN).
- S Superficie de la base del macizo (cm²).

El valor de σ_c deberá resultar inferior o igual al admisible para cada tipo de terreno.

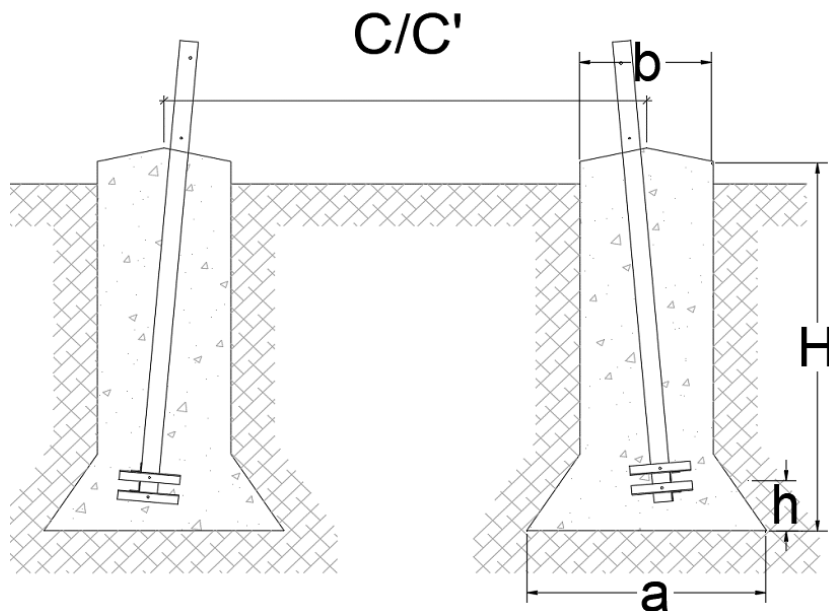
8.2. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Las cimentaciones fraccionadas seleccionadas serán de tipo tetrabloque circular con cueva. Las características dimensionales de las cimentaciones correspondientes a cada apoyo de la línea objeto del presente proyecto se incluyen en la siguiente tabla:

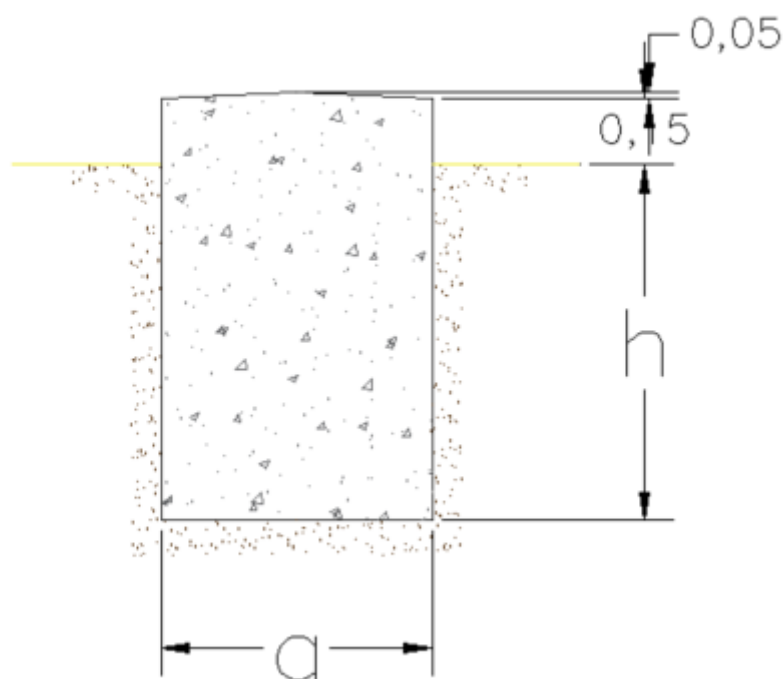
N ° Apoyo	Nombre del Apoyo	CIMENTACIONES								
		Tipo de Cimentacion	h	a	c	b	H	V exc unit (m3)	V exc (m3)	V horm (m3)
1	IC-55000-20-S1333	Circular	1,6	3,05	6,14	1,45	4,1	10,7580568	43,03	44,46
2	CO-9000-30-S1775	Circular	0,40	1,35	6,95	0,90	2,75	1,90	7,59	8,14
3	CO-18000-18-S1666	Circular	0,55	1,75	4,85	1,10	3,35	3,55	14,21	15,04
4	GCO-40000-15-S1113	Circular	1,15	2,70	5,27	1,30	3,65	7,08	28,31	29,46
5	CO-9000-24-S1775	Circular	0,35	1,30	5,92	0,90	2,75	1,86	7,45	8,00
6	CO-9000-24-S1775	Circular	0,35	1,30	5,92	0,90	2,75	1,86	7,45	8,00
7	CO-18000-18-S1666	Circular	0,55	1,75	4,85	1,10	3,35	3,55	14,21	15,04
8PAS	GCO-40000-15-PAS	Circular	1,15	2,70	5,27	1,30	3,65	7,08	28,31	29,46
9PAS	GCO-40000-15-PAS	Circular	1,15	2,70	5,27	1,30	3,65	7,08	28,31	29,46
10	CO-9000-27-S1775	Circular	0,45	1,45	6,40	0,90	2,65	1,90	7,59	8,14
11	CO-9000-27-S1775	Circular	0,45	1,45	6,40	0,90	2,65	1,90	7,59	8,14
12	CO-18000-21-S1666	Circular	0,55	1,75	5,35	1,10	3,35	3,55	14,21	15,04
13	CO-9000-30-S1775	Circular	0,40	1,35	6,95	0,90	2,75	1,90	7,59	8,14
14	CO-9000-30-S1775	Circular	0,40	1,35	6,95	0,90	2,75	1,90	7,59	8,14
15	CO-27000-30-S1666	Circular	0,75	2,20	6,95	1,30	3,75	5,83	23,30	24,45
16	CO-18000-33-S1666	Circular	0,65	1,85	7,43	1,10	3,40	3,75	14,99	15,82
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	Circular	2,05	3,65	7,80	1,60	4,35	16,28	65,13	66,87

Para la interpretación de los anteriores valores se tomará como ejemplo la siguiente figura:

- Circular con cueva:



- Cuadrada recta monobloque:



9. CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

Los apoyos se conectarán a tierra teniendo presente lo especificado en el apartado 7 de la ITC-07 del Reglamento de líneas eléctricas de Alta Tensión.

- **Apoyos Frecuentados:** Se considerarán apoyos frecuentados todos aquellos apoyos situados en suelos clasificados como urbanos o urbanizables programados en los Planes de Ordenación del Territorio, En estos casos es necesario garantizar el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto.
- **Apoyos No Frecuentados:** Se considerarán no frecuentados los apoyos que no se puedan incluir como frecuentados según lo indicado anteriormente, En estos casos, si se garantiza la desconexión inmediata de la línea en caso de falta a tierra, no es necesario el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto.

El diseño del sistema de puesta a tierra debe satisfacer, en función del tipo de apoyo, los siguientes requisitos:

Tipo de apoyo	Requisitos diseño p.a.t.
Apoyo frecuentado	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de contacto admisible Dimensionamiento ante los efectos del rayo
Apoyo no frecuentado	Actuación correcta de las protecciones
Apoyo frecuentado con medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto,	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de paso admisible

Todos los apoyos de la línea son del tipo No Frecuentados, excepto los apoyos que sean de Paso Aéreo a Subterráneo que se considera como Frecuentado.

9.1. DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TÉRMICA

Los elementos empleados en la puesta a tierra son:

- Línea de tierra: Doble cable de acero galvanizado de 50 mm² de sección (en total son 4 conductores de acero 50 mm²), Los apoyos dispondrán de dos líneas de tierra situadas en lados opuestos del apoyo.
- Electrodo de puesta a tierra:
 - En apoyos no frecuentados: 2 picas de difusión vertical de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro.

- En apoyos frecuentados: anillo constituido por varillas de acero descarburado de sección $\geq 100 \text{ mm}^2$ (12 mm de diámetro) según apartado 3.4 ITC-RAT 13, utilizándose varilla doble separada 0,40 metros.

Según esta configuración, en caso de falta la línea de tierra conducirá la totalidad de la corriente de falta mientras que los electrodos conducirán como máximo la mitad de dicha intensidad.

Para los cálculos siguientes se seguirán los criterios marcados en la MIE-RAT 13 y la ITC 07.

De acuerdo con la normativa las densidades de corriente máximas por los conductores en régimen de cortocircuito son las siguientes:

Material	Corriente máxima (A)
Cobre	160
Acero	60

Con estas consideraciones y los conductores elegidos, las corrientes de cortocircuito máximas admisibles por todos los elementos instalados en conjunto se presentan en la siguiente tabla:

Material	Corriente máxima (A)
Línea de tierra	12000
Electrodos	18472

Estos cálculos se han realizado con una temperatura final de 200 grados centígrados que garantice la integridad de los conductores y el cumplimiento de la normativa vigente.

