

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.

$$CS = \frac{16.000}{2 \cdot \sqrt{(V \cdot p_v)^2 + (P \cdot p_c)^2}} = 11 > 2,5$$

- V: Máximo vano viento para apoyos de suspensión: **371 m**
- P: Máximo vano peso para apoyos de suspensión: **447 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 (10900 daN) y para el condor (12544 daN), se comprueba que el coeficiente de seguridad de la cadena de aislamiento es superior a 2,5.

$$CS = \frac{32.000}{2 \cdot 0,4 \cdot 10900} = 3,66 > 2,5$$

$$CS = \frac{32.000}{3 \cdot 3962} = 2,69 > 2,5$$

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

El conductor que se va a emplear en la construcción de la línea para el circuito 1 será de aluminio y acero recubierto de aluminio. A continuación, se definen sus principales características:

Tipo	DX GULL
Material	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm)	25,38
Sección total (mm ²)	381
Peso (daN/m)	1,254
Carga de rotura (daN)	10.900
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	4.910



Coeficiente de dilatación lineal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	$23 \cdot 10^{-6}$
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/Km)	0,0857
Composición	54 + 7

A continuación, se definen las principales características del conductor correspondiente al circuito 2 de la línea:

Tipo	TX-CONDOR-ACSR
Material	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm)	27,72
Sección total (mm^2)	454,5
Composición del conductor	54+7
Peso (daN/m)	1,491
Carga de rotura (daN)	12.544
Módulo de elasticidad (daN/mm^2)	6.900
Coeficiente de dilatación lineal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	$19,3 \cdot 10^{-6}$
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/Km)	0,0718
Intensidad máxima admisible (A)	799

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.

Peso del conductor GULL (daN/m)	$P_c = 1,25$
Peso del conductor CONDOR (daN/m)	$P_c = 1,49$

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:

$$P_v = 50 \left(\frac{140}{120} \right)^2 = 68,056 \text{ daN/m}^2$$



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	10900	2071	19
LA 455 CONDOR	12544	2383,4	19

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/m² 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.



GULL:

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

CÓNDOR:

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	27,7622	1,889	1,49442	2,41
Tracción máxima de hielo	-15	10,52	750	0,95	0	48,8022	0	1,49442	2,44



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 hielo + viento	-15	10,52	750	0,95	12,5	48,8022	0,61	1,49442	2,52
EDS	15	0	750	0	0	27,7622	0	1,49442	1,49
Flecha máxima temperatura (50º)	50	0	750	0	0	27,7622	0	1,49442	1,49
Flecha máxima temperatura (85º)	85	0	750	0	0	27,7622	0	1,49442	1,49
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	27,7622	1,388	1,49442	2,04
Flecha máxima hielo	0	10,52	750	0,95	0	48,8022	0	1,49442	2,44
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	27,7622	0	1,49442	1,49
Desviación cadenas	-10	0	750	0	25	27,7622	0,694	1,49442	1,65
Control de vibraciones	-5	0	750	0	0	27,7622	0	1,49442	1,49



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.

GULL CIRCUITO 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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	3121	3,49	1446	10,26	3215	3,39	1468	10,11	3305	3,3	1457	10,19
18	19	321.06	3113	3,5	1446	8,99	3204	3,4	1468	8,85	3293	3,31	1457	8,92
19	20	400.97	3222	3,38	1494	13,44	3300	3,3	1512	13,29	3397	3,21	1502	13,37
20	21	398.13	3219	3,39	1491	13,34	3300	3,3	1508	13,19	3397	3,21	1499	13,27
21	22	383.06	3191	3,42	1481	12,53	3273	3,33	1501	12,37	3368	3,24	1490	12,45
22	23	357.54	3190	3,42	1481	10,73	3274	3,33	1501	10,58	3369	3,24	1490	10,66
23	24	262.66	3023	3,61	1407	5,95	3131	3,48	1437	5,82	3209	3,4	1422	5,88
24	25	396.27	3212	3,39	1488	12,98	3294	3,31	1506	12,82	3391	3,21	1497	12,9
26	27	196.55	2886	3,78	1344	3,66	3016	3,61	1385	3,55	3082	3,54	1366	3,6
27	28	184.18	2850	3,82	1331	3,21	2981	3,66	1375	3,11	3042	3,58	1355	3,16
28	29	234.50	2964	3,68	1383	5,01	3072	3,55	1416	4,89	3147	3,46	1400	4,95
29	30	234.09	2983	3,65	1381	5,02	3119	3,49	1415	4,9	3190	3,42	1398	4,96
30	31	298.14	3080	3,54	1432	7,75	3178	3,43	1458	7,62	3262	3,34	1445	7,69
31	32	458.77	3280	3,32	1514	17,36	3358	3,25	1529	17,2	3460	3,15	1521	17,29
32	33	296.33	3032	3,59	1411	7,76	3132	3,48	1440	7,6	3213	3,39	1426	7,68
33	34PAS	231.75	3025	3,6	1411	4,75	3125	3,49	1440	4,66	3206	3,4	1426	4,7
35PAS	36	180.60	2842	3,84	1328	3	2974	3,67	1373	2,9	3033	3,59	1352	2,95
36	37	189.58	2863	3,81	1335	3,29	2994	3,64	1379	3,19	3056	3,57	1358	3,24
37	38	80.48	819	13,31	371	2,29	873	12,49	381	2,24	899	12,12	379	2,24
38	39	154.43	1002	10,88	462	6,47	1024	10,64	466	6,41	1059	10,29	466	6,42
39	40	73.24	829	13,15	382	1,8	874	12,47	393	1,75	902	12,08	392	1,76
41	42	301.24	3094	3,52	1435	8,02	3196	3,41	1460	7,88	3281	3,32	1447	7,95
42	43	317.20	3120	3,49	1452	8,74	3209	3,4	1476	8,6	3296	3,31	1463	8,67
43	44	377.55	3184	3,42	1476	12,18	3270	3,33	1496	12,01	3364	3,24	1485	12,1
44	45PAS	350.63	3185	3,42	1476	10,43	3276	3,33	1496	10,29	3370	3,23	1485	10,36
46PAS	47	341.43	3158	3,45	1468	9,94	3239	3,37	1488	9,8	3333	3,27	1478	9,87
29	48	359.12	3161	3,45	1468	10,99	3244	3,36	1488	10,85	3337	3,27	1478	10,92
48	49	363.16	3160	3,45	1468	11,24	3241	3,36	1488	11,09	3334	3,27	1478	11,17
49	50	365.71	3162	3,45	1468	11,34	3245	3,36	1488	11,19	3338	3,27	1478	11,27
50	51	317.91	3114	3,5	1448	8,68	3205	3,4	1473	8,54	3293	3,31	1461	8,61
51	52 ENTRONQUE	316.68	3113	3,5	1448	8,43	3205	3,4	1473	8,29	3293	3,31	1461	8,36

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	1478	7,37	1157	12,83	2477	4,4	1371	10,83
18	19	321.06	1472	7,4	1157	11,24	2470	4,41	1371	9,48
19	20	400.97	1595	6,83	1254	16,02	2588	4,21	1435	14
20	21	398.13	1594	6,84	1251	15,92	2586	4,22	1431	13,9
21	22	383.06	1550	7,03	1219	15,24	2550	4,27	1415	13,12
22	23	357.54	1549	7,04	1219	13,04	2550	4,27	1415	11,23
23	24	262.66	1318	8,27	1038	8,07	2341	4,66	1302	6,43
24	25	396.27	1585	6,88	1244	15,54	2578	4,23	1427	13,53
26	27	196.55	1156	9,43	910	5,41	2166	5,03	1205	4,08
27	28	184.18	1110	9,82	879	4,87	2118	5,15	1183	3,62
28	29	234.50	1253	8,7	992	6,99	2271	4,8	1267	5,47
29	30	234.09	1272	8,57	987	7,03	2289	4,76	1263	5,49
30	31	298.14	1402	7,77	1104	10,07	2419	4,51	1344	8,26
31	32	458.77	1680	6,49	1312	20,05	2657	4,1	1466	17,94
32	33	296.33	1338	8,15	1055	10,39	2358	4,62	1312	8,35
33	34PAS	231.75	1333	8,18	1055	6,36	2352	4,63	1312	5,11
35PAS	36	180.60	1090	10	865	4,61	2099	5,19	1173	3,4
36	37	189.58	1122	9,71	886	4,97	2131	5,11	1188	3,7
37	38	80.48	383	28,46	284	3	625	17,44	336	2,54
38	39	154.43	519	21	406	7,37	803	13,57	443	6,75
39	40	73.24	364	29,95	280	2,46	618	17,64	338	2,03
41	42	301.24	1420	7,68	1112	10,36	2435	4,48	1349	8,53
42	43	317.20	1447	7,53	1142	11,12	2464	4,42	1371	9,26
43	44	377.55	1542	7,07	1209	14,87	2542	4,29	1408	12,76
44	45PAS	350.63	1544	7,06	1209	12,73	2544	4,28	1408	10,93
46PAS	47	341.43	1517	7,19	1197	12,2	2516	4,33	1399	10,43
29	48	359.12	1520	7,17	1197	13,5	2520	4,33	1399	11,54
48	49	363.16	1518	7,18	1197	13,8	2518	4,33	1399	11,8
49	50	365.71	1520	7,17	1197	13,93	2520	4,33	1399	11,91
50	51	317.91	1439	7,57	1135	11,08	2457	4,44	1366	9,2
51	52 ENTRONQUE	316.68	1439	7,57	1135	10,76	2456	4,44	1366	8,93

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	3057	3,57	1394	10,64	2075	5,25	1636	9,07
18	19	321.06	3045	3,58	1394	9,32	2068	5,27	1636	7,94
19	20	400.97	3172	3,44	1452	13,84	2079	5,24	1644	12,22
20	21	398.13	3172	3,44	1449	13,73	2079	5,24	1641	12,12
21	22	383.06	3132	3,48	1434	12,94	2084	5,23	1649	11,25
22	23	357.54	3132	3,48	1434	11,07	2085	5,23	1649	9,63
23	24	262.66	2913	3,74	1336	6,26	2129	5,12	1687	4,96
24	25	396.27	3163	3,45	1445	13,37	2080	5,24	1642	11,76
26	27	196.55	2733	3,99	1254	3,92	2184	4,99	1731	2,84
27	28	184.18	2679	4,07	1235	3,46	2200	4,95	1751	2,44
28	29	234.50	2834	3,85	1306	5,3	2133	5,11	1696	4,08
29	30	234.09	2875	3,79	1302	5,32	2167	5,03	1699	4,08
30	31	298.14	2993	3,64	1372	8,09	2097	5,2	1661	6,69
31	32	458.77	3252	3,35	1479	17,77	2080	5,24	1635	16,08
32	33	296.33	2926	3,73	1344	8,15	2108	5,17	1673	6,55
33	34PAS	231.75	2919	3,73	1344	4,99	2104	5,18	1673	4,01
35PAS	36	180.60	2659	4,1	1227	3,25	2219	4,91	1767	2,25
36	37	189.58	2695	4,04	1240	3,55	2203	4,95	1750	2,51
37	38	80.48	815	13,37	354	2,4	524	20,8	394	2,16
38	39	154.43	995	10,95	453	6,6	604	18,05	475	6,3
39	40	73.24	804	13,56	361	1,91	530	20,57	411	1,67
41	42	301.24	3015	3,62	1376	8,36	2101	5,19	1657	6,94
42	43	317.20	3037	3,59	1396	9,09	2095	5,2	1663	7,63
43	44	377.55	3125	3,49	1428	12,58	2086	5,23	1647	10,91
44	45PAS	350.63	3131	3,48	1428	10,77	2089	5,22	1647	9,34
46PAS	47	341.43	3092	3,53	1420	10,28	2073	5,26	1643	8,88
29	48	359.12	3097	3,52	1420	11,37	2076	5,25	1643	9,82
48	49	363.16	3094	3,52	1420	11,63	2074	5,26	1643	10,04
49	50	365.71	3098	3,52	1420	11,73	2076	5,25	1643	10,13
50	51	317.91	3030	3,6	1391	9,04	2097	5,2	1663	7,56
51	52 ENTRONQUE	316.68	3030	3,6	1391	8,77	2097	5,2	1663	7,34