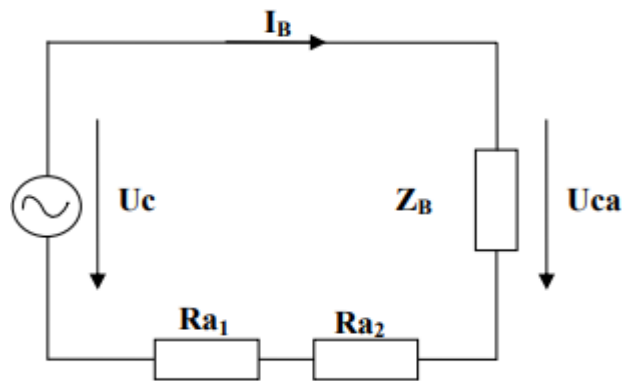
9.2. DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada, U_{ca} , a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, se dan en la siguiente tabla:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735

Duración de la corriente de falta, tF (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0,10	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

Para determinar las máximas tensiones de contacto admisibles se debe emplear el siguiente esquema y la expresión:



$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

Donde:

- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada admisible (tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies).
- Z_B : Impedancia del cuerpo humano
- I_B : Corriente que fluye a través del cuerpo

- U_c : Tensión de contacto máxima admisible en la línea que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).
- R_{a1} : Es, por ejemplo, la resistencia de un calzado cuya suela sea aislante (se puede emplear como valor de la resistencia equivalente paralelo del calzado 1000 W de ambos pies).
- R_{a2} : Resistencia equivalente paralelo a tierra del punto de contacto con el terreno de ambos pies ($R_{a2}=1,5r_s$, donde r_s es la resistividad superficial aparente del suelo cerca de la superficie).

Con esta ecuación, la tabla anterior y en función de distintos valores de la resistividad del terreno se

Tiempo de actuación de la protección de la línea	ρ_s (ohmios,metro)	U_c (kV)	
		Sin calzado	Con calzado
100 ms	100	0,72	1,36
	200	0,82	1,45
	300	0,91	1,55
	400	1,01	1,64
	500	1,10	1,74
1190 ms	100	0,10	0,20
	200	0,12	0,21
	300	0,13	0,23
	400	0,15	0,24
	500	0,16	0,25

procede a calcular la máxima tensión de contacto admisible.

Si la tensión de puesta a tierra, U_E , no es menor que dos veces la tensión de contacto admisible en la instalación, U_c , se procederá a comprobar que las tensiones de contacto calculadas, U_c' , sean inferiores a las tensiones de contacto admisibles U_c .

Caso que tampoco se cumpla esta última condición, se recurrirá al empleo de medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto con la torre metálica a fin de reducir el riesgo de las personas y de los bienes, en cuyo caso será necesario cumplir los valores máximos admisibles de las tensiones de paso.

La tensión de paso admisible que se empleará en este apartado es:

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca}$$

Y empleando la ecuación:

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{4 \cdot R_{a1} + 4 \cdot R_{a2}}{1000} \right]$$

Se obtienen los siguientes resultados:

Tiempo de actuación de la protección de la línea	ρ_s	U_c (kV)	
	(ohmios.metro)	Sin calzado	Con calzado
100 ms	100	10,13	35,45
	200	13,93	39,25
	300	17,72	43,04
	400	21,52	46,84
	500	25,32	50,64
1190 ms	100	1,6	5,6
	200	2,2	6,2
	300	2,8	6,8
	400	3,4	7,4
	500	4	8

A la vista de estos resultados se concluye que propuesta de electrodo para apoyos no frecuentados cumple con la normativa vigente, Los electrodos seleccionados para apoyos frecuentados no cumplen normativa respecto a $U_E < 2U_c$ y su rediseño sería demasiado complejo y costoso como para ser rentable, por lo que para los apoyos frecuentados se emplearían antiescalos de materiales aislantes para garantizar la seguridad de la instalación. Por localización y accesibilidad de los apoyos, entran en la categoría de no frecuentados a efectos legales de aislamiento.

Todos los apoyos de la línea objeto del presente proyecto son No Frecuentados excepto los tipo PAS que son Frecuentados.

9.3. DIMENSIONAMIENTO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTOS DEL RAYO

La impedancia de onda de un electrodo de tierra coincide con su resistencia siempre que la longitud del mismo sea inferior a la longitud crítica L_c .

Se define longitud crítica como:

$$L_c = \sqrt{\frac{\rho(\Omega \cdot m)}{f(MHz)}}$$

Las descargas atmosféricas se suelen caracterizar por tener una frecuencia de 1 MHz.

Dentro de la ITC 07 se recomienda la puesta de varios electrodos por encima de uno de longitud mayor que L_c . Debido al diseño de la puesta a tierra en los apoyos no frecuentados se recomienda una resistividad en los electrodos de valor similar o superior a $4 \Omega \cdot m$.

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO Nº7: GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1.	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	4
2.	NORMATIVA APLICABLE	4
3.	EJECUCIÓN DEL TRABAJO	4
4.	LÍNEAS AÉREAS	4
4.1.	Documentación y medios para el desarrollo del trabajo	4
4.2.	Accesos a la ubicación de los apoyos	5
4.3.	Transporte y acopio de materiales	5
4.4.	Trabajos en los cruzamientos	6
4.5.	Apertura de pozos	7
4.6.	Cimentaciones	8
4.7.	Armado de apoyos	10
4.8.	Izado de apoyos	11
4.9.	Protección de las superficies metálicas	11
4.10.	Tendido, empalme, tensado y regulación de conductores	12
4.11.	Transporte y acopio de materiales	18
4.12.	Trabajos en los cruzamientos	19
4.13.	Reposición del terreno	20
4.14.	Numeración de apoyos. Aviso de riesgo eléctrico	20
4.15.	Puesta a tierra	20
4.16.	Condicionantes ambientales	21
5.	LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	23
5.1.	Características generales	23
5.2.	Replanteo	23
5.3.	Trazado	23
5.4.	Apertura de zanjas	24
5.5.	Canalización	26
5.6.	Tendido de cables	33
5.7.	Tendido de cables de puesta a tierra	37
5.8.	Tendido de los cables de telecomunicaciones	38

5.9.	Hormigonado	38
5.10.	Protección mecánica	41
5.11.	Señalización.....	41
5.12.	Identificación.....	41
5.13.	Cierre de zanjas	41
5.14.	Reposición de pavimentos	42
5.15.	Ejecución de la puesta a tierra	42
5.16.	Ejecución de cámaras de empalme y arquetas de puesta a tierra	43
6.	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE ALTA TENSIÓN	44
7.	RECEPCIÓN EN OBRA	44
7.1.	Documentación de la instalación.....	44
8.	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA	44
9.	PLANNING DE EJECUCIÓN DE LA OBRA	45
10.	DIRECCIÓN DE LA OBRA	45

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de la línea aérea y subterránea de alta tensión descrita en el proyecto.

Estas obras contemplan la obra civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de dicha línea, así como la puesta en servicio de esta.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán las normas citadas en este documento, teniendo en cuenta las actuaciones posteriores a las mismas, y que sean aplicables a este proyecto.

En particular, se destaca la siguiente normativa:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (Decreto 223/2008 de 15 de febrero, publicado en el B.O.E número 68 de 19 de marzo de 2008).
- Real Decreto de Seguridad y Salud (B.O.E. 25-10-97).
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Normas UNE

3. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a este Pliego de Condiciones. El Director de Obra del Contratista principal deberá tener presencia permanente en obra.

4. LÍNEAS AÉREAS

4.1. DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

El Contratista deberá poseer como mínimo la siguiente documentación para el montaje de la línea:

- Plano de situación a escala 1:50.000 o 1:25.000.
- Plano de emplazamiento a escala 1:10.000 o 1:5.000
- Plano de perfil longitudinal y planta de la línea a escalas verticales 1:500 y horizontales 1:2.000, en los que figuren la distribución de apoyos, catenaria de conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica para la hipótesis de máxima flecha, límites de parcelas, límites de provincias y términos municipales, servicios que existan en una franja de 50 m de anchura a cada lado del eje de la línea, tales como carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas o de telecomunicación, etc.
- En dicho perfil se indicarán las longitudes de los vanos, tipo, numeración y cotas de emplazamiento de los apoyos, ángulos del trazado y numeración de las parcelas afectadas.

- Planos de los apoyos y esfuerzos admisibles.
- Planos de puesta a tierra de los apoyos.
- Planos de formación de cadenas en sus composiciones de suspensión y amarre.
- Planos de cimentaciones y comprobación de la adherencia de las mismas.
- Tablas de tendido para el tensado de los conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica, de 5 en 5 grados centígrados, para los vanos reguladores y de comprobación que se fijen.
- Relación de bobinas de conductor con indicación de la longitud contenida en cada una de ellas.
- Especificaciones técnicas de materiales facilitadas por el cliente
- Curvas de utilización de los diferentes apoyos suministradas por el fabricante.
- Estudio de amortiguamiento realizado por el fabricante.

Por otra parte, el Contratista vendrá obligado a exponer en su oferta, las herramientas que piensa utilizar en la construcción y el método de tendido a seguir, que será aprobado por el contratante.

4.2. ACCESOS A LA UBICACIÓN DE LOS APOYOS

En la medida de lo posible, se usarán los caminos existentes para el transporte de la maquinaria. El Contratista se responsabilizará de respetar el estado de los caminos que se utilicen y de reponerlos a su estado original si fuera necesario realizar alguna transformación.

El Contratista deberá realizar los caminos de acceso a los apoyos conforme al plano de “Planta Catastral y Accesos”, tratando de respetar las lindes de las propiedades y siempre de acuerdo con los propietarios y ayuntamiento afectados.

El Contratista será responsable en todo momento de los desperfectos y perjuicios ocasionados a los propietarios de los terrenos afectados, por el transporte y acopio del material.