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	2229	4,89	1567	9,46	1985	5,49	1564	9,49	1834	5,94	1442	10,29
18	19	321.06	2222	4,91	1567	8,29	1979	5,51	1564	8,31	1827	5,97	1442	9,01
19	20	400.97	2257	4,83	1592	12,62	2012	5,42	1590	12,63	1894	5,76	1495	13,44
20	21	398.13	2257	4,83	1589	12,52	2012	5,42	1587	12,53	1893	5,76	1491	13,34
21	22	383.06	2253	4,84	1589	11,67	2007	5,43	1587	11,69	1874	5,82	1480	12,54
22	23	357.54	2253	4,84	1589	9,99	2008	5,43	1587	10	1875	5,81	1480	10,73
23	24	262.66	2235	4,88	1580	5,29	1989	5,48	1576	5,31	1764	6,18	1396	6
24	25	396.27	2256	4,83	1588	12,16	2010	5,42	1586	12,18	1889	5,77	1489	12,98
26	27	196.55	2227	4,89	1576	3,12	1979	5,51	1569	3,13	1667	6,54	1319	3,73
27	28	184.18	2225	4,9	1580	2,71	1975	5,52	1571	2,72	1637	6,66	1301	3,29
28	29	234.50	2219	4,91	1574	4,4	1973	5,52	1569	4,41	1722	6,33	1368	5,06
29	30	234.09	2248	4,85	1574	4,4	2003	5,44	1569	4,42	1747	6,24	1365	5,08
30	31	298.14	2231	4,89	1576	7,04	1987	5,49	1573	7,06	1804	6,04	1426	7,79
31	32	458.77	2273	4,8	1594	16,49	2027	5,38	1592	16,51	1933	5,64	1516	17,34
32	33	296.33	2223	4,9	1574	6,96	1979	5,51	1570	6,98	1769	6,16	1402	7,81
33	34PAS	231.75	2219	4,91	1574	4,26	1975	5,52	1570	4,27	1765	6,18	1402	4,78
35PAS	36	180.60	2231	4,89	1585	2,51	1983	5,5	1579	2,52	1628	6,7	1295	3,08
36	37	189.58	2230	4,89	1580	2,78	1982	5,5	1574	2,79	1648	6,61	1307	3,36
37	38	80.48	564	19,33	382	2,23	498	21,89	374	2,28	455	23,96	341	2,5
38	39	154.43	668	16,32	468	6,38	592	18,41	464	6,43	570	19,12	446	6,69
39	40	73.24	569	19,16	395	1,74	497	21,93	385	1,79	446	24,44	344	2
41	42	301.24	2238	4,87	1575	7,3	1994	5,47	1572	7,32	1816	6	1429	8,05
42	43	317.20	2241	4,86	1586	8	1996	5,46	1583	8,02	1827	5,97	1448	8,76
43	44	377.55	2253	4,84	1587	11,32	2007	5,43	1584	11,34	1871	5,83	1475	12,18
44	45PAS	350.63	2256	4,83	1587	9,7	2011	5,42	1584	9,71	1875	5,81	1475	10,43
46PAS	47	341.43	2236	4,87	1581	9,23	1992	5,47	1578	9,24	1853	5,88	1467	9,95
29	48	359.12	2239	4,87	1581	10,21	1994	5,47	1578	10,23	1855	5,88	1467	11,01
48	49	363.16	2237	4,87	1581	10,44	1992	5,47	1578	10,46	1853	5,88	1467	11,25
49	50	365.71	2239	4,87	1581	10,53	1995	5,46	1578	10,55	1856	5,87	1467	11,36
50	51	317.91	2240	4,87	1584	7,94	1994	5,47	1581	7,95	1825	5,97	1445	8,7
51	52 ENTRONQUE	316.68	2240	4,87	1584	7,7	1994	5,47	1581	7,72	1825	5,97	1445	8,45

CONDOR CIRCUITO 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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	3640	3,45	1496	9,92	3757	3,34	1518	9,77	3844	3,26	1507	9,84
18	19	321.06	3631	3,45	1496	8,57	3744	3,35	1518	8,44	3830	3,28	1507	8,5
19	20	400.97	3743	3,35	1540	13,1	3841	3,27	1558	12,95	3936	3,19	1549	13,02
20	21	398.13	3743	3,35	1538	12,87	3845	3,26	1556	12,72	3940	3,18	1547	12,8
21	22	383.06	3570	3,51	1469	12,38	3666	3,42	1487	12,23	3757	3,34	1478	12,3
22	23	357.54	3570	3,51	1469	10,98	3668	3,42	1487	10,84	3759	3,34	1478	10,91
23	24	262.66	3445	3,64	1421	6,27	3570	3,51	1450	6,14	3645	3,44	1436	6,2
24	25	396.27	3740	3,35	1536	13,02	3841	3,27	1554	12,87	3936	3,19	1545	12,95
26	27	196.55	3417	3,67	1411	3,37	3576	3,51	1454	3,27	3636	3,45	1434	3,32
27	28	184.18	3392	3,7	1405	2,99	3551	3,53	1450	2,9	3607	3,48	1429	2,94
28	29	234.50	3501	3,58	1448	4,72	3637	3,45	1484	4,6	3706	3,38	1467	4,66
29	30	234.09	3491	3,59	1432	4,8	3655	3,43	1468	4,68	3724	3,37	1452	4,73
30	31	298.14	3873	3,24	1598	6,97	4005	3,13	1628	6,84	4089	3,07	1612	6,91
31	32	458.77	3795	3,31	1554	17,02	3892	3,22	1568	16,86	3992	3,14	1561	16,94
32	33	296.33	3572	3,51	1474	7,47	3696	3,39	1504	7,32	3773	3,32	1490	7,4
33	34PAS	231.75	3564	3,52	1474	4,56	3689	3,4	1504	4,47	3765	3,33	1490	4,52
35PAS	36	180.60	3394	3,7	1406	2,97	3553	3,53	1451	2,88	3611	3,47	1431	2,92
36	37	189.58	3414	3,67	1412	3,26	3569	3,51	1454	3,16	3630	3,46	1435	3,2
37	38	80.48	841	14,92	337	2,54	893	14,05	343	2,49	917	13,68	343	2,5
38	39	154.43	1313	9,55	539	5,54	1349	9,3	546	5,47	1388	9,04	545	5,48
39	40	73.24	852	14,72	347	2	896	14	356	1,95	920	13,63	355	1,95
41	42	301.24	3614	3,47	1487	7,56	3740	3,35	1513	7,43	3821	3,28	1500	7,49
42	43	317.20	3641	3,45	1503	8,31	3753	3,34	1528	8,17	3838	3,27	1516	8,24
43	44	377.55	3705	3,39	1523	11,64	3812	3,29	1544	11,48	3903	3,21	1533	11,56
44	45PAS	350.63	3708	3,38	1523	10,12	3820	3,28	1544	9,99	3910	3,21	1533	10,05
46PAS	47	341.43	3692	3,4	1522	9,58	3795	3,31	1543	9,45	3886	3,23	1533	9,52
29	48	359.12	3696	3,39	1522	10,6	3800	3,3	1543	10,46	3891	3,22	1533	10,53
48	49	363.16	3694	3,4	1522	10,84	3796	3,3	1543	10,69	3887	3,23	1533	10,77
49	50	365.71	3697	3,39	1522	11,05	3801	3,3	1543	10,9	3892	3,22	1533	10,98
50	51	317.91	3641	3,45	1502	8,47	3753	3,34	1526	8,33	3839	3,27	1515	8,4
51	52 ENTRONQUE	316.68	3640	3,45	1502	8,14	3753	3,34	1526	8,01	3839	3,27	1515	8,07

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	1803	6,96	1185	12,53	2922	4,29	1415	10,48
18	19	321.06	1795	6,99	1185	10,82	2913	4,31	1415	9,06
19	20	400.97	1946	6,45	1285	15,7	3042	4,12	1477	13,66
20	21	398.13	1944	6,45	1280	15,48	3041	4,12	1474	13,44
21	22	383.06	1833	6,84	1210	15,04	2890	4,34	1403	12,96
22	23	357.54	1834	6,84	1210	13,34	2890	4,34	1403	11,5
23	24	262.66	1600	7,84	1057	8,43	2712	4,63	1319	6,75
24	25	396.27	1945	6,45	1281	15,63	3040	4,13	1473	13,59
26	27	196.55	1416	8,86	936	5,08	2586	4,85	1260	3,78
27	28	184.18	1369	9,16	911	4,62	2542	4,93	1242	3,39
28	29	234.50	1539	8,15	1023	6,68	2709	4,63	1323	5,16
29	30	234.09	1553	8,08	1012	6,79	2708	4,63	1308	5,25
30	31	298.14	1807	6,94	1195	9,33	3068	4,09	1493	7,46
31	32	458.77	2044	6,14	1340	19,75	3111	4,03	1502	17,61
32	33	296.33	1645	7,63	1090	10,12	2809	4,47	1368	8,05
33	34PAS	231.75	1639	7,65	1090	6,18	2802	4,48	1368	4,92
35PAS	36	180.60	1367	9,18	910	4,59	2544	4,93	1244	3,36
36	37	189.58	1403	8,94	930	4,94	2576	4,87	1257	3,66
37	38	80.48	431	29,1	267	3,2	660	19,01	309	2,77
38	39	154.43	692	18,13	456	6,56	1054	11,9	510	5,86
39	40	73.24	412	30,45	265	2,62	655	19,15	313	2,21
41	42	301.24	1727	7,26	1135	9,9	2873	4,37	1393	8,07
42	43	317.20	1762	7,12	1168	10,7	2905	4,32	1415	8,83
43	44	377.55	1879	6,68	1238	14,33	2992	4,19	1451	12,22
44	45PAS	350.63	1882	6,67	1238	12,46	2995	4,19	1451	10,63
46PAS	47	341.43	1858	6,75	1231	11,86	2975	4,22	1448	10,07
29	48	359.12	1862	6,74	1231	13,12	2979	4,21	1448	11,15
48	49	363.16	1859	6,75	1231	13,42	2977	4,21	1448	11,4
49	50	365.71	1862	6,74	1231	13,68	2980	4,21	1448	11,62
50	51	317.91	1763	7,12	1167	10,91	2905	4,32	1414	9
51	52 ENTRONQUE	316.68	1763	7,12	1167	10,48	2904	4,32	1414	8,65

Apoyo	Vano	Flecha máxima hielo (0°C+hB)	Flecha mínima (-5°C)
-------	------	------------------------------	----------------------

Inicial	Final	(m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
17 ENTRONQUE	18	344.11	3564	3,52	1439	10,31	2563	4,89	1696	8,74
18	19	321.06	3551	3,53	1439	8,9	2555	4,91	1696	7,55
19	20	400.97	3688	3,4	1494	13,49	2555	4,91	1696	11,89
20	21	398.13	3690	3,4	1492	13,27	2560	4,9	1696	11,67
21	22	383.06	3511	3,57	1423	12,78	2442	5,14	1621	11,21
22	23	357.54	3513	3,57	1423	11,33	2443	5,13	1621	9,95
23	24	262.66	3332	3,76	1352	6,59	2517	4,98	1674	5,32
24	25	396.27	3688	3,4	1491	13,42	2555	4,91	1693	11,82
26	27	196.55	3226	3,89	1310	3,63	2752	4,56	1832	2,6
27	28	184.18	3180	3,94	1298	3,24	2779	4,51	1857	2,26
28	29	234.50	3344	3,75	1363	5,01	2680	4,68	1789	3,82
29	30	234.09	3363	3,73	1348	5,09	2683	4,68	1766	3,89
30	31	298.14	3747	3,35	1522	7,32	2870	4,37	1910	5,83
31	32	458.77	3766	3,33	1517	17,44	2543	4,93	1678	15,76
32	33	296.33	3445	3,64	1401	7,86	2634	4,76	1755	6,28
33	34PAS	231.75	3437	3,65	1401	4,8	2630	4,77	1755	3,83
35PAS	36	180.60	3180	3,94	1298	3,21	2787	4,5	1862	2,24
36	37	189.58	3215	3,9	1309	3,51	2763	4,54	1842	2,49
37	38	80.48	844	14,86	323	2,64	560	22,4	352	2,43
38	39	154.43	1298	9,66	525	5,69	846	14,83	560	5,33
39	40	73.24	835	15,02	331	2,09	565	22,2	367	1,89
41	42	301.24	3518	3,57	1421	7,91	2606	4,81	1726	6,51
42	43	317.20	3544	3,54	1442	8,66	2594	4,84	1728	7,22
43	44	377.55	3638	3,45	1472	12,05	2571	4,88	1705	10,4
44	45PAS	350.63	3645	3,44	1472	10,48	2576	4,87	1705	9,04
46PAS	47	341.43	3617	3,47	1470	9,93	2568	4,88	1709	8,53
29	48	359.12	3622	3,46	1470	10,98	2571	4,88	1709	9,44
48	49	363.16	3618	3,47	1470	11,23	2569	4,88	1709	9,66
49	50	365.71	3623	3,46	1470	11,45	2572	4,88	1709	9,84
50	51	317.91	3545	3,54	1441	8,83	2594	4,84	1727	7,37
51	52 ENTRONQUE	316.68	3544	3,54	1441	8,49	2594	4,84	1727	7,08

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)
17	ENTRONQUE	344.11	2708	4,63	1625	9,13	2450	5,12	1620	9,16	2256	5,56	1490	9,96
18		321.06	2700	4,65	1625	7,88	2442	5,14	1620	7,91	2248	5,58	1490	8,6
19	20	400.97	2729	4,6	1642	12,28	2471	5,08	1639	12,3	2321	5,4	1539	13,11
20	21	398.13	2732	4,59	1641	12,06	2474	5,07	1638	12,09	2323	5,4	1537	12,89
21	22	383.06	2605	4,82	1568	11,59	2357	5,32	1564	11,62	2206	5,69	1462	12,43
22	23	357.54	2606	4,81	1568	10,28	2358	5,32	1564	10,31	2207	5,68	1462	11,03
23	24	262.66	2620	4,79	1579	5,64	2365	5,3	1572	5,67	2116	5,93	1404	6,34
24	25	396.27	2728	4,6	1639	12,21	2470	5,08	1636	12,23	2321	5,4	1535	13,03
26	27	196.55	2759	4,55	1665	2,86	2491	5,04	1657	2,87	2083	6,02	1383	3,44
27	28	184.18	2767	4,53	1676	2,51	2495	5,03	1666	2,52	2057	6,1	1372	3,06
28	29	234.50	2742	4,57	1659	4,12	2475	5,07	1651	4,14	2147	5,84	1431	4,77
29	30	234.09	2740	4,58	1637	4,19	2479	5,06	1630	4,21	2154	5,82	1413	4,86
30	31	298.14	2978	4,21	1797	6,2	2698	4,65	1794	6,21	2415	5,19	1604	6,95
31	32	458.77	2734	4,59	1636	16,16	2477	5,06	1634	16,19	2359	5,32	1554	17,02
32	33	296.33	2734	4,59	1651	6,67	2470	5,08	1644	6,7	2201	5,7	1464	7,53
33	34PAS	231.75	2729	4,6	1651	4,08	2465	5,09	1644	4,09	2196	5,71	1464	4,6
35PAS	36	180.60	2772	4,53	1680	2,48	2500	5,02	1670	2,5	2059	6,09	1375	3,04
36	37	189.58	2762	4,54	1670	2,75	2494	5,03	1662	2,76	2077	6,04	1383	3,32
37	38	80.48	598	20,98	343	2,49	537	23,36	337	2,54	499	25,14	312	2,74
38	39	154.43	916	13,69	550	5,43	823	15,24	544	5,49	782	16,04	516	5,78
39	40	73.24	602	20,84	355	1,95	537	23,36	348	1,99	490	25,6	317	2,18
41	42	301.24	2728	4,6	1639	6,86	2468	5,08	1633	6,88	2237	5,61	1479	7,6
42	43	317.20	2727	4,6	1647	7,58	2467	5,08	1643	7,6	2251	5,57	1497	8,34
43	44	377.55	2730	4,59	1641	10,8	2470	5,08	1637	10,83	2298	5,46	1521	11,66
44	45PAS	350.63	2734	4,59	1641	9,39	2475	5,07	1637	9,42	2302	5,45	1521	10,14
46PAS	47	341.43	2723	4,61	1643	8,88	2464	5,09	1639	8,9	2286	5,49	1520	9,6
29	48	359.12	2726	4,6	1643	9,82	2467	5,08	1639	9,85	2290	5,48	1520	10,62
48	49	363.16	2724	4,6	1643	10,04	2465	5,09	1639	10,07	2287	5,48	1520	10,86
49	50	365.71	2727	4,6	1643	10,24	2468	5,08	1639	10,26	2290	5,48	1520	11,07
50	51	317.91	2727	4,6	1646	7,73	2466	5,09	1641	7,75	2252	5,57	1496	8,5
51	52 ENTRONQUE	316.68	2727	4,6	1646	7,43	2466	5,09	1641	7,45	2251	5,57	1496	8,17

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:

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

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)
- a_i : 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:

GULL CIRCUITO 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 17 ENTRONQUE a Apoyo 18	344,11	333,42	2214,51	8,4	2165,08	8,59	2117,62	8,78	2073,03	8,97	2029,65	9,16	1988,37	9,35	1949,22	9,54	1911,82	9,73	1875,76	9,92	1841,5	10,1	1808,63	10,29	1777,17	10,47
Apoyo 18 a Apoyo 19	322,19	333,42	2214,51	7,36	2165,08	7,52	2117,62	7,69	2073,03	7,86	2029,65	8,03	1988,37	8,19	1949,22	8,36	1911,82	8,52	1875,76	8,69	1841,5	8,85	1808,63	9,01	1777,17	9,17
Apoyo 19 a Apoyo 20	400,57	400,56	2192,21	11,49	2155,26	11,68	2120,42	11,88	2086,03	12,07	2053,39	12,26	2022,09	12,45	1991,73	12,65	1962,33	12,84	1934,33	13,02	1906,88	13,21	1880,88	13,39	1855,02	13,58
Apoyo 20 a Apoyo 21	398,59	398,48	2188,09	11,4	2151,96	11,59	2116,26	11,78	2081,85	11,98	2049,62	12,17	2017,87	12,36	1987,49	12,55	1957,63	12,74	1929,62	12,93	1902,15	13,12	1875,69	13,3	1850,69	13,48
Apoyo 21 a Apoyo 22	385,05	371,41	2214,16	10,51	2172,28	10,71	2131,62	10,91	2093,04	11,12	2055,74	11,32	2019,74	11,52	1985,93	11,72	1952,6	11,92	1921,08	12,11	1890,52	12,31	1861,38	12,5	1833,24	12,7
Apoyo 22 a Apoyo 23	356,18	371,41	2214,16	8,99	2172,28	9,16	2131,62	9,34	2093,04	9,51	2055,74	9,68	2019,74	9,86	1985,93	10,03	1952,6	10,2	1921,08	10,37	1890,52	10,53	1861,38	10,7	1833,24	10,86
Apoyo 23 a Apoyo 24	258,56	258,41	2349,74	4,46	2271,07	4,62	2198,17	4,77	2127,78	4,93	2063,41	5,08	2001,73	5,24	1942,81	5,4	1888,46	5,56	1837,02	5,71	1788,55	5,87	1742,21	6,02	1698,94	6,18
Apoyo 24 a Apoyo 25	392,76	392,65	2192,49	11,04	2154,7	11,24	2118,17	11,43	2082,92	11,63	2049,84	11,81	2017,24	12	1985,99	12,19	1956,13	12,38	1926,8	12,57	1898,89	12,76	1872,41	12,94	1846,08	13,12
Apoyo 26 a Apoyo 27	198,18	197,93	2455,1	2,51	2347,33	2,63	2243,12	2,75	2146	2,87	2056,18	3	1970,42	3,13	1890,57	3,26	1816,77	3,39	1747,41	3,53	1684,35	3,66	1625,05	3,79	1570,5	3,93
Apoyo 27 a Apoyo 28	184,97	184,97	2488,26	2,16	2370,82	2,26	2261,8	2,37	2156,39	2,49	2058,13	2,61	1967,23	2,73	1880,43	2,85	1801,33	2,98	1728,36	3,1	1659,89	3,23	1596,02	3,36	1538,62	3,49
Apoyo 28 a Apoyo 29	235,32	235,32	2380,06	3,65	2291,61	3,79	2208,78	3,93	2130,01	4,08	2055,41	4,22	1986,82	4,37	1921,77	4,52	1861,22	4,67	1803,51	4,82	1750,46	4,96	1699,5	5,11	1652,46	5,26
Apoyo 29 a Apoyo 30	234,63	233,04	2385,07	3,64	2295	3,79	2210,51	3,93	2130,05	4,08	2055,46	4,23	1986,01	4,38	1920,09	4,53	1858,66	4,68	1800,94	4,83	1746,99	4,98	1696,02	5,13	1648,08	5,28
Apoyo 30 a Apoyo 31	297,88	297,76	2278,12	6,11	2216,5	6,28	2158,39	6,45	2103	6,62	2050,4	6,79	1999,79	6,96	1952,95	7,13	1908,2	7,3	1865,58	7,46	1824,71	7,63	1786,04	7,8	1749,17	7,96
Apoyo 31 a Apoyo 32	458,06	457,85	2154,73	15,29	2126,85	15,49	2099,48	15,7	2072,64	15,9	2047,19	16,1	2022,29	16,3	1997,96	16,5	1974,64	16,69	1951,91	16,89	1929,77	17,08	1908,25	17,28	1887,33	17,47
Apoyo 32 a Apoyo 33	295,88	269,53	2317,93	5,92	2245,71	6,11	2177,68	6,31	2112,24	6,5	2051,17	6,7	1994,56	6,89	1939,92	7,08	1888,16	7,27	1840,21	7,46	1794,38	7,65	1750,72	7,85	1710,15	8,03
Apoyo 33 a Apoyo 34PAS	231,54	269,53	2317,93	3,63	2245,71	3,74	2177,68	3,86	2112,24	3,98	2051,17	4,1	1994,56	4,22	1939,92	4,33	1888,16	4,45	1840,21	4,57	1794,38	4,69	1750,72	4,8	1710,15	4,92
Apoyo 34PAS a Apoyo 35PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 35PAS a Apoyo 36	178,5	178,5	2514,67	1,99	2394,18	2,09	2278,67	2,19	2170,03	2,3	2066,77	2,42	1970,79	2,53	1882,29	2,65	1799,72	2,78	1721,47	2,9	1651,19	3,03	1585,48	3,15	1525,35	3,28
Apoyo 36 a Apoyo 37	187,49	187,39	2488,22	2,22	2372,45	2,32	2261,76	2,44	2159,73	2,55	2061,5	2,67	1970,63	2,8	1887,32	2,92	1808,27	3,05	1735,34	3,18	1666,91	3,31	1604,85	3,44	1547,51	3,56
Apoyo 37 a Apoyo 38	80,51	78,18	486,38	2,15	474,04	2,21	462,53	2,26	451,63	2,32	441,57	2,37	432,12	2,42	423,29	2,47	414,86	2,52	407,06	2,57	399,43	2,62	392,2	2,67	385,37	2,72
Apoyo 38 a Apoyo 39	154,43	154,42	594,02	6,31	587,77	6,38	581,93	6,44	576,05	6,51	570,58	6,57	565,06	6,63	559,96	6,69	554,8	6,76	549,83	6,82	544,79	6,88	540,17	6,94	535,48	7
Apoyo 39 a Apoyo 40	73,27	72,48	505,45	1,68	489,82	1,74	475,21	1,79	462,08	1,84	449,77	1,89	438,29	1,94	427,65	1,99	417,62	2,04	408,2	2,09	399,64	2,13	391,24	2,18	383,7	2,22
Apoyo 40 a Apoyo 41	192,45	192,44	2488,2	2,34	2374,08	2,45	2265,09	2,57	2163,09	2,69	2066,59	2,81	1977,41	2,94	1894,15	3,07	1818,63	3,19	1746,65	3,33	1680,94	3,46	1618,96	3,59	1562,59	3,72
Apoyo 41 a Apoyo 42	303,02	302,55	2270,49	6,35	2209,66	6,53	2153,19	6,7	2099,47	6,87	2048,56	7,04	1999,65	7,21	1953,67	7,38	1909,79	7,55	1868,05	7,72	1828,5	7,89	1790,29	8,06	1754,33	8,22
Apoyo 42 a Apoyo 43	318,46	318,46	2268,4	7,01	2212,58	7,19	2159,5	7,37	2109,2	7,54	2060,9	7,72	2015,5	7,89	1971,32	8,07	1930,13	8,24	1891,12	8,41	1853,43	8,59	1817,09	8,76	1783,02	8,93