4.3. TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Al ser el Contratista quien suministra los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

El Contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Así se utilizarán eslingas textiles para la bajada de perfiles.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de estos.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento o deformación de los mismos.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de estos con el suelo y entre ellos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de poder introducir los estrobos. Esto supondrá situar un mínimo de tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se transportarán con vehículos especiales o elementos apropiados desde el almacén, hasta el pie del apoyo.

Se tendrá especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, dificultando su armado o haciendo desprenderse la capa de galvanizado.

Los estrobos para utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostramiento.

Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas, su transporte se hará siempre bien embalados y con el debido cuidado.

Las bobinas se descargarán con grúa, o con muelle de descarga, pero nunca dejándolas caer desde el camión. En caso de rodarse las bobinas se hará siempre en sentido contrario al del arrollamiento del cable.

4.4. TRABAJOS EN LOS CRUZAMIENTOS

Las protecciones en ferrocarriles, carreteras, caminos, veredas, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, etc., serán por cuenta del Contratista.

En aquellos cruzamientos en los que el proyectista considere que son de especial relevancia y en los que pudiera ser razonable aumentar los coeficientes de seguridad reglamentarios, se instalarán cadenas con doble aislamiento por conductor.

En los cruzamientos con vías públicas o en lugares transitados, se colocarán protecciones adecuadas, y se situará a cada lado del cruzamiento una señal indicadora de peligro.

En los cruzamientos de líneas eléctricas de cualquier tensión, o en los trabajos a efectuar en las proximidades de dispositivos con tensión, se tomarán todas las precauciones conocidas (corte de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el Contratista de lo que pueda suceder, aunque se halle presente en la obra alguno de los técnicos o vigilantes del contratante.

Los cruzamientos se efectuarán preferentemente sin tensión en la línea cruzada, para lo que deberá solicitar el Contratista los descargos correspondientes con veinte días de antelación al cliente, que se hará cargo de

esta gestión. Si el cruzamiento se hiciese con la línea en tensión este no se realizará hasta la aprobación por parte del Director de Obra del método a emplear.

Los descargos se realizarán normalmente en días festivos, por lo que el Contratista deberá organizar su trabajo de forma que los cruces con líneas coincidan con dichos días. No obstante, el cliente hará las gestiones necesarias para que dichos descargos sean en las fechas más convenientes para el buen orden del trabajo, sin que el Contratista pueda efectuar reclamación alguna si no se puede conseguir.

Las líneas de tensión inferior a 25 kV podrán ser puenteadas por el Contratista, siempre que se consiga la debida autorización de la empresa propietaria de la línea.

Estos puentes se harán con cables aislados a su cargo y se introducirán en zanjas para su protección. Asimismo, se colocarán placas indicadoras de peligro de muerte y se señalizará debidamente la zona afectada.

En líneas de tensión superior a la indicada y en todas aquellas en las que no se consiga autorización para puentearlas con cable aislado, tendrán que cruzarse en descargo que será lo más breve posible, haciendo que el final y el principio de los cantones de tendido queden a ambos lados de la línea cruzada.

4.5. APERTURA DE POZOS

Antes de realizar las excavaciones, será preciso que el Contratista realice un estudio geotécnico por muestreo del terreno que le entregará al Director de Obra, siendo este el que autorice un redimensionamiento nuevo de la cimentación a la vista de los resultados, si fuese necesario. Asimismo, se aprovechará el citado estudio para la obtención de la resistividad eléctrica del terreno, con objeto de conocer este parámetro para el dimensionado del electrodo de puesta a tierra del apoyo.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el proyecto y al catálogo del fabricante de los apoyos. Las paredes de los pozos serán verticales. Si las dimensiones de la excavación fueran superiores a las indicadas en el proyecto, el exceso de hormigón será a cargo del Contratista.

La cimentación de los apoyos está formada por cuatro bloques de hormigón en masa, proyectándose para un terreno de tipo normal con un coeficiente de compresibilidad de 12 Kg/cm².

El precio de la obra civil de excavación es único, independientemente del tipo de terreno en el que se excave.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para señalar adecuadamente los pozos y para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes, según su Plan de Seguridad y Salud.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del pozo, aumentando así las dimensiones de este.

4.6. CIMENTACIONES

Antes de realizar las cimentaciones el Contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

Las cimentaciones se realizarán conforme a los planos de cimentaciones de este Proyecto Oficial de Ejecución, y conforme a la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)”, empleándose un hormigón HM - 25 / B / 20 /Ila. Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) y estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 25 N/mm² según la EHE-08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a la clase general de exposición, se especifica una de tipo Ila, correspondiente a humedades altas.

El Contratista, previa autorización del cliente, realizara la ejecución de pistas de acceso considerando los condicionantes precisos para su realización como: señalización para que los vehículos siempre usen esas pistas y no caminos alternativos sino sobre las mismas rodadas, causar mínimos daños. etc.

Por otro lado, respecto a los estudios de acceso necesarios, será el Contratista quien los realice, y aprobados por el Director de Obra.

No se efectuarán movimientos de terreno ni explanaciones, sin previa autorización del Director de Obra.

La fase de movimiento de tierras y excavaciones se realizará en todo momento según las normas técnicas de prevención, NTP 278: Prevención del desprendimiento de tierras y NTP 126: Máquinas para el movimiento de tierras.

Todas las excavaciones permanecerán siempre acotadas, señalizadas, quedará prohibido el acopio de material y tránsito de vehículos junto al borde de la excavación.

Por la noche las excavaciones se balizarán con cinta y señalización de riesgo de caídas reflectarías.

Cuando se abandone la zona de trabajo esta permanecerá siempre completamente acotada impidiendo el paso a toda persona ajena a la obra.

Los materiales empleados en la elaboración del hormigón en masa serán los siguientes:

4.6.1. CEMENTO

Los cementos utilizados en la elaboración del hormigón deberán ajustarse a lo establecido en el Art. 26º de la EHE-08.

4.6.2. AGUA

Se podrá utilizar, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones establecidas en el Art. 27º de la EHE-08.

4.6.3. ÁRIDOS

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arena y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentren sancionados por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. En todo caso cumplirán las condiciones del Art. 28º de la EHE-08. Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

En caso de empleo de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Los áridos deberán llegar a obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones (arena y grava).

El tamaño del árido, las condiciones fisicoquímicas, las condiciones físico-mecánicas, la granulometría y coeficiente de forma se ajustarán a lo establecido en el Art. 28º de la EHE-08.

4.6.4. FABRICACIÓN

La elaboración y puesta en obra del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 71º de la EHE-08.

El tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores del fraguado. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón se ajuste a la indicada en los planos de cimentaciones del presente Proyecto Oficial.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por el Director de Obra.

El control de la resistencia característica del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 86º de la EHE-08.

En los casos en que el Contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5ºC. Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0ºC. En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados. En aquellos casos que no puedan cumplirse las prescripciones anteriores, se admitirá el uso de los aditivos necesarios previa consulta y aprobación por parte del cliente.

No se hormigonará a temperaturas superiores a 40ºC o con vientos excesivos.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado según lo establecido en el Art. 71º de la EHE-08.

Caso que se suspenda el hormigonado por algún motivo y no se haya finalizado el trabajo se permite la introducción de varillas o resina epoxi para la unión posterior de las dos fases de hormigonado.

El Contratista garantizará la correcta colocación de los anclajes en apoyos 4 patas con la inclinación correcta. Para ello, empleará la plantilla adecuada durante el montaje, y no realizará el vertido del hormigón directamente sobre los anclajes para evitar desplazarlos una vez colocados.

Para los apoyos metálicos de celosía, los macizos de cimentación, tanto monobloque como fraccionados, quedarán 30 cm sobre el nivel del suelo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar los tubos de polietileno corrugado de diámetro mínimo de 36 milímetros indicados en los planos de puesta a tierra de los apoyos. Estos tubos que deberán salir en la parte superior de la cimentación, junto a las tomas de puesta a tierra previstas en el apoyo, estarán preparados para instalación a la intemperie, siendo resistentes a la degradación por radiación ultravioleta.

4.7. ARMADO DE APOYOS

El armado de los apoyos de celosía se realizará sobre una superficie de terreno lo más horizontal posible, a fin de que quede nivelado sobre los tacos de madera que lo calzan, evitando de ese modo que se deforme. También, hay que añadir que durante el armado del apoyo se tendrá presente en todo momento la concordancia de diagonales y presillas.

Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará al Director de Obra.

El uso de punteros o escarificadores para modificar taladros está prohibido.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc.

Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores se apretarán los tornillos dando a las tuercas el par de apriete correcto mediante llave dinamométrica. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

4.8. IZADO DE APOYOS

El izado siempre se realizará en todo momento según la norma técnica de prevención NTP 208: Grúa móvil y la instrucción técnica complementaria MIE-AEM-4 del reglamento de aparatos de elevación y manutención referentes a grúas móviles autopropulsadas.

Todas las maniobras de izado se realizarán por personal autorizado con grúas y plumas, que estarán en perfecto estado de mantenimiento. La grúa o pluma se seleccionará en función del peso y dimensiones de la carga, y durante todo el proceso de izado estará con estabilizadores desplegados y nivelados. El izado se realizará lentamente, quedando prohibido arrastrar la carga y permanecer debajo de esta. El estrobo de la carga se hará siempre de tal manera que su reparto sea homogéneo. El gruista podrá guiarse por el encargado de la maniobra de izado mediante señales que serán conocidas perfectamente por el encargado y el gruista. Una vez que la carga ha sido colocada y asegurada se procederá a desengancharla.