	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 43 a Apoyo 44	378,81	365,22	2215,2	10,17	2171,65	10,37	2130,14	10,57	2089,86	10,78	2051,69	10,98	2015,67	11,18	1980,54	11,37	1946,75	11,57	1914,77	11,77	1883,31	11,96	1853,7	12,15	1825,09	12,35
Apoyo 44 a Apoyo 45PAS	350,46	365,22	2215,2	8,71	2171,65	8,88	2130,14	9,06	2089,86	9,23	2051,69	9,4	2015,67	9,57	1980,54	9,74	1946,75	9,91	1914,77	10,08	1883,31	10,25	1853,7	10,41	1825,09	10,57
Apoyo 45PAS a Apoyo 46PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 46PAS a Apoyo 47	341,43	357,47	2212,93	8,26	2168,53	8,43	2126,16	8,6	2085,01	8,77	2045,96	8,94	2008,2	9,11	1971,74	9,28	1937,48	9,44	1904,59	9,6	1873,09	9,77	1842,11	9,93	1813,01	10,09
Apoyo 47 a Apoyo 48	359,12	357,47	2212,93	9,14	2168,53	9,33	2126,16	9,52	2085,01	9,71	2045,96	9,89	2008,2	10,08	1971,74	10,26	1937,48	10,45	1904,59	10,63	1873,09	10,81	1842,11	10,99	1813,01	11,17
Apoyo 48 a Apoyo 49	363,16	357,47	2212,93	9,35	2168,53	9,54	2126,16	9,73	2085,01	9,92	2045,96	10,11	2008,2	10,31	1971,74	10,5	1937,48	10,68	1904,59	10,87	1873,09	11,05	1842,11	11,24	1813,01	11,42
Apoyo 49 a Apoyo 50	364,77	357,47	2212,93	9,43	2168,53	9,63	2126,16	9,82	2085,01	10,01	2045,96	10,2	2008,2	10,4	1971,74	10,59	1937,48	10,78	1904,59	10,96	1873,09	11,15	1842,11	11,34	1813,01	11,52
Apoyo 50 a Apoyo 51	316,97	314,65	2270,17	6,94	2213,53	7,12	2159,61	7,3	2107,62	7,48	2059,31	7,65	2013,04	7,83	1968,85	8,01	1926,78	8,18	1886,88	8,35	1848,29	8,53	1811,93	8,7	1777,4	8,87
Apoyo 51 a Apoyo 52 ENTRONQUE	312,31	314,65	2270,17	6,74	2213,53	6,91	2159,61	7,08	2107,62	7,26	2059,31	7,43	2013,04	7,6	1968,85	7,77	1926,78	7,94	1886,88	8,11	1848,29	8,28	1811,93	8,45	1777,4	8,61

CONDOR CIRCUITO 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 17 ENTRONQUE a Apoyo 18	344,11	332,41	2678,42	8,27	2620,73	8,46	2564,06	8,64	2511,09	8,83	2460,13	9,01	2410,31	9,2	2363,48	9,38	2318,79	9,56	2275,36	9,74	2234,15	9,92	2194,27	10,1	2156,68	10,28
Apoyo 18 a Apoyo 19	319,94	332,41	2678,42	7,15	2620,73	7,3	2564,06	7,47	2511,09	7,62	2460,13	7,78	2410,31	7,94	2363,48	8,1	2318,79	8,26	2275,36	8,42	2234,15	8,57	2194,27	8,73	2156,68	8,88
Apoyo 19 a Apoyo 20	401,37	401,35	2651,4	11,36	2608,4	11,55	2566,61	11,74	2526,04	11,93	2487,61	12,11	2449,59	12,3	2413,77	12,48	2378,4	12,67	2344,38	12,85	2311,75	13,04	2280,54	13,21	2249,83	13,4
Apoyo 20 a Apoyo 21	397,67	397,56	2653,31	11,15	2609,44	11,34	2566,77	11,53	2526,2	11,71	2486,89	11,9	2448,86	12,08	2412,14	12,27	2376,31	12,45	2341,83	12,64	2308,73	12,82	2277,04	13	2245,86	13,18
Apoyo 21 a Apoyo 22	381,08	370,45	2531,13	10,73	2486,55	10,92	2444,05	11,11	2403,69	11,3	2364,6	11,49	2326,82	11,67	2289,91	11,86	2254,8	12,05	2220,62	12,23	2188,31	12,41	2156,5	12,6	2126,14	12,78
Apoyo 22 a Apoyo 23	358,9	370,45	2531,13	9,52	2486,55	9,69	2444,05	9,86	2403,69	10,02	2364,6	10,19	2326,82	10,35	2289,91	10,52	2254,8	10,69	2220,62	10,85	2188,31	11,01	2156,5	11,17	2126,14	11,33
Apoyo 23 a Apoyo 24	266,76	266,61	2658,74	5	2582,54	5,15	2508,87	5,3	2439,58	5,46	2374,77	5,6	2311,84	5,76	2252,66	5,91	2196,4	6,06	2143,12	6,21	2091,98	6,36	2044,86	6,51	1999,04	6,66
Apoyo 24 a Apoyo 25	399,79	399,68	2647,11	11,29	2603,21	11,48	2561,39	11,67	2520,79	11,86	2482,34	12,05	2444,28	12,23	2408,44	12,42	2373,04	12,6	2339	12,79	2306,34	12,97	2274,64	13,15	2243,91	13,33
Apoyo 26 a Apoyo 27	194,93	194,68	2939,92	2,42	2819,32	2,52	2703,87	2,63	2593,75	2,74	2489,16	2,86	2390,29	2,97	2297,3	3,09	2210,37	3,22	2127,82	3,34	2051,64	3,47	1980,1	3,59	1912,38	3,72
Apoyo 27 a Apoyo 28	183,39	183,39	2974,3	2,11	2848,89	2,21	2725,03	2,31	2609,84	2,41	2496,52	2,52	2392,33	2,63	2293,94	2,74	2199,69	2,86	2113,39	2,97	2031,55	3,09	1955,21	3,21	1883,57	3,34
Apoyo 28 a Apoyo 29	233,68	233,68	2873,96	3,55	2773,47	3,68	2678,53	3,81	2587,56	3,94	2502,46	4,08	2419,81	4,22	2343,31	4,36	2271,27	4,49	2202	4,63	2137,39	4,78	2076,63	4,92	2018,88	5,06
Apoyo 29 a Apoyo 30	233,54	231,95	2829,28	3,63	2730,11	3,76	2636,54	3,89	2548,75	4,03	2463,33	4,17	2383,97	4,31	2307,19	4,45	2236,72	4,59	2169,04	4,73	2106,06	4,87	2046,04	5,02	1989,96	5,16
Apoyo 30 a Apoyo 31	298,41	298,29	3080,72	5,4	2995,81	5,56	2913,17	5,71	2834,61	5,87	2760,26	6,03	2688,45	6,19	2619,26	6,36	2553,66	6,52	2491,74	6,68	2431,76	6,85	2375,6	7,01	2321,51	7,17
Apoyo 31 a Apoyo 32	459,49	459,27	2602,48	15,18	2568,84	15,38	2536,51	15,58	2505,08	15,78	2474,56	15,97	2444,96	16,16	2416,32	16,36	2388,18	16,55	2360,57	16,74	2334,41	16,93	2308,33	17,12	2283,28	17,31
Apoyo 32 a Apoyo 33	296,78	270,26	2805,91	5,87	2723,91	6,04	2644,29	6,23	2568,91	6,41	2497,88	6,59	2431,3	6,77	2365,69	6,96	2304,69	7,14	2247,51	7,33	2192,39	7,51	2140,29	7,69	2090,35	7,88
Apoyo 33 a Apoyo 34PAS	231,97	270,26	2805,91	3,58	2723,91	3,69	2644,29	3,8	2568,91	3,91	2497,88	4,03	2431,3	4,14	2365,69	4,25	2304,69	4,36	2247,51	4,47	2192,39	4,59	2140,29	4,7	2090,35	4,81
Apoyo 34PAS a Apoyo 35PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 35PAS a Apoyo 36	182,69	182,69	2984,56	2,09	2855,81	2,18	2733,76	2,28	2616,9	2,38	2503,64	2,49	2399,52	2,6	2299,38	2,71	2205,18	2,83	2117,08	2,95	2035,27	3,06	1958,03	3,19	1886,41	3,31
Apoyo 36 a Apoyo 37	191,68	191,59	2953,66	2,33	2831,48	2,43	2714,4	2,53	2602,63	2,64	2496,35	2,75	2395,74	2,87	2300,99	2,99	2212,27	3,11	2127,9	3,23	2049,87	3,35	1976,45	3,48	1907,77	3,6
Apoyo 37 a Apoyo 38	80,51	78,18	509,94	2,45	499,9	2,5	490,24	2,55	480,96	2,6	472,56	2,64	464,3	2,69	456,43	2,74	448,95	2,78	441,88	2,83	434,94	2,87	428,41	2,91	422,53	2,96
Apoyo 38 a Apoyo 39	154,43	154,42	828,52	5,39	817,26	5,46	806,59	5,53	796,26	5,61	786,28	5,68	776,65	5,75	767,13	5,82	758,2	5,89	749,39	5,96	740,94	6,03	732,85	6,09	724,87	6,16
Apoyo 39 a Apoyo 40	73,27	72,48	528,2	1,92	515,35	1,97	503,34	2,02	491,93	2,06	481,37	2,11	471,44	2,15	462,12	2,2	453,19	2,24	444,63	2,28	436,72	2,32	429,19	2,36	422,17	2,4
Apoyo 40 a Apoyo 41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 41 a Apoyo 42	299,47	298,99	2744,59	6,12	2674,28	6,28	2606,56	6,44	2543,26	6,6	2481,82	6,77	2423,19	6,93	2368,33	7,09	2314,61	7,25	2264,78	7,41	2216,18	7,58	2170,68	7,74	2126,48	7,9
Apoyo 42 a Apoyo 43	315,94	315,94	2742,33	6,8	2677,23	6,97	2613,91	7,14	2554,19	7,31	2497,27	7,47	2442,32	7,64	2390,27	7,81	2340,3	7,97	2293,36	8,14	2247,67	8,3	2204,18	8,47	2162,01	8,63
Apoyo 43 a	376,29	363,97	2679,89	9,88	2629,2	10,07	2579,61	10,27	2532,04	10,46	2486,54	10,65	2443,14	10,84	2401	11,03	2360,13	11,22	2321,48	11,41	2284,18	11,6	2247,77	11,79	2212,76	11,97

	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 44																										
Apoyo 44 a Apoyo 45PAS	350,8	363,97	2679,89	8,59	2629,2	8,76	2579,61	8,93	2532,04	9,1	2486,54	9,26	2443,14	9,43	2401	9,59	2360,13	9,76	2321,48	9,92	2284,18	10,09	2247,77	10,25	2212,76	10,41
Apoyo 45PAS a Apoyo 46PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 46PAS a Apoyo 47	341,43	357,97	2690,55	8,1	2637,3	8,26	2586,89	8,43	2537,6	8,59	2491,24	8,75	2446,08	8,91	2402,15	9,07	2361,3	9,23	2320,83	9,39	2282,61	9,55	2245,74	9,71	2209,79	9,87
Apoyo 47 a Apoyo 48	359,12	357,97	2690,55	8,96	2637,3	9,14	2586,89	9,32	2537,6	9,5	2491,24	9,68	2446,08	9,86	2402,15	10,04	2361,3	10,21	2320,83	10,39	2282,61	10,57	2245,74	10,74	2209,79	10,92
Apoyo 48 a Apoyo 49	363,16	357,97	2690,55	9,16	2637,3	9,35	2586,89	9,53	2537,6	9,72	2491,24	9,9	2446,08	10,08	2402,15	10,27	2361,3	10,44	2320,83	10,63	2282,61	10,81	2245,74	10,98	2209,79	11,16
Apoyo 49 a Apoyo 50	366,66	357,97	2690,55	9,34	2637,3	9,53	2586,89	9,72	2537,6	9,91	2491,24	10,09	2446,08	10,28	2402,15	10,47	2361,3	10,65	2320,83	10,83	2282,61	11,02	2245,74	11,2	2209,79	11,38
Apoyo 50 a Apoyo 51	318,86	315,75	2739,73	6,94	2673,74	7,11	2611,28	7,28	2552,43	7,45	2494,61	7,62	2440,53	7,79	2388,48	7,96	2338,5	8,13	2290,63	8,3	2245,84	8,47	2202,34	8,63	2160,16	8,8
Apoyo 51 a Apoyo 52 ENTRONQUE	312,58	315,75	2739,73	6,67	2673,74	6,83	2611,28	6,99	2552,43	7,16	2494,61	7,32	2440,53	7,48	2388,48	7,65	2338,5	7,81	2290,63	7,98	2245,84	8,13	2202,34	8,3	2160,16	8,46

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 Us (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:

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

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.

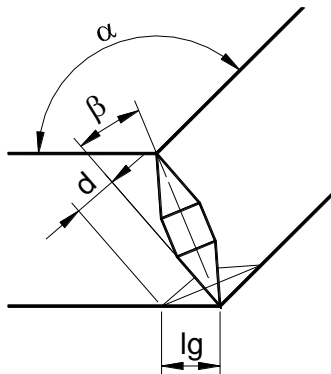
En la tabla siguiente se puede ver la inclinación de la cadena de cada apoyo de alineación.

Nº Apoyo	Tipo	Función	Armado	Inclinación cadena (º)	Porcentaje de inclinación máxima
18	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	23,6	57,6
22	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	22,6	55,2
33	CO-18000-24-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	26,3	63,4
44	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	23	56,5
47	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	25,6	62,5
48	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	24,1	56,3
49	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	26	62,8
51	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	N3885	25,5	59,6



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:



$$d = lg \operatorname{sen} \left(\frac{\alpha}{2} - \beta \right)$$

siendo:

- lg : 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
19	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	156,82	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,18	3,03	
20	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	N1333	150,62	2,5	6	4,5	2,5	11,77	4,03	2,94	
21	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	N1333	141,42	2,5	6	4,5	2,5	11,77	3,85	2,59	
23	IC-55000-25-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	N1333	153,79	2,5	6	4,5	2,5	11,77	4,08	3,06	
24	IC-70000-25-N1333	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	N1333	125,69	2,5	6	4,5	2,5	11,77	3,5	2,03	
25	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	164,08	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,28	3,31	
26	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	157,16	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,19	3,04	
27	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	169,43	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,34	3,52	
28	CO-33000-21-N3776	ÁNGULO-ANC.STR	N3776	173,14	1,5	4,6	4,5	2,5	9,26	4,39	2,91	
29	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	168,84	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,33	3,49	
31	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	174,58	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,39	3,72	
32	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	170,83	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,35	3,57	
34PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	PAS	175,94	2,5	6	4,5	2,5	11,77	4,37	3,92	
36	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	N1333	139,08	2,5	6	4,5	2,5	11,77	3,81	2,51	
41	IC-55000-35-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	N1333	145,56	2,5	6	4,5	2,5	11,77	3,94	2,75	
43	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	153,98	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,14	2,92	
45PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	PAS	149,23	2,5	6	4,5	2,5	11,77	4	2,89	
50	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	N1223	160,52	2	5,6	4,5	2,5	10,12	4,23	3,17	
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333	ENTRONQUE	N1333	86,36	2,5	6	4,5	2,5	11,77	2,35	0,8	Necesita cadena auxiliar de paso



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:

$$\alpha = \arctg \frac{P_v}{P_c} = \arctg \frac{1,729}{1,25} = 54,13^\circ$$

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
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	ENTRONQUE	-	11,24	3,88	5,80	33%
18	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	11,24	16,02	4,51	5,50	18%
19	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	16,02	15,92	4,30	5,60	23%
20	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	15,92	15,24	4,29	5,80	26%
21	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	15,24	13,34	4,24	5,80	27%
22	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	13,34	8,43	4,30	5,50	22%
23	IC-55000-25-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	8,43	15,63	4,27	5,80	26%
24	IC-70000-25-N1333	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	15,63	14,29	4,27	5,80	26%
25	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	14,29	5,41	4,16	5,60	26%
26	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	5,41	4,87	3,21	5,60	43%
27	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	4,87	6,99	3,42	5,60	39%
28	CO-33000-21-N3776	ÁNGULO-ANC.STR	6,99	7,03	3,42	5,50	38%
29	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	7,03	10,07	3,76	5,60	33%
30	CO-33000-39-N3776	ALINEACIÓN-ANCLAJE	10,07	20,05	4,61	5,50	16%
31	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	20,05	10,39	4,61	5,60	18%
32	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	10,39	6,36	3,80	5,60	32%
33	CO-18000-24-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	6,36	0,00	3,51	5,50	36%
34PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	0,00	0,00	1,70	5,80	71%
35PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	0,00	4,97	3,15	5,80	46%
36	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	4,97	3,20	3,15	5,80	46%
37	IC-55000-25-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	3,20	7,37	3,46	5,80	40%
38	P-Cruzamiento-12	PÓRTICO CRUZAMIENTO	7,37	2,62	3,46	4,00	14%
39	P-Cruzamiento-20	PÓRTICO CRUZAMIENTO	2,62	5,15	3,18	4,00	21%
40	IC-55000-30-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	5,15	10,36	3,79	5,80	35%
41	IC-55000-35-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	10,36	11,12	3,87	5,80	33%



Apoyo	Denominación	Función	Flecha máxima en vano anterior (m)	Flecha máxima en vano posterior (m)	Dis. Mín (m)	Dis. Real (m)	Porcentaje superación
42	CO-27000-33-N3776	ALINEACIÓN-AMARRE	11,12	14,87	4,21	5,50	23%
43	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	14,87	12,73	4,21	5,60	25%
44	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	12,73	0,00	4,06	5,50	26%
45PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	0,00	0,00	1,70	5,80	71%
46PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	0,00	13,50	4,09	5,80	29%
47	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	13,50	13,80	4,34	5,50	21%
48	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	13,80	13,93	4,35	5,50	21%
49	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	13,93	11,08	4,35	5,50	21%
50	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	11,08	10,76	3,86	5,60	31%
51	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN - SUSPENSIÓN	10,76	0,00	3,90	5,50	29%
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333	ENTRONQUE	0,00	12,51	4,00	5,80	31%



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
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)	14,8·10 ⁻⁶