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material. Se evitará que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

La nivelación de los apoyos metálicos de celosía se realizará mediante la perfecta colocación de la base del apoyo con plantillas.

4.9. PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados en caliente, según norma UNE-EN ISO 1461 contemplada como de obligado cumplimiento en la ITC-LAT 02 del RLEAT.

Todos los tornillos y sus accesorios deberán estar galvanizados en caliente según norma UNE 37 507 considerada de obligado cumplimiento según la ITC-LAT 02 del RLEAT.

4.10. TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y REGULACIÓN DE CONDUCTORES

4.10.1. HERRAMIENTAS

El Contratista deberá aportar todas las herramientas necesarias, que estarán suficientemente dimensionadas en previsión de roturas y accidentes, como son poleas, cables pilotos, máquinas de empalmar, andamios, etc., y demás herramientas utilizadas en este tipo de trabajo, salvo que sean suministradas por el cliente por mutuo acuerdo.

El cliente se reserva el derecho de rechazar en cualquier momento aquellas herramientas que, por no estar en condiciones, no sean adecuadas para efectuar el trabajo a que están destinadas.

4.10.1.1. MÁQUINA DE FRENADO DEL CONDUCTOR

Dispondrá esta máquina de dos tambores en serie con canaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material que será previamente aprobado por el Director de Obra.

La relación de diámetros entre tambores y conductor será fijada por el Contratista haciéndose responsable de la misma.

La máquina de frenado mantendrá constante la tensión durante el tendido limitando la tensión máxima y la velocidad de salida del cable.

La bobina se frenará con el exclusivo fin de que no siga girando por su propia inercia, por variaciones de velocidad en la máquina de frenado.

Nunca debe rebasar valores que provoquen daños en el cable por el incrustamiento en las capas inferiores.

4.10.1.2. POLEAS DE TENDIDO DEL CONDUCTOR Y CABLE DE TIERRA

Para tender el conductor de aluminio-acero, las gargantas de las poleas serán de aluminio, plástico o neopreno.

El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

Las poleas para el cable de acero podrán ser de acero, madera, plástico o neopreno, y siempre de un material de igual o menor dureza que el cable o el conductor.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o canaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables piloto.

La forma de la garganta tendrá una curvatura en su fondo comprendida entre el diámetro del conductor o cable de tierra como mínimo y el diámetro de los empalmes provisionales y giratorios utilizados en el tendido. Las paredes laterales estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20º y 60º para evitar enganches.

Los bordes deberán de ser biselados con el mismo fin.

No se emplearán jamás poleas que se hayan utilizado para tendidos de conductores de cobre.

Las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca con cojinete de fricción, de tal forma que permitan una fácil rodadura.

Se colgarán directamente de la cadena de aisladores de suspensión.

4.10.1.3. MÁQUINAS DE EMPALMAR

El Contratista aportará las máquinas de empalmar requeridas, efectuándose revisiones periódicas de las dimensiones finales del manguito y efectuando ensayos dimensionales de los empalmes realizados para comprobar que las hileras y matrices están dentro de las tolerancias exigidas. Las matrices y las mordazas serán suministradas por el Contratista.

4.10.1.4. MORDAZAS

Utilizará el Contratista mordazas adecuadas para efectuar la tracción del conductor, cable de tierra o cable de fibra óptica que no dañen el aluminio del conductor, el galvanizado del cable de acero, el alumoweld del cable de fibra óptica OPGW o la cubierta del cable de fibra óptica autosoportado cuando se aplique una tracción igual a la que determine la ecuación de cambio de condiciones a 0º C sin manguito de hielo ni viento.

Se utilizará preferentemente mordazas del tipo preformado, en el caso de utilizarse mordazas con par de apriete éste deberá de ser uniforme, y si es de estribos, el par de apriete de los tornillos debe efectuarse de forma que no se produzca un desequilibrio.

4.10.1.5. MÁQUINAS DE TRACCIÓN

Podrá utilizarse como tal el cabestrante o cualquier otro tipo de máquina de tracción que el Director de Obra estime oportuno, en función del conductor y de la longitud del tramo a tender.

4.10.1.6. DINAMÓMETROS

Será preciso utilizar dispositivos para medir la tracción del cable durante el tendido en los extremos del tramo, es decir, en la máquina de freno y en la máquina de tracción.

El dinamómetro situado en la máquina de tracción ha de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzca una elevación anormal en la tracción de tendido.

4.10.1.7. GIRATORIOS

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinete axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto para evitar que pase el giro de un cable a otro.

4.10.2. MÉTODO DE MONTAJE

4.10.2.1. TENDIDO

Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan transcurrido 28 días desde la finalización de la cimentación de los apoyos, salvo indicación en contra del Director de Obra.

El tendido del conductor debe realizarse entre amarres salvo situaciones excepcionales, donde caso de no poder ser así, se deberá justificar de manera detallada.

Antes de comenzar el tendido, los apoyos estarán totalmente terminados, así como los tornillos apretados, graneteados y las peanas terminadas.

El Contratista se ocupará y someterá a la aprobación del Director de Obra el estudio del tendido, la elección de los emplazamientos del equipo y orden de entrega de bobinas para conseguir que los empalmes queden situados, una vez tensado el conductor, según se indica en el apdo. 2.1.6 de la ITC-LAT 07 del RLEAT.

Las bobinas han de ser tendidas sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes.

Si en algún caso una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, el Contratista lo someterá a la consideración del Director de Obra sin cuya aprobación no podrá hacerlo.

El cable se tendrá siempre en bobina y se sacará de éstas mediante el giro de las mismas.

Durante el despliegue es preciso evitar el retorcido del conductor con la consiguiente formación de cocas, que reducen extraordinariamente las características mecánicas de los mismos.

El conductor será revisado cuidadosamente en toda su longitud, con objeto de comprobar que no existe ningún hilo roto en la superficie ni abultamiento anormal que hicieran presumir alguna rotura interna. En el caso de existir algún defecto, el Contratista deberá comunicarlo al Director de Obra quien decidirá lo que procede hacer.

La tracción de tendido de los conductores será, como máximo, la indicada en las tablas de tensado definitivo de conductores que corresponda a la temperatura existente en el conductor.

La tracción mínima será aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales, tales como tierra, que al contener éstas sales, se depositarían en el conductor, produciendo efectos químicos que pudieran deteriorar el mismo.

El anclaje de las máquinas de tracción y freno deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia imprevista, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

La longitud del tramo a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio puede considerarse un máximo de veinte poleas por conductor y por tramo; pero en el caso de existir poleas muy cargadas, ha de disminuir dicho número con el fin de no dañar el conductor.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y de anclaje.

El Contratista será responsable de las averías que se produzcan por la no observación de estas prescripciones.

4.10.2.2. EMPALMES

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas con empalmes flexibles, que se sustituirán por definitivos, una vez que el conductor ocupe su posición final en la línea. En ningún caso se autoriza el paso por una sola polea de los empalmes definitivos.

Los empalmes se realizarán en cualquier caso cumpliendo lo indicado en el apdo. 2.1.6 de la ITC-LAT 07 del RLEAT como se redacta a continuación.

Los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza composición y sección de los conductores. Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95% de la carga de rotura del cable empalmado.

La conexión de conductores, tal y como ha sido definida en el presente apartado, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de rotura del conductor.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura de los mismos.

Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. En cualquier caso, se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano

y conductor. Solamente en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

El corte del cable se hará utilizando sierra y nunca con tijera o cizalla. La preparación del extremo se efectuará cortando el aluminio con sierra o máquinas de corte circular, pero cuidando de no dañar jamás el galvanizado del alma de acero y evitando que se aflojen los hilos mediante ligaduras de alambre adecuadas.

El método de efectuar el empalme se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos empalmes.

Una vez tendido el conductor, será necesario mantener su tracción con el fin de que nunca lleguen a tocar tierra.

Durante la sustitución de empalmes provisionales por definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto de los conductores tenga la tracción necesaria para que no lleguen a tocar tierra.

4.10.2.3. TENSADO

El anclaje a tierra para efectuar el tensado se hará desde un punto lo más alejado posible y como mínimo a una distancia horizontal del apoyo doble de su altura, equivalente a un ángulo de 150° entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

Se colocarán tensores de cable de acero provisionales, entre la punta de los brazos y el cuerpo del apoyo como refuerzo, en los apoyos desde los que se efectúe el tensado.

Las poleas serán en dicho apoyo de diámetro adecuado, para que el alma del conductor no dañe el aluminio.

Aunque los apoyos de anclaje están calculados para resistir la sollicitación de una fase en el extremo de una cruceta, si las demás sollicitaciones de las restantes fases están compensadas, se colocarán los tirantes previstos para compensar la sollicitación de la fase del lado opuesto de la cruceta en que se efectúa la maniobra de engrapado.

Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán a los cables a sacudidas.

4.10.2.4. REGULACIÓN DE CONDUCTORES

La longitud total de la línea se dividirá en cantones.

En cada cantón el Director de Obra fijará los vanos en que ha de ser medida la flecha.

Estos vanos pueden ser de "regulación", o sea, aquellos en los que se mide la flecha ajustándola a lo establecido en la tabla de tendido, o de "comprobación" que señalarán los errores motivados por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Según sea la longitud del cantón, el perfil del terreno y la mayor o menor uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

- Un vano de regulación.
- Un vano de regulación y un vano de comprobación.
- Un vano de regulación y dos vanos de comprobación.
- Dos vanos de regulación y tres vanos de comprobación.

Se entregará al Contratista una tabla de montaje con las flechas para los vanos de regulación y comprobación de cada serie en la situación de engrapado, deducidas de las características del perfil en función de la temperatura del conductor, que deberá de ser medida con un termómetro cuya sensibilidad será de 1°C como mínimo, introducido en una muestra de cable del conductor utilizado y expuesto a una altura próxima a los 10 m, durante un periodo mínimo de tres horas.

En aquellos cantones en que, por razón del perfil del terreno, los apoyos se hallen enclavados a niveles muy diferentes (terreno montañoso), el Contratista deberá conseguir mantener constante la tensión horizontal del conductor en las grapas de alineación para la temperatura más frecuente del año y, por tanto, la verticalidad en las cadenas de aisladores de suspensión, no admitiéndose que las mencionadas grapas se desplacen en sentido de la línea, un valor superior al 1% de la longitud de la cadena de aisladores de suspensión.

Para la regulación de conductores en líneas dúplex, se dispondrán de tensores de corredera que permitan corregir pequeñas diferencias una vez engrapados en las torres de anclaje.

Los errores admitidos en las flechas vienen indicados en el apdo. 5 del presente Pliego de Condiciones.

Después del tensado y regulación de los conductores, se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

En apoyos de amarre, se cuidará que en la maniobra de engrapados no se produzcan esfuerzos superiores a los admitidos por dichos apoyos, y en caso necesario el Contratista colocará tensores y vientos para contrarrestar los esfuerzos anormales.

El método de efectuar la colocación de grapas se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichas grapas.

En apoyos de suspensión, la suspensión de los conductores durante la colocación de la grapa en la cadena de aisladores se hará por medio de estrobos de cuerda o de nylon para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes: se suspenderá el conductor, se aflojará la grapa y se correrá a mano donde sea necesario.

4.10.2.5. COLOCACIÓN DE SEPARADORES, AMORTIGUADORES Y CONTRAPESOS

Se entregará al Contratista una relación con las distancias para colocación de dichas piezas en todos los vanos de la línea tanto en los conductores como en el cable de tierra.

La colocación de estos elementos deberá efectuarse antes de que transcurran quince días después de la regulación de los conductores.

El método de efectuar la colocación de separadores se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos herrajes. Estos elementos deberán ser aptos para soportar una intensidad de cortocircuito de 50 kA.

La colocación de amortiguadores y el número de los mismos, será el indicado en el correspondiente estudio de amortiguamiento que deberá presentar el fabricante que los suministre.

En la medida de lo posible, se usarán los caminos existentes para el transporte de la maquinaria. El Contratista se responsabilizará de respetar el estado de los caminos que se utilicen y de reponerlos a su estado original si fuera necesario realizar alguna transformación.

El Contratista deberá realizar los caminos de acceso a los apoyos conforme al plano de “Planta Catastral y Accesos”, tratando de respetar las lindes de las propiedades y siempre de acuerdo con los propietarios y ayuntamiento afectados.

El Contratista será responsable en todo momento de los desperfectos y perjuicios ocasionados a los propietarios de los terrenos afectados, por el transporte y acopio del material.

4.11. TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Al ser el Contratista quien suministra los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

El Contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Así se utilizarán eslingas textiles para la bajada de perfiles.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de estos.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento o deformación de los mismos.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de estos con el suelo y entre ellos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de poder introducir los estrobos. Esto supondrá situar un mínimo de tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se transportarán con vehículos especiales o elementos apropiados desde el almacén, hasta el pie del apoyo.

Se tendrá especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, dificultando su armado o haciendo desprenderse la capa de galvanizado.

Los estrobos para utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostramiento.

Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas, su transporte se hará siempre bien embalados y con el debido cuidado.

Las bobinas se descargarán con grúa, o con muelle de descarga, pero nunca dejándolas caer desde el camión. En caso de rodarse las bobinas se hará siempre en sentido contrario al del arrollamiento del cable.

4.12. TRABAJOS EN LOS CRUZAMIENTOS

Las protecciones en ferrocarriles, carreteras, caminos, veredas, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, etc., serán por cuenta del Contratista.

En aquellos cruzamientos en los que el proyectista considere que son de especial relevancia y en los que pudiera ser razonable aumentar los coeficientes de seguridad reglamentarios, se instalarán cadenas con doble aislamiento por conductor.

En los cruzamientos con vías públicas o en lugares transitados, se colocarán protecciones adecuadas, y se situará a cada lado del cruzamiento una señal indicadora de peligro.

En los cruzamientos de líneas eléctricas de cualquier tensión, o en los trabajos a efectuar en las proximidades de dispositivos con tensión, se tomarán todas las precauciones conocidas (corte de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el Contratista de lo que pueda suceder, aunque se halle presente en la obra alguno de los técnicos o vigilantes del contratante.

Los cruzamientos se efectuarán preferentemente sin tensión en la línea cruzada, para lo que deberá solicitar el Contratista los descargos correspondientes con veinte días de antelación al cliente, que se hará cargo de esta gestión. Si el cruzamiento se hiciese con la línea en tensión este no se realizará hasta la aprobación por parte del Director de Obra del método a emplear.

Los descargos se realizarán normalmente en días festivos, por lo que el Contratista deberá organizar su trabajo de forma que los cruces con líneas coincidan con dichos días. No obstante, el cliente hará las gestiones necesarias para que dichos descargos sean en las fechas más convenientes para el buen orden del trabajo, sin que el Contratista pueda efectuar reclamación alguna si no se puede conseguir.

Las líneas de tensión inferior a 25 kV podrán ser puenteadas por el Contratista, siempre que se consiga la debida autorización de la empresa propietaria de la línea.

Estos puentes se harán con cables aislados a su cargo y se introducirán en zanjas para su protección. Asimismo, se colocarán placas indicadoras de peligro de muerte y se señalará debidamente la zona afectada.

En líneas de tensión superior a la indicada y en todas aquellas en las que no se consiga autorización para puentearlas con cable aislado, tendrán que cruzarse en descargo que será lo más breve posible, haciendo que el final y el principio de los cantones de tendido queden a ambos lados de la línea cruzada.

4.13. REPOSICIÓN DEL TERRENO

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza o retiradas a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será a cargo del Contratista.

Todos los daños serán por cuenta del Contratista, salvo aquellos aceptados por el Director de Obra.

4.14. NUMERACIÓN DE APOYOS. AVISO DE RIESGO ELÉCTRICO

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la indicada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, el fabricante, la función, denominación según fabricante y el año de fabricación.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura visible y legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (aprox. 4 m).

Se señalará la instalación con el lema corporativo del contratante en los cruces con vías de comunicación.

4.15. PUESTA A TIERRA

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el Documento Memoria y los planos de puesta a tierra del Documento Planos.

Una vez finalizadas las instalaciones de puesta a tierra el Contratista procederá a la medición de la tensión de contacto aplicada mediante un método por inyección de corriente en los apoyos donde la determinación de ese valor sea exigida (apoyos frecuentados), según se indica en el apdo. 7.3.4.6 de la ITC-LAT 07 del RLEAT.

Cuando no sea posible cumplir las tensiones de contacto, se instalarán medidas adicionales de seguridad y se medirán las tensiones de paso.

En los apoyos no frecuentados, en el supuesto de que el valor de la resistencia de puesta a tierra sea superior a 20Ω se realizará una mejora de la puesta a tierra hasta alcanzar en lo posible dicho valor.

La medición de la resistencia de puesta a tierra del apoyo se determinará eliminando el efecto de los cables de tierra.

4.16. CONDICIONANTES AMBIENTALES

La ejecución de los trabajos deberá cumplir los requisitos ambientales expuestos a continuación.

4.16.1. CONDICIONANTES GENERALES

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones del contratante en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir, se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental, Declaraciones de Impacto Ambiental, Planes de Vigilancia Ambiental, o resoluciones emitidas por la Administración Ambiental.

En caso de generarse un incidente o accidente ambiental durante el servicio imputable a una mala ejecución del Contratista se deben aplicar las medidas correctoras necesarias para restablecer el medio afectado a su situación inicial y hacerse cargo de la restauración del daño causado.

Las emisiones sonoras debidas al transporte de materiales, movimiento de maquinaria y presencia de personal, se realizará asegurando que no se superan los límites máximos permitidos establecidos por las normas de aplicación.

4.16.2. ATMÓSFERA

Para minimizar la dispersión de material por el viento, se adoptarán las siguientes medidas:

- Acopio y almacenamiento de materiales en lugares protegidos.
- Reducción del área y tiempo de exposición de los materiales almacenados al máximo posible.
- Humedecer los materiales expuestos al arrastre del viento y las vías no pavimentadas.
- Priorizar el acondicionamiento de suelo desnudo.

- La carga y transporte de materiales se realizará cubriendo las cajas de los vehículos y adaptando la velocidad del transporte al tipo de vía.

4.16.3. RESIDUOS

Como primera medida se aplicará una política de NO GENERACIÓN DE RESIDUOS y su manejo incluirá los siguientes pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

Conservar las zonas de obras limpias, higiénicas y sin acumulaciones de desechos o basuras, y depositar los residuos generados en los contenedores destinados y habilitados a tal fin.