6.2. ACCIONES CONSIDERADAS

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)	11.390	1.480,7	13

6.4. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

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 viento			Peso conductor (daN/m)	Resultante (daN/m)
		Presión viento (daN/mm ²)	Diámetro (mm)	Sobrecarga viento (daN/m)		
Tracción máxima de viento	-5	68,06	16,4	1,116	0,77	1,36
EDS	15	0	16,4	0	0,77	0,77
Flecha máxima temperatura (50°)	50	0	16,4	0	0,77	0,77
Flecha máxima temperatura (85°)	85	0	16,4	0	0,77	0,77
Flecha máxima viento	15	50	16,4	0,82	0,77	1,12
Flecha mínima	-5	0	16,4	0	0,77	0,77
Desviación cadenas	-5	25	16,4	0,41	0,77	0,87
Control de vibraciones	-5	0	16,4	0	0,77	0,77

6.5. RESULTADOS DE CÁLCULO

OPGW C1:

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	2243	5,08	1646	9,01	2446	4,66	1625	9,13	2534	4,49	1601	9,27
18	19	321.06	2238	5,09	1646	7,87	2436	4,68	1625	7,97	2524	4,51	1601	8,09
19	20	400.97	1881	6,06	1377	14,6	2061	5,53	1370	14,68	2152	5,29	1360	14,79
20	21	398.13	1881	6,06	1375	14,46	2064	5,52	1368	14,53	2154	5,29	1358	14,64
21	22	383.06	2296	4,96	1688	10,94	2499	4,56	1667	11,08	2594	4,39	1645	11,23
22	23	357.54	2296	4,96	1688	9,44	2500	4,56	1667	9,55	2595	4,39	1645	9,68
23	24	262.66	2161	5,27	1592	5,33	2345	4,86	1566	5,41	2420	4,71	1536	5,52
24	25	396.27	2317	4,92	1701	11,43	2525	4,51	1682	11,57	2622	4,34	1660	11,71
26	27	196.55	2053	5,55	1513	3,23	2223	5,12	1485	3,29	2283	4,99	1450	3,37
27	28	184.18	2029	5,61	1498	2,85	2190	5,2	1469	2,9	2246	5,07	1432	2,98
28	29	234.50	2119	5,38	1564	4,42	2294	4,97	1538	4,49	2363	4,82	1506	4,59
29	30	234.09	2113	5,39	1549	4,47	2306	4,94	1522	4,55	2374	4,8	1491	4,64
30	31	298.14	2213	5,15	1629	6,82	2404	4,74	1605	6,92	2486	4,58	1577	7,04
31	32	458.77	2365	4,82	1731	15,2	2584	4,41	1715	15,34	2690	4,23	1697	15,51
32	33	296.33	2174	5,24	1602	6,84	2357	4,83	1577	6,95	2433	4,68	1548	7,08
33	34PAS	231.75	2171	5,25	1602	4,19	2354	4,84	1577	4,25	2431	4,69	1548	4,33
35PAS	36	180.60	2015	5,65	1489	2,7	2176	5,23	1460	2,76	2230	5,11	1423	2,83
36	37	189.58	2035	5,6	1502	2,96	2200	5,18	1473	3,01	2257	5,05	1436	3,09
37	38	80.48	578	19,71	410	2,15	681	16,73	415	2,13	707	16,11	412	2,14
38	39	154.43	599	19,02	436	6,85	663	17,18	438	6,83	696	16,36	437	6,84
39	40	73.24	587	19,4	422	1,7	678	16,8	428	1,67	705	16,16	425	1,68
41	42	301.24	2217	5,14	1629	7,03	2413	4,72	1605	7,13	2496	4,56	1578	7,25
42	43	317.20	2238	5,09	1649	7,67	2431	4,69	1626	7,78	2517	4,53	1601	7,9
43	44	377.55	2290	4,97	1682	10,65	2494	4,57	1662	10,78	2587	4,4	1639	10,93
44	45PAS	350.63	2292	4,97	1682	9,15	2501	4,55	1662	9,26	2594	4,39	1639	9,39
46PAS	47	341.43	2274	5,01	1674	8,71	2474	4,6	1654	8,82	2566	4,44	1630	8,95
29	48	359.12	2276	5	1674	9,64	2477	4,6	1654	9,76	2569	4,43	1630	9,9
48	49	363.16	2275	5,01	1674	9,86	2474	4,6	1654	9,98	2566	4,44	1630	10,12
49	50	365.71	2276	5	1674	9,96	2476	4,6	1654	10,09	2568	4,44	1630	10,23
50	51	317.91	2236	5,09	1646	7,65	2429	4,69	1623	7,76	2514	4,53	1597	7,89
51	52 ENTRONQUE	316.68	2234	5,1	1646	7,5	2428	4,69	1623	7,6	2513	4,53	1597	7,73

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	1186	9,6	1545	9,6	1806	6,31	1600	9,27
18	19	321.06	1180	9,65	1545	8,39	1801	6,32	1600	8,1

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)
32	33	296.33	1632	6,98	1887	5,81	1461	7,8	1923	5,7	1310	8,69	1723	6,36
33	34PAS	231.75	1631	6,98	1887	3,55	1460	7,8	1923	3,49	1309	8,7	1723	3,89
35PAS	36	180.60	1636	6,96	1897	2,12	1481	7,69	1953	2,06	1244	9,16	1639	2,45
36	37	189.58	1636	6,96	1893	2,34	1480	7,7	1948	2,28	1254	9,08	1649	2,69
37	38	80.48	398	28,62	427	2,07	351	32,45	421	2,1	322	35,37	384	2,3
38	39	154.43	387	29,43	442	6,77	339	33,6	440	6,8	330	34,52	428	6,99
39	40	73.24	403	28,26	444	1,61	352	32,36	436	1,64	317	35,93	392	1,83
41	42	301.24	1633	6,97	1880	6,09	1458	7,81	1909	6	1330	8,56	1739	6,58
42	43	317.20	1634	6,97	1889	6,69	1457	7,82	1916	6,6	1337	8,52	1757	7,2
43	44	377.55	1635	6,97	1884	9,51	1455	7,83	1907	9,39	1357	8,39	1777	10,08
44	45PAS	350.63	1639	6,95	1884	8,17	1459	7,81	1907	8,07	1360	8,38	1777	8,66
46PAS	47	341.43	1628	7	1881	7,75	1449	7,86	1904	7,66	1348	8,45	1770	8,24
29	48	359.12	1629	6,99	1881	8,58	1450	7,86	1904	8,47	1349	8,44	1770	9,12
48	49	363.16	1628	7	1881	8,77	1449	7,86	1904	8,66	1348	8,45	1770	9,32
49	50	365.71	1629	6,99	1881	8,87	1450	7,86	1904	8,76	1349	8,44	1770	9,42
50	51	317.91	1634	6,97	1887	6,67	1458	7,81	1916	6,57	1336	8,53	1755	7,18
51	52 ENTRONQUE	316.68	1633	6,97	1887	6,54	1457	7,82	1916	6,44	1335	8,53	1755	7,03

OPGW C2:

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	2242	5,08	1646	9,01	2445	4,66	1624	9,13	2533	4,5	1600	9,27
18	19	321.06	2237	5,09	1646	7,8	2434	4,68	1624	7,91	2523	4,51	1600	8,03
19	20	400.97	2323	4,9	1707	11,79	2530	4,5	1688	11,93	2628	4,33	1667	12,08
20	21	398.13	2322	4,91	1705	11,62	2532	4,5	1685	11,76	2629	4,33	1664	11,91
21	22	383.06	2295	4,96	1687	10,82	2498	4,56	1667	10,95	2593	4,39	1644	11,1
22	23	357.54	2295	4,96	1687	9,52	2499	4,56	1667	9,64	2594	4,39	1644	9,77
23	24	262.66	2169	5,25	1597	5,5	2354	4,84	1572	5,59	2429	4,69	1542	5,7
24	25	396.27	2321	4,91	1704	11,66	2530	4,5	1685	11,79	2628	4,33	1663	11,94
26	27	196.55	2047	5,56	1509	3,17	2217	5,14	1480	3,23	2276	5	1445	3,31
27	28	184.18	2026	5,62	1497	2,82	2187	5,21	1467	2,88	2244	5,08	1430	2,95
28	29	234.50	2118	5,38	1563	4,38	2293	4,97	1537	4,45	2362	4,82	1505	4,55
29	30	234.09	2112	5,39	1548	4,44	2305	4,94	1521	4,52	2373	4,8	1490	4,62
30	31	298.14	2213	5,15	1629	6,84	2404	4,74	1605	6,94	2487	4,58	1578	7,06
31	32	458.77	2365	4,82	1732	15,25	2585	4,41	1715	15,4	2690	4,23	1697	15,57
32	33	296.33	2172	5,24	1601	6,87	2355	4,84	1576	6,98	2432	4,68	1547	7,11
33	34PAS	231.75	2170	5,25	1601	4,2	2353	4,84	1576	4,27	2429	4,69	1547	4,35
35PAS	36	180.60	2020	5,64	1493	2,77	2181	5,22	1464	2,82	2237	5,09	1427	2,9
36	37	189.58	2039	5,59	1504	3,03	2205	5,17	1476	3,09	2262	5,04	1439	3,16
37	38	80.48	578	19,71	410	2,15	681	16,73	415	2,13	707	16,11	412	2,14
38	39	154.43	599	19,02	436	6,85	663	17,18	438	6,83	696	16,36	437	6,84
39	40	73.24	587	19,4	422	1,7	678	16,8	428	1,67	705	16,16	425	1,68
41	42	301.24	2215	5,14	1627	6,94	2412	4,72	1604	7,04	2493	4,57	1577	7,16
42	43	317.20	2237	5,09	1648	7,6	2430	4,69	1626	7,7	2515	4,53	1599	7,83
43	44	377.55	2289	4,98	1682	10,56	2493	4,57	1661	10,69	2586	4,4	1638	10,84
44	45PAS	350.63	2291	4,97	1682	9,16	2500	4,56	1661	9,28	2593	4,39	1638	9,41
46PAS	47	341.43	2275	5,01	1675	8,71	2475	4,6	1654	8,82	2567	4,44	1631	8,94
29	48	359.12	2277	5	1675	9,64	2477	4,6	1654	9,76	2570	4,43	1631	9,89
48	49	363.16	2276	5	1675	9,85	2475	4,6	1654	9,98	2568	4,44	1631	10,12
49	50	365.71	2276	5	1675	10,03	2476	4,6	1654	10,15	2569	4,43	1631	10,29
50	51	317.91	2240	5,08	1649	7,7	2434	4,68	1627	7,8	2520	4,52	1601	7,93
51	52 ENTRONQUE	316.68	2239	5,09	1649	7,73	2433	4,68	1627	7,84	2518	4,52	1601	7,97