La gestión y el transporte de los residuos se realizarán de acuerdo con la normativa específica para cada uno de ellos, según su tipología.

4.16.4. INERTES

Se establecerán zonas de almacenamiento y acopio de material en función de las necesidades y evolución de los trabajos en Obra. Las zonas de acopio y almacenamiento se situarán siempre dentro de los límites físicos de la obra y no afectarán a vías públicas o cauces ni se situarán en zonas de pendiente moderada o alta ($\geq 12\%$); salvo necesidad de proyecto y permiso expreso de la autoridad competente.

En el almacenamiento temporal se deberán construir barreras provisionales que impidan su dispersión.

4.16.5. DERRAMES Y VERTIDOS

Se controlarán los vertidos de obra en función de su procedencia.

Se prohíbe el lavado de cubas de hormigón en obra.

En caso de derrame accidental por avería, incidente o mala ejecución, se tendrá en cuenta lo dispuesto en el apartado 4.14.1 – Condiciones Generales, y en el 4.14.3 – Residuos, en lo referente al transporte y gestión.

4.16.6. CONSERVACIÓN AMBIENTAL

Se acotarán las operaciones de desbroce y retirada de la cubierta vegetal a las necesidades de la obra.

Se acopiará y reservará la cubierta vegetal para su reposición una vez finalizada la obra.

Se utilizarán los accesos existentes para el transporte de material, equipo y maquinaria que se emplee durante la ejecución de la obra.

4.16.7. FINALIZACIÓN DE LA OBRA Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL

Retirada de los materiales sobrantes, estructuras temporales y equipos empleados durante la ejecución de la obra, restaurando las zonas que hayan sido compactadas o alteradas.

5. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Toda obra a realizar estará sometida a la obtención previa de las licencias correspondientes y demás autorizaciones municipales o, en su caso, a la autorización para reparación de avería y posterior obtención de licencia, así como al pago de las correspondientes exacciones fiscales, según la normativa aplicable en cada supuesto.

En todo el trazado y durante la ejecución de los trabajos prevalecerá el orden y limpieza. Al finalizar la jornada de trabajo se retirarán todas las herramientas, materiales y maquinaria.

En pasos de vehículos o de personas se dispondrán planchas de chapa de hierro debidamente señalizadas. El espesor de estas chapas no será inferior a 20 mm y se dispondrán barandillas y los elementos de seguridad oportunos.

Si los trabajos propios de las obras significaran la obstrucción de desagües, se construirán unos provisionales, manteniéndose limpios en todo momento.

En caso de encontrarse bocas de riego, hidrantes o similares se respetará un radio de 3 m alrededor de estos elementos.

Todos los servicios descubiertos permanecerán identificados. Si durante los trabajos se produjeran averías en canalizaciones o servicios ajenos se repararán con carácter urgente, para luego proceder a su reparación definitiva.

El acopio de materiales se realizará de forma segura en un lugar adecuado a su almacenaje.

El contratista aportará toda la herramienta y útiles necesarios para la ejecución de los trabajos. Las herramientas y útiles estarán suficientemente dimensionados para el trabajo que se vaya a desarrollar y cumplirán con la legislación vigente oportuna en materia de seguridad.

5.2. REPLANTEO

Todos los trabajos realizarán en conformidad a los planos y coordenadas entregados previamente a su ejecución.

Se comprobarán siempre los servicios y elementos afectados, tanto si están previstos inicialmente como si surgen a posteriori. Para ello se realizarán los estudios y calas sean oportunas.

5.3. TRAZADO

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc.

Se procurará causar los mínimos daños posibles en la propiedad, ajustándose a los compromisos adquiridos con el propietario antes de la ejecución de las obras.

En entornos rurales se mantendrán cerradas las propiedades atravesadas, en caso de posibilidad de presencia de ganado.

En instalaciones enterradas, al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor, siendo este radio mínimo $10 \cdot (D+d)$ donde D es el diámetro exterior y d el diámetro del conductor.

En instalaciones entubadas se respetarán los radios de curvatura mínimos precisos dependiendo del diámetro exterior del tubo, de tal forma que en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 160 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 8 m, en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 200 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 10 m y en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 250 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 12,5 m.

5.4. APERTURA DE ZANJAS

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por el contratista.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 500 mm entre la zanja y las tierras extraídas o cualquier otro objeto, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Las tierras extraídas se apilarán de forma adecuada para su posterior uso, en caso de que las autoridades lo permitan, o para su posterior evacuación a vertedero autorizado. Se prestará especial atención para no

mezclarla con agentes contaminantes que pudieran dañar el medio ambiente o impedir su posible reutilización.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios comercios y garajes. Se respetarán siempre anchos de vías de circulación de al menos 3 m si es de sentido único y de 6 m si es de doble sentido. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará de una autorización especial.

En canalizaciones que discurran por calzada se dejará un mínimo de 30 centímetros de separación desde el bordillo hasta la arista más próxima de la zanja.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3 m alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se practicará una mina o galería por la que se pase el cable.

Las dimensiones de las zanjas para las ternas se harán según las tablas indicadas en los planos del Proyecto Oficial, en función de la sección de los cables y el tipo de instalación: directamente enterrada, bajo tubo y bajo tubo hormigonada.

Si deben abrirse las zanjas en terreno de relleno o de poca consistencia debe recurrirse al entibado en previsión de desmontes.

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

No se emplearán, en ningún caso, maquinaria y herramientas que causen una contaminación acústica que sobrepase los niveles especificados por la legislación vigente.

En caso de ser necesaria la retirada de pavimento asfáltico, se realizarán los cortes por medio de cortadora de disco.

A la hora de atravesar jardines o parques, se intentará preservar la vegetación existente en la medida de lo posible.

Ante presencia de agua se realizarán y mantendrán los achiques necesarios para una correcta ejecución de los trabajos, disponiéndose de sistemas de drenaje especial cuando en caso necesario.

Se evitará el deterioro de todos los elementos afectados por la excavación, para lo que se tomarán las medidas pertinentes. En caso de deterioro, el contratista será responsable de su reparación y tendrá la obligación de avisar inmediatamente a los propietarios.

5.5. CANALIZACIÓN

5.5.1. CANALIZACIÓN DE CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 100 mm de espesor sobre la que se colocará el cable. Posteriormente se rellenará con arena, hasta formar un bloque que cubra la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario.

Se empleará preferentemente la arena procedente de la misma zanja, siempre y cuando exista la aprobación del Director de Obra y reúna las condiciones señaladas anteriormente.

Caso contrario se empleará arena fina o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 1 a 2 mm como máximo.

En ambos casos, con objeto de garantizar la estabilidad de la resistencia térmica de esta arena ante distintos grados de humedad del terreno, se mezclará la arena con cemento en la proporción 14 partes de arena por 1 de cemento antes de proceder al relleno.

A continuación, se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Todos los cables deben tener un dispositivo protector formado por placas de polietileno ensambladas, de 1000 mm de longitud por 250 mm de anchura. Dichas placas se situarán unos 250 mm por encima de la capa de relleno estabilizado de arena, y sobre la vertical de cada terna.

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna, a una profundidad aproximada de 300 mm y situada sobre el eje vertical de cada terna.

Los eventuales obstáculos deben ser evitados buscando la mejor solución técnica posible.

5.5.2. CANALIZACIÓN BAJO TUBO HORMIGONADO

En este tipo de canalización se instalará un cable por tubo. Los tubos serán independientes entre sí, siendo tubos de polietileno de alta densidad o polipropileno, de doble pared, lisa la interna y corrugada la externa.

La disposición de los tubos, que será siempre al tresbolillo, vendrá obligada por el empleo de separadores, situados cada 3 m (dos por tramo de tubo).

Los separadores serán de tipo plástico, compuestos a partir material libre de halógenos y proporcionarán suficiente rigidez mecánica para soportar los esfuerzos electrodinámicos tanto en el momento de instalación como en servicio. La forma del separador obligará al formado del tresbolillo de los tubos.

Excepcionalmente se admitirá la disposición en capa de los tubos, cuando las condiciones específicas de un proyecto así lo aconsejen.

Tanto en tubos de potencia como tubos de telecomunicaciones se respetarán las siguientes indicaciones:

- No se empleará ningún tubo deteriorado previamente a su instalación. Se desecharán los tubos perforados, abollados o con fisuras.
- Los tubos se ensamblarán unidos entre sí mediante los manguitos de unión suministrados a tal efecto, comprobando que no se queda ningún elemento extraño en su interior. No obstante, se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro del cable, para evitar enganches contra dichos bordes.
- Al construir la canalización, se dejará en los tubos de potencia una cuerda de nylon de 10 mm de diámetro en su interior que facilite posteriormente el enhebrado de los elementos para tendido. La cuerda de nylon será de 8 mm de diámetro para los tubos de telecomunicaciones.
- Al concluir la jornada de trabajo se taparán los extremos del tubo abiertos.
- Las juntas de las entradas y salidas de los tubos a las cámaras de empalme se sellarán mediante sikaflex o mortero sin retracción.
- El interior de los tubos en las entradas y salidas a las cámaras de empalme se sellará con espuma de poliuretano de expansión, salvo que el tubo sea de desagüe.