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	1185	9,61	1544	9,61	1806	6,31	1600	9,27
18	19	321.06	1180	9,65	1544	8,32	1800	6,33	1600	8,03
19	20	400.97	1246	9,14	1631	12,35	1883	6,05	1673	12,04
20	21	398.13	1246	9,14	1628	12,18	1882	6,05	1669	11,87
21	22	383.06	1223	9,31	1601	11,4	1856	6,14	1648	11,08
22	23	357.54	1223	9,31	1601	10,04	1856	6,14	1648	9,75
23	24	262.66	1112	10,24	1457	6,04	1725	6,6	1535	5,73
24	25	396.27	1245	9,15	1627	12,21	1882	6,05	1669	11,9
26	27	196.55	996	11,44	1305	3,67	1597	7,13	1421	3,37
27	28	184.18	971	11,73	1278	3,3	1571	7,25	1402	3,01
28	29	234.50	1064	10,7	1399	4,89	1673	6,81	1492	4,59
29	30	234.09	1068	10,66	1382	4,98	1669	6,82	1475	4,66
30	31	298.14	1153	9,88	1509	7,38	1772	6,43	1576	7,07
31	32	458.77	1283	8,88	1671	15,81	1927	5,91	1703	15,51
32	33	296.33	1115	10,22	1465	7,51	1731	6,58	1541	7,14
33	34PAS	231.75	1114	10,22	1465	4,59	1728	6,59	1541	4,36
35PAS	36	180.60	966	11,79	1272	3,25	1565	7,28	1398	2,96
36	37	189.58	987	11,54	1295	3,52	1586	7,18	1414	3,22
37	38	80.48	285	39,96	337	2,62	445	25,6	375	2,35
38	39	154.43	317	35,93	410	7,3	483	23,58	424	7,04
39	40	73.24	274	41,57	337	2,12	443	25,71	381	1,88
41	42	301.24	1157	9,84	1509	7,48	1775	6,42	1575	7,17
42	43	317.20	1172	9,72	1539	8,14	1796	6,34	1599	7,83
43	44	377.55	1218	9,35	1593	11,15	1849	6,16	1641	10,83
44	45PAS	350.63	1222	9,32	1593	9,67	1852	6,15	1641	9,39
46PAS	47	341.43	1208	9,43	1584	9,21	1836	6,2	1633	8,93
29	48	359.12	1209	9,42	1584	10,19	1838	6,2	1633	9,88
48	49	363.16	1208	9,43	1584	10,42	1837	6,2	1633	10,1
49	50	365.71	1208	9,43	1584	10,6	1837	6,2	1633	10,28
50	51	317.91	1175	9,69	1541	8,24	1799	6,33	1600	7,93
51	52 ENTRONQUE	316.68	1174	9,7	1541	8,27	1799	6,33	1600	7,97

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	2344	4,86	1556	9,53	1509	7,55	1974	7,51
18	19	321.06	2333	4,88	1556	8,25	1504	7,57	1974	6,5
19	20	400.97	2446	4,66	1631	12,35	1501	7,59	1970	10,22
20	21	398.13	2447	4,65	1628	12,17	1504	7,57	1971	10,05
21	22	383.06	2406	4,73	1605	11,38	1508	7,55	1980	9,21
22	23	357.54	2408	4,73	1605	10,02	1509	7,55	1980	8,11
23	24	262.66	2226	5,12	1486	5,92	1555	7,32	2043	4,3
24	25	396.27	2445	4,66	1627	12,21	1502	7,58	1969	10,09
26	27	196.55	2055	5,54	1372	3,49	1607	7,09	2112	2,27
27	28	184.18	2017	5,65	1353	3,12	1620	7,03	2137	1,97
28	29	234.50	2151	5,3	1441	4,75	1575	7,23	2076	3,3
29	30	234.09	2165	5,26	1427	4,82	1577	7,22	2050	3,35
30	31	298.14	2290	4,97	1528	7,29	1536	7,42	2017	5,52
31	32	458.77	2514	4,53	1667	15,84	1489	7,65	1945	13,58
32	33	296.33	2230	5,11	1492	7,38	1548	7,36	2038	5,4
33	34PAS	231.75	2227	5,11	1492	4,51	1548	7,36	2038	3,3
35PAS	36	180.60	2010	5,67	1348	3,07	1621	7,03	2138	1,93
36	37	189.58	2040	5,58	1365	3,34	1612	7,07	2122	2,15
37	38	80.48	640	17,8	389	2,27	369	30,87	443	1,99
38	39	154.43	650	17,52	429	6,97	344	33,11	446	6,7
39	40	73.24	630	18,08	397	1,8	374	30,45	464	1,54
41	42	301.24	2298	4,96	1527	7,39	1535	7,42	2010	5,62
42	43	317.20	2321	4,91	1552	8,07	1529	7,45	2012	6,22
43	44	377.55	2399	4,75	1598	11,12	1511	7,54	1981	8,97
44	45PAS	350.63	2406	4,73	1598	9,64	1515	7,52	1981	7,78
46PAS	47	341.43	2380	4,79	1590	9,17	1506	7,56	1980	7,36
29	48	359.12	2382	4,78	1590	10,15	1508	7,55	1980	8,15
48	49	363.16	2380	4,79	1590	10,38	1506	7,56	1980	8,33
49	50	365.71	2382	4,78	1590	10,56	1507	7,56	1980	8,48
50	51	317.91	2327	4,89	1554	8,17	1528	7,45	2008	6,32
51	52 ENTRONQUE	316.68	2325	4,9	1554	8,21	1527	7,46	2008	6,35

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)
17 ENTRONQUE	18	344.11	1622	7,02	1866	7,95	1446	7,88	1890	7,84	1336	8,53	1745	8,5
18	19	321.06	1617	7,04	1866	6,88	1441	7,9	1890	6,79	1331	8,56	1745	7,36
19	20	400.97	1636	6,96	1887	10,67	1453	7,84	1907	10,56	1368	8,33	1794	11,23
20	21	398.13	1639	6,95	1887	10,5	1456	7,82	1906	10,39	1370	8,31	1792	11,06
21	22	383.06	1635	6,97	1885	9,68	1454	7,83	1908	9,56	1358	8,39	1781	10,25
22	23	357.54	1635	6,97	1885	8,52	1455	7,83	1908	8,42	1359	8,38	1781	9,02
23	24	262.66	1634	6,97	1887	4,66	1465	7,77	1924	4,57	1311	8,69	1720	5,11
24	25	396.27	1637	6,96	1885	10,54	1454	7,83	1905	10,43	1368	8,33	1791	11,09
26	27	196.55	1634	6,97	1888	2,54	1476	7,72	1939	2,47	1259	9,05	1652	2,9
27	28	184.18	1637	6,96	1897	2,22	1481	7,69	1952	2,16	1250	9,11	1647	2,56
28	29	234.50	1634	6,97	1893	3,62	1469	7,75	1935	3,54	1289	8,84	1697	4,03
29	30	234.09	1632	6,98	1869	3,68	1469	7,75	1909	3,6	1292	8,82	1676	4,1
30	31	298.14	1633	6,97	1885	5,91	1458	7,81	1915	5,81	1327	8,58	1741	6,39
31	32	458.77	1638	6,95	1880	14,05	1452	7,84	1895	13,93	1384	8,23	1805	14,63
32	33	296.33	1630	6,99	1886	5,83	1460	7,8	1921	5,73	1310	8,69	1723	6,39
33	34PAS	231.75	1629	6,99	1886	3,57	1459	7,81	1921	3,5	1309	8,7	1723	3,9
35PAS	36	180.60	1636	6,96	1897	2,18	1481	7,69	1953	2,12	1246	9,14	1643	2,52
36	37	189.58	1635	6,97	1891	2,41	1477	7,71	1944	2,34	1255	9,08	1650	2,76
37	38	80.48	398	28,62	427	2,07	351	32,45	421	2,1	322	35,37	384	2,3
38	39	154.43	387	29,43	442	6,77	339	33,6	440	6,8	330	34,52	428	6,99
39	40	73.24	403	28,26	444	1,61	352	32,36	436	1,64	317	35,93	392	1,83
41	42	301.24	1633	6,97	1880	6	1460	7,8	1911	5,91	1329	8,57	1738	6,49
42	43	317.20	1634	6,97	1889	6,63	1458	7,81	1918	6,53	1337	8,52	1757	7,13
43	44	377.55	1635	6,97	1884	9,43	1455	7,83	1907	9,31	1357	8,39	1777	10
44	45PAS	350.63	1639	6,95	1884	8,18	1459	7,81	1907	8,08	1360	8,38	1777	8,67
46PAS	47	341.43	1628	7	1880	7,75	1449	7,86	1904	7,66	1348	8,45	1771	8,24
29	48	359.12	1629	6,99	1880	8,58	1450	7,86	1904	8,47	1350	8,44	1771	9,11
48	49	363.16	1628	7	1880	8,77	1449	7,86	1904	8,66	1348	8,45	1771	9,32
49	50	365.71	1629	6,99	1880	8,93	1450	7,86	1904	8,82	1349	8,44	1771	9,48
50	51	317.91	1634	6,97	1888	6,72	1459	7,81	1916	6,62	1338	8,51	1757	7,22
51	52 ENTRONQUE	316.68	1634	6,97	1888	6,75	1458	7,81	1916	6,65	1337	8,52	1757	7,26

6.6. TABLA DE REGULACIÓN

TABLA DE REGULACIÓN PARA EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW C1