Se respetará un radio de 100 mm alrededor de los tubos, sin que se ubique ningún otro elemento, para lo que se realizarán las etapas necesarias en las fases de hormigonado.

El encofrado de hormigón ocupará toda la anchura de la canalización.

Para el encofrado de hormigón se utilizará en todo caso hormigón en masa HM-20/B/20 según la norma EHE-08. Las clases general y específica de exposición se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

A continuación, se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna, a una profundidad aproximada de 150 mm bajo el pavimento a reponer y situada sobre el eje vertical de cada terna.

5.5.3. CANALIZACIÓN DE CABLES BAJO TUBO SIN HORMIGONAR

El uso preferente en instalaciones bajo tubo será el hormigonado en la construcción de líneas de distribución. El empleo de instalaciones bajo tubo sin hormigonar responderá a criterios de diseño de red y a tramos de canalización entubada donde no sea posible hormigonar, ya sea por cuestiones de trazado u otras circunstancias.

En este tipo de canalización se instalará un cable por tubo con las mismas características dimensionales que la instalación bajo tubo hormigonado.

En los cruces con servicios habituales en el subsuelo se guardará una prudencial distancia frente a futuras intervenciones, y cuando puedan existir injerencias de servicio, como es el caso de otros cables eléctricos, conducciones de aguas residuales por el peligro de filtraciones, etc., es conveniente la colocación para el cruzamiento de un tramo de tubo de 2 m.

En este tipo de canalización se instalará un cable por tubo. Los tubos serán independientes entre sí, siendo tubos de polietileno de alta densidad o polipropileno, de doble pared, lisa la interna y corrugada la externa.

La disposición de los tubos, que será siempre al tresbolillo, vendrá obligada por el empleo de separadores, situados cada 3 m (dos por tramo de tubo).

Los separadores serán de tipo plástico, compuestos a partir material libre de halógenos y proporcionarán suficiente rigidez mecánica para soportar los esfuerzos electrodinámicos tanto en el momento de instalación como en servicio. La forma del separador obligará al formado del tresbolillo de los tubos.

Excepcionalmente se admitirá la disposición en capa de los tubos, cuando las condiciones específicas de un proyecto así lo aconsejen.

Tanto en tubos de potencia como tubos de telecomunicaciones se respetarán las siguientes indicaciones:

- No se empleará ningún tubo deteriorado previamente a su instalación. Se desecharán los tubos perforados, abollados o con fisuras.
- Los tubos se ensamblarán unidos entre sí mediante los manguitos de unión suministrados a tal efecto, comprobando que no se queda ningún elemento extraño en su interior. No obstante, se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro del cable, para evitar enganches contra dichos bordes.

- Al construir la canalización, se dejará en los tubos de potencia una cuerda de nylon de 10 mm de diámetro en su interior que facilite posteriormente el enhebrado de los elementos para tendido. La cuerda de nylon será de 8 mm de diámetro para los tubos de telecomunicaciones.
- Al concluir la jornada de trabajo se taparán los extremos del tubo abiertos.
- Las juntas de las entradas y salidas de los tubos a las cámaras de empalme se sellarán mediante sikaflex o mortero sin retracción.
- El interior de los tubos en las entradas y salidas a las cámaras de empalme se sellará con espuma de poliuretano de expansión, salvo que el tubo sea de desagüe.

Se respetará un radio de 100 mm alrededor de los tubos, sin que se ubique ningún otro elemento, para lo que se realizarán las etapas necesarias en las fases de rellenado de la zanja respetando las canalizaciones proyectadas.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario.

Se empleará preferentemente la arena procedente de la misma zanja, siempre y cuando exista la aprobación del Director de Obra y reúna las condiciones señaladas anteriormente.

Caso contrario se empleará arena fina o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 1 a 2 mm como máximo.

En ambos casos, con objeto de garantizar la estabilidad de la resistencia térmica de esta arena ante distintos grados de humedad del terreno, se mezclará la arena con cemento en la proporción 14 partes de arena por 1 de cemento antes de proceder al rellenado.

A continuación, se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna", a una profundidad aproximada de 150 mm bajo el pavimento a reponer y situada sobre el eje vertical de cada terna.

5.5.4. CABLES AL AIRE, ALOJADOS EN GALERÍAS

Este tipo de canalización se evitará en lo posible, utilizándose únicamente en el caso en que el número de conducciones sea tal que justifique la realización de galerías; o en los casos especiales en que no se puedan utilizar las canalizaciones anteriores.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que corresponda.

Las paredes han de permitir una sujeción segura de las estructuras soportes de los cables, así como permitir en caso necesario la fijación de los medios de tendido del cable. Dispondrán de un punto de puesta a tierra accesible que conecte con el electrodo enterrado de puesta a tierra.

Las galerías visitables se usarán preferentemente solo para instalaciones eléctricas de potencia y cables de control y comunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 metros de anchura mínima y 2 metros de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones, como la seguridad de circulación del personal.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida al personal que esté en su interior. Para evitar la existencia de tramos de galería con una sola salida, deben disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueva, a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C. Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C, lo cual se tendrá en cuenta para determinar la intensidad admisible en servicio permanente del cable.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

Las empresas utilizadoras tomarán las medidas oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

Las galerías de longitud superior a 400 metros, además de las disposiciones anteriores dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm), de accesos de personal cada 400 metros como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas

y referencias exteriores, tabiques de sectorización contra incendios (RF 120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 metros como máximo y las medidas oportunas para la prevención contra incendios.

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, todos los cables de A.T en uno de los laterales, reservando el otro para B.T, control, señalización, etc.).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

Los cables se colocarán al aire, fijados sobre soportes metálicos mediante abrazaderas plásticas, de manera que no se desplacen por efectos electrodinámicos.

Las abrazaderas plásticas fabricadas en poliamida reforzada con fibra de vidrio, resistentes al incendio. Asimismo, serán resistentes al agua, rayos UVA, ozono, aceites, combustibles acetona, alcoholes y benceno.

Serán totalmente inertes, no conteniendo halógenos ni ningún metal que desprenda gases tóxicos en caso de incendio. No contendrán ningún tipo de colorante ni pintura, y serán de color negro. El diseño tendrá las dimensiones adecuadas para proporcionar una presión firme y uniforme sin dañar los cables, ni en funcionamiento normal ni en condiciones de cortocircuito.

El montaje de las abrazaderas se realizará de forma rápida y sencilla, sin necesidad de utilizar herramientas especiales.

Se instalarán preferentemente abrazaderas con soporte incorporado fabricado del mismo material, admitiéndose donde no sea posible la instalación de la abrazadera sobre soportes metálicos.

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

En galerías o zanjas registrables se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Solo se admite la existencia de canalizaciones de agua si se puede asegurar que en caso de fuga el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación; y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de A.T, de B.T, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

5.5.5. PARALELISMOS Y CRUZAMIENTOS

Cuando en el trazado de la línea aparezca algún tipo de paralelismo o cruzamiento con cualquier otro elemento de los contemplados en el documento Memoria, se respetará en todo momento lo indicado en la citada Memoria.

Caso de plantearse distintas alternativas para resolver estos paralelismos o cruzamientos, será el Director de Obra quien decida que alternativa adoptar, en base a razones técnicas, económicas y de seguridad.

5.5.6. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE BOBINAS DE CABLES

Previamente al traslado, será estudiado el emplazamiento de destino. El transporte de las bobinas se realizará siempre sobre vehículo, manipulándose mediante grúa.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Si la bobina se transporta con duelas, se deben proteger convenientemente para que un deterioro de estas no afecte al cable.

Cuando se coloquen las bobinas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una con otra, y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y resistentes, con un largo total que cubra completamente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa, y se clavarán por ambos lados al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de las duelas, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tabloncillos de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma. Además, deberá evitarse que la bobina ruede sobre un suelo accidentado.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas que se introducen hacia el interior con el consiguiente peligro para el cable.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie, sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

El almacenamiento de bobinas se realizará sobre firme adecuado, en un lugar donde no pueda acumularse agua. En lugares húmedos se aconseja la separación de las bobinas. No se permitirá el apilamiento de bobinas.

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

5.6. TENDIDO DE CABLES

En instalaciones directamente enterradas o en galería se verificará antes del tendido que no hay elementos susceptibles de dañar la cubierta. En instalaciones directamente enterradas se revisará la rasante, que será lisa y en instalaciones en galería se revisarán los puntos de apoyo del cable, como bandejas o voladizos.

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se procederá a mandrilar los tubos de la instalación según los diámetros interiores de los mismos.

Una vez finalizada la zanja se procederá al mandrilado de todos los tubos en los dos sentidos. El mandril será suministrado por el contratista.

Esta operación se deberá realizar obligatoriamente en presencia del director de obra.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que sirva para el tendido del futuro piloto de tendido del cable. La cuerda guía de nylon será de 10 mm de diámetro.

En el caso de encontrarse con algún cuerpo extraño, se procederá a su retirada por un medio aprobado por el técnico responsable. Si el tubo está obstruido (el mandril no pasa), se procederá a la nueva ejecución del tramo afectado.

Después del mandrilado se procederá a tapar el tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños y se levantará acta de esta actividad.

Se estudiará el emplazamiento óptimo para la bobina antes del tendido. La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido. En el caso de trazados con pendiente, es preferible el tendido en sentido descendente. Se procurará la alineación de las bobinas con la traza para su tendido. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no superará los 10°.

En caso de que uno de los extremos de la canalización presente puntos de difícil acceso o curvas pronunciadas, es preferible situar la bobina en el extremo opuesto.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Al retirar las duelas de protección se cuidará hacerlo de forma que ni ellas, ni el elemento empleado para enclavarla, puedan dañar el cable. Las duelas se retirarán con la bobina suspendida unos 10 ó 20 cm, haciendo posible el giro alrededor de su eje. El eje se apoyará sobre pies dimensionados acorde al trabajo a desarrollar, asegurando la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y un radio de curvatura una vez instalado de 10 (D+d), siendo D el diámetro exterior del cable y del diámetro del conductor.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja, estarán comunicados y en disposición de detener el proceso de tendido en cualquier momento. A medida que vaya extrayendo el cable de la bobina, se hará inspección visual de cualquier deterioro del cable.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante de este.

Los cabrestantes se accionarán por medio de motores autónomos para tirar de los cables de potencia a través de pilotos guía. En la placa de características figurará su fuerza de tracción, permitiéndose el uso de rebobinadora para los cables piloto. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

Antes del inicio de los trabajos se realizará un estudio de las tracciones necesarias, a fin de no sobrepasar los esfuerzos máximos permitidos. El despliegue del cable se hará lentamente a velocidad constante. Esta velocidad será del orden de entre 2,5 y 5 m/min.

Se prestará especial atención cuando la bobina se desenrolle completamente, teniendo previsto que el cable no se destense en ningún momento mediante algún tipo de medio mecánico.

El cabrestante y el freno deben ser fijados de forma rígida para un correcto funcionamiento en el peor caso de carga. La máquina de frenado y sus accesorios estarán dimensionados en función de la bobina de tendido. El dispositivo de frenado será reversible y podrá actuar como cabrestante en caso de necesidad.

Para el guiado del cable se emplearán cables piloto de tipo flexible, serán anti giratorios y sus elementos de conexión serán giratorios para compensar la torsión producida.

La unión del cable y del cable piloto se realizará por medio de cabezal de tiro y manguito giratorio.

Se podrá recubrir el cable con grasa lubricante con el fin de favorecer el deslizamiento de este en el interior de los tubos y así reducir el esfuerzo de tracción. En ningún caso se utilizará grasa que pueda dañar la cubierta del cable.

El tendido se hará obligatoriamente a través de rodillos que puedan girar libremente, y contruidos de forma que no dañen el cable. La superficie de los rodillos será lisa, libre de rebabas o cualquier deformación que pudiera dañar el cable.

Los rodillos se montarán sobre rodamientos convenientemente lubricados, para lo que se dispondrán los equipos de engrase convenientes.

El diámetro del rodillo será, como mínimo, de 2/3 partes el diámetro del conductor.

En algunos casos es aconsejable el uso de arquetas intermedias que permitan situar rodillos a la entrada y salida de los tubos. Con esto se disminuye el rozamiento y, por consiguiente, el esfuerzo de tiro del cable.

Los rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

El diseño de los rodillos evitará en todo momento el rozamiento de las armaduras o cualquier otro elemento con el cable, impidiendo el deterioro de la cubierta de este. El descarrilamiento se impedirá por medio de protecciones dispuestas a tal efecto.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales. Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben

disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido. La cifra mínima recomendada es de un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se una cuerda. Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicha cuerda, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones. Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollando cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable. El frenado del cable estará sincronizado con el tiro del mismo. Si se deja de tirar del cable sin frenar, la inercia de giro de la bobina alrededor de su eje permitirá que se siga desenrollando el cable, lo que puede producir malformaciones ante un esfuerzo de flexión.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolos a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

Por sus características constructivas, los cables no se someterán a esfuerzos de flexión. Estos esfuerzos podrían mermar las propiedades mecánicas o eléctricas del cable e incluso inutilizarlo por completo.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando hay obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 100 mm de arena fina y la placa de protección de polietileno normalizada según la edición vigente de la Especificación de Materiales “Placa de Polietileno para protección de cables enterrados”.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de estos. Se asegurará la estanqueidad en los extremos de la zanja, zonas de empalme y terminales, así como del extremo de cable que haya quedado en la bobina.

Con el cable tendido, se sellarán las bocas de los tubos para impedir la entrada de gases, agua o roedores con espuma de poliuretano sin que ésta entre en contacto con la cubierta del cable.

Cuando dos extremos de cable tendidos vayan a ser empalmados, la cubierta puede desplazarse con respecto al resto del cable debido a los esfuerzos de tracción. Por este motivo, cuando dos cables se vayan a empalmar, se solaparán al menos 2,5 m salvo longitud específica dada por el fabricante.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización, asegurándola con hormigón en el tramo afectado.

Nunca se pasará más de un cable por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

En instalaciones bajo tubo, se tendrá especial cuidado en la boca del tubo para no producir ralladuras en la cubierta del cable. Se colocará un rodillo a la entrada del tubo o, en su defecto, se utilizarán boquillas protectoras.

5.7. TENDIDO DE CABLES DE PUESTA A TIERRA

Se tenderán dos cables de puesta a tierra en cada tramo con conexión de pantallas “single point”, que unirán equipotencialmente los electrodos de puesta a tierra de ambos extremos.

La disposición de los cables de tierra será la especificada en las correspondientes zanjas tipo.

La sección de cada cable de tierra no será en ningún caso inferior a la sección de la pantalla y, en cualquier caso, soportará una intensidad de cortocircuito admisible en régimen no adiabático superior a la soportada por la pantalla.

Para el mandrilado del tubo utilizado para el tendido de los conductores equipotenciales, se emplearán medios mecánicos y no manuales, como máquina de tiro con limitador de esfuerzo. El mandril será suministrado por el contratista.

5.8. TENDIDO DE LOS CABLES DE TELECOMUNICACIONES

La distancia entre arquetas depende del trazado de la canalización. Como regla general, la distancia aproximada puede ser de 150 m a 200 m. Si son tramos rectos pueden construirse cada 200 m. Con el margen de 50 m se podrán mover las arquetas para que el número total de las mismas se ajuste a los metros totales del recorrido de la canalización.

Para poder realizar el tendido del cable y que éste y las fibras no sufran daños, deben existir registros o arquetas de forma que la canalización no sea mayor de 200 metros, entre arquetas o registros.

Debido a las limitaciones del radio de curvatura del cable, se construirán arquetas en todos los cambios de dirección del recorrido de la canalización que sean mayor o igual a 45°, evitándose que se doblen o se corten las fibras.

No se permitirá tender el cable haciendo tracción por medio de palancas, vehículos y otros útiles; deberá hacerse siempre a mano, con los operarios distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la canalización. El cable que se suministra tiene una resistencia a la tracción de 3000 N.

En ningún caso, aunque sea de forma transitoria para continuar con el trabajo más tarde, se dejarán los extremos del cable en zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los de los subconductos así como haber sellado la punta del cable para evitar la entrada de agua en los subconductos y humedad en el cable.

Las cocas de cable serán normalmente de 10 metros, se dejarán en las arquetas donde están definidos los empalmes, se enrollarán, respetando el radio mínimo de curvatura del cable y se sellarán las puntas del cable de fibra óptica.

5.9. HORMIGONADO

El hormigonado se realizará conforme al artículo 52º “Elementos estructurales de hormigón en masa” de la norma EHE-08, empleándose un hormigón HM-20/B/20. Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) no estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 20 N/mm² según la EHE-08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a las clases general y específica de exposición, se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

Antes de realizar las cimentaciones el contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

Los materiales empleados en la elaboración del hormigón en masa serán los siguientes:

5.9.1. CEMENTO

La resistencia del cemento no será inferior a 200 kp/cm² y se ajustará a lo establecido en el artículo 26º de la EHE-08.

5.9.2. AGUA

Se podrá utilizar, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones establecidas en el artículo 27º la EHE-08.

5.9.3. ÁRIDOS

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arena y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentren sancionados por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. En cualquier caso, cumplirán las condiciones del artículo 28º de la EHE-08.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

En caso de empleo de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Los áridos deberán llegar a obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones (arena y grava).

El tamaño del árido, las condiciones físico-químicas, las condiciones físico-mecánicas, la granulometría y coeficiente de forma se ajustarán a lo establecido en el artículo 28º de la EHE-08.

5.9.4. COMPOSICIÓN

Se dosificará el hormigón con arreglo a los métodos que estime oportunos el contratista respetando siempre:

- La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 150 kg/m³.
- La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kg/m³.

Para establecer la dosificación, el contratista deberá recurrir, en general, a ensayos previos en laboratorios tal y como especifica el anejo 22 de la EHE-08, con el objeto de que el hormigón resultante satisfaga las condiciones que le exige el artículo 31º de la EHE-08.

La fabricación del hormigón se ajustará a lo establecido en el artículo 71 de la EHE-08.

La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 °C. Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0 °C. Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados. En aquellos casos que no puedan cumplirse las prescripciones anteriores, se admitirá el uso de los aditivos necesarios previa consulta y aprobación por parte de UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN

No se hormigonará a temperaturas superiores a 40 °C.

El hormigón a emplear tendrá una resistencia característica F_{ck} mínima de 200 kg/cm².

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón se ajuste a la indicada en los planos del presente Proyecto Oficial.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por el director de obra.

El control de la resistencia característica del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 86º de la EHE-08.

En los casos en que el contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad de este mediante un adecuado curado según lo establecido en el Art. 71º de la EHE-08.