	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 17 ENTRONQUE a Apoyo 18	344,11	333,23	1556,21	7,22	1521,57	7,38	1488,09	7,55	1456,39	7,71	1425,87	7,88	1397,15	8,04	1369,61	8,2	1343,26	8,36	1318,12	8,52	1293,56	8,68	1270,2	8,84	1248,05	9
Apoyo 18 a Apoyo 19	321,77	333,23	1556,21	6,3	1521,57	6,45	1488,09	6,59	1456,39	6,74	1425,87	6,88	1397,15	7,02	1369,61	7,16	1343,26	7,3	1318,12	7,44	1293,56	7,59	1270,2	7,73	1248,05	7,86
Apoyo 19 a Apoyo 20	400,78	400,78	1143,82	13,32	1131,16	13,47	1119,11	13,61	1107,37	13,76	1095,93	13,9	1084,79	14,04	1073,97	14,18	1063,29	14,33	1052,92	14,47	1043,01	14,61	1033,09	14,75	1023,8	14,88
Apoyo 20 a Apoyo 21	398,4	398,29	1142,63	13,17	1129,97	13,32	1117,92	13,47	1105,87	13,61	1094,43	13,76	1082,98	13,9	1072,16	14,04	1061,63	14,18	1051,1	14,33	1041,2	14,46	1031,28	14,6	1021,67	14,74
Apoyo 21 a Apoyo 22	384,22	371,19	1555,6	8,99	1525,21	9,17	1497,23	9,34	1469,21	9,52	1442,98	9,69	1417,95	9,87	1393,5	10,04	1370,25	10,21	1347,59	10,38	1326,14	10,55	1305,28	10,72	1285,63	10,88
Apoyo 22 a Apoyo 23	356,75	371,19	1555,6	7,75	1525,21	7,91	1497,23	8,06	1469,21	8,21	1442,98	8,36	1417,95	8,51	1393,5	8,66	1370,25	8,8	1347,59	8,95	1326,14	9,1	1305,28	9,24	1285,63	9,38
Apoyo 23 a Apoyo 24	260,27	260,12	1637,43	3,92	1585,31	4,05	1536,72	4,18	1489,25	4,31	1445,33	4,44	1403,78	4,57	1364,6	4,7	1327,8	4,84	1292,18	4,97	1258,95	5,1	1227,53	5,23	1197,3	5,36
Apoyo 24 a Apoyo 25	394,19	394,11	1541,78	9,55	1515,03	9,72	1488,86	9,89	1464,49	10,06	1440,71	10,22	1417,51	10,39	1395,51	10,55	1374,1	10,72	1353,29	10,88	1333,68	11,04	1314,67	11,2	1296,26	11,36
Apoyo 26 a Apoyo 27	197,57	197,32	1705,86	2,17	1635,74	2,26	1567,83	2,36	1504,59	2,46	1444,82	2,56	1388,57	2,67	1334,62	2,77	1285,46	2,88	1238,66	2,99	1194,22	3,1	1153,41	3,21	1115	3,32
Apoyo 27 a Apoyo 28	184,68	184,68	1727,71	1,87	1652,82	1,95	1582,53	2,04	1514,46	2,13	1451,06	2,23	1389,92	2,32	1333,52	2,42	1279,43	2,52	1228,91	2,63	1181,97	2,73	1138,66	2,84	1097,73	2,94
Apoyo 28 a Apoyo 29	235,02	235,02	1664,37	3,14	1606,25	3,26	1550,42	3,37	1498,09	3,49	1448,09	3,61	1400,42	3,74	1356,32	3,86	1314,59	3,98	1275,25	4,1	1238,3	4,22	1202,52	4,35	1169,77	4,47
Apoyo 29 a Apoyo 30	234,43	232,82	1642,57	3,19	1584,4	3,31	1529,73	3,43	1477,35	3,55	1428,52	3,67	1382,03	3,79	1337,9	3,92	1296,13	4,04	1257,99	4,17	1221,01	4,29	1186,44	4,42	1154,29	4,54
Apoyo 30 a Apoyo 31	297,98	297,86	1601,75	5,25	1558,67	5,4	1517,94	5,54	1480,18	5,68	1443,59	5,83	1408,15	5,98	1375,11	6,12	1343,86	6,26	1313,79	6,41	1285,53	6,55	1258,47	6,69	1232,6	6,83
Apoyo 31 a Apoyo 32	458,33	458,11	1511,8	13,18	1491,72	13,35	1472,24	13,53	1453,35	13,71	1434,44	13,89	1416,75	14,06	1399,65	14,23	1382,84	14,41	1366,64	14,58	1350,73	14,75	1335,42	14,92	1320,72	15,09
Apoyo 32 a Apoyo 33	296,05	269,67	1627,61	5,1	1579,12	5,26	1531,73	5,42	1487,9	5,58	1445,21	5,74	1406,1	5,9	1368,15	6,07	1332,59	6,23	1298,2	6,4	1266,22	6,56	1236,05	6,72	1207,07	6,88
Apoyo 33 a Apoyo 34PAS	231,63	269,67	1627,61	3,12	1579,12	3,22	1531,73	3,32	1487,9	3,42	1445,21	3,52	1406,1	3,61	1368,15	3,71	1332,59	3,81	1298,2	3,91	1266,22	4,01	1236,05	4,11	1207,07	4,21
Apoyo 34PAS a Apoyo 35PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 35PAS a Apoyo 36	179,37	179,37	1732,58	1,76	1657,71	1,84	1585,01	1,92	1514,5	2,01	1448,66	2,1	1387,51	2,2	1328,65	2,29	1273,31	2,39	1222,78	2,49	1174,59	2,59	1130,02	2,7	1087,84	2,8
Apoyo 36 a Apoyo 37	188,36	188,27	1720,43	1,95	1647,94	2,04	1577,64	2,13	1510,77	2,23	1448,58	2,32	1388,66	2,42	1332,25	2,52	1280,62	2,63	1231,34	2,73	1185,65	2,84	1142,34	2,94	1102,67	3,05
Apoyo 37 a Apoyo 38	81,45	76,61	325,67	2,05	317,67	2,1	310,16	2,15	303,13	2,2	296,43	2,25	290,21	2,3	284,31	2,35	278,89	2,4	273,48	2,44	268,55	2,49	263,95	2,53	259,34	2,58
Apoyo 38 a Apoyo 39	154,43	154,42	335,43	6,75	333,11	6,8	330,78	6,84	328,45	6,89	326,29	6,94	324,12	6,99	321,96	7,03	319,96	7,08	317,95	7,12	315,79	7,17	313,95	7,21	312,11	7,26
Apoyo 39 a Apoyo 40	74,3	71,64	339,69	1,6	329,43	1,65	320,14	1,69	311,34	1,74	303,34	1,79	295,82	1,83	288,79	1,88	282,24	1,92	276,18	1,96	270,28	2,01	264,86	2,05	259,77	2,09
Apoyo 40 a Apoyo 41	191,71	191,7	1717,99	2,03	1645,49	2,12	1577,61	2,21	1511,96	2,3	1448,55	2,4	1391,08	2,5	1335,91	2,61	1284,29	2,71	1236,25	2,82	1190,57	2,92	1148,51	3,03	1108,85	3,14
Apoyo 41 a Apoyo 42	302,28	301,85	1591,97	5,44	1550,69	5,59	1511,78	5,73	1474,01	5,88	1438,63	6,02	1404,41	6,17	1371,97	6,32	1341,33	6,46	1312,5	6,6	1284,23	6,75	1257,78	6,89	1232,54	7,03
Apoyo 42 a Apoyo 43	317,99	317,99	1590,53	6,02	1551,68	6,17	1515,2	6,32	1479,88	6,47	1446,34	6,62	1414,58	6,77	1384	6,92	1355,22	7,07	1327,01	7,22	1300,62	7,37	1275,42	7,51	1251,43	7,66
Apoyo 43 a Apoyo 44	378,34	364,98	1556,92	8,71	1525,93	8,89	1496,12	9,07	1468,09	9,24	1441,26	9,41	1415,61	9,58	1390,55	9,76	1366,68	9,93	1344,02	10,1	1321,95	10,26	1300,46	10,43	1280,2	10,6
Apoyo 44 a Apoyo 45PAS	350,53	364,98	1556,92	7,49	1525,93	7,64	1496,12	7,79	1468,09	7,94	1441,26	8,09	1415,61	8,23	1390,55	8,38	1366,68	8,53	1344,02	8,67	1321,95	8,82	1300,46	8,96	1280,2	9,11
Apoyo 45PAS a Apoyo 46PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 46PAS a Apoyo 47	341,43	357,56	1557,05	7,09	1525,45	7,24	1495,02	7,39	1466,39	7,53	1438,33	7,68	1412,06	7,82	1386,38	7,97	1361,9	8,11	1338,62	8,25	1315,92	8,39	1294,44	8,53	1273,55	8,67
Apoyo 47 a Apoyo 48	359,12	357,56	1557,05	7,85	1525,45	8,01	1495,02	8,17	1466,39	8,33	1438,33	8,5	1412,06	8,65	1386,38	8,81	1361,9	8,97	1338,62	9,13	1315,92	9,29	1294,44	9,44	1273,55	9,6
Apoyo 48 a Apoyo 49	363,16	357,56	1557,05	8,02	1525,45	8,19	1495,02	8,36	1466,39	8,52	1438,33	8,69	1412,06	8,85	1386,38	9,01	1361,9	9,18	1338,62	9,34	1315,92	9,5	1294,44	9,66	1273,55	9,81
Apoyo 49 a Apoyo 50	365,12	357,56	1557,05	8,11	1525,45	8,28	1495,02	8,45	1466,39	8,61	1438,33	8,78	1412,06	8,95	1386,38	9,11	1361,9	9,28	1338,62	9,44	1315,92	9,6	1294,44	9,76	1273,55	9,92
Apoyo 50 a Apoyo 51	317,32	315,71	1590,56	6	1551,71	6,15	1514,63	6,3	1478,7	6,45	1445,15	6,6	1412,78	6,75	1382,2	6,9	1352,8	7,05	1325,2	7,2	1298,81	7,35	1272,99	7,5	1248,99	7,64
Apoyo 51 a Apoyo 52 ENTRONQUE	314,13	315,71	1590,56	5,88	1551,71	6,02	1514,63	6,17	1478,7	6,32	1445,15	6,47	1412,78	6,62	1382,2	6,76	1352,8	6,91	1325,2	7,05	1298,81	7,2	1272,99	7,34	1248,99	7,49

TABLA DE REGULACIÓN PARA EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW C2

	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 17 ENTRONQUE a Apoyo 18	344,11	332,6	1556,83	7,21	1522,19	7,38	1488,1	7,55	1456,4	7,71	1425,88	7,88	1397,16	8,04	1369,62	8,2	1342,66	8,37	1317,51	8,53	1293,57	8,68	1270,21	8,84	1248,06	9
Apoyo 18 a Apoyo 19	320,36	332,6	1556,83	6,25	1522,19	6,39	1488,1	6,54	1456,4	6,68	1425,88	6,82	1397,16	6,96	1369,62	7,1	1342,66	7,24	1317,51	7,38	1293,57	7,52	1270,21	7,66	1248,06	7,79
Apoyo 19 a Apoyo 20	401,15	401,15	1541,65	9,89	1515,51	10,06	1489,95	10,23	1466,19	10,4	1442,41	10,57	1420,44	10,74	1398,44	10,91	1377,65	11,07	1357,76	11,23	1338,46	11,4	1319,46	11,56	1301,67	11,72
Apoyo 20 a Apoyo 21	397,87	397,75	1542,32	9,73	1515,57	9,9	1490,02	10,07	1465,65	10,24	1441,86	10,41	1419,28	10,57	1397,89	10,73	1376,49	10,9	1356,29	11,06	1336,69	11,23	1317,68	11,39	1299,58	11,55
Apoyo 21 a Apoyo 22	381,91	370,63	1555	8,89	1525,22	9,06	1496,63	9,23	1469,22	9,41	1442,38	9,58	1417,35	9,75	1392,9	9,92	1369,65	10,09	1346,99	10,26	1325,53	10,43	1304,67	10,6	1284,71	10,76
Apoyo 22 a Apoyo 23	358,33	370,63	1555	7,82	1525,22	7,98	1496,63	8,13	1469,22	8,28	1442,38	8,44	1417,35	8,59	1392,9	8,74	1369,65	8,89	1346,99	9,04	1325,53	9,18	1304,67	9,33	1284,71	9,47
Apoyo 23 a Apoyo 24	265,05	264,9	1632,52	4,08	1581,61	4,21	1534,23	4,34	1489,19	4,47	1445,27	4,61	1404,94	4,74	1366,38	4,87	1330,2	5,01	1295,81	5,14	1262,59	5,27	1231,79	5,41	1202,19	5,54
Apoyo 24 a Apoyo 25	398,36	398,27	1540,48	9,76	1514,34	9,93	1488,78	10,1	1464,41	10,27	1440,63	10,44	1418,04	10,61	1396,65	10,77	1375,55	10,94	1355,36	11,1	1336,06	11,26	1317,05	11,42	1298,64	11,58
Apoyo 26 a Apoyo 27	195,54	195,29	1705,87	2,13	1635,76	2,22	1567,85	2,31	1504,6	2,41	1443,62	2,51	1386,13	2,62	1332,18	2,72	1281,78	2,83	1234,97	2,94	1190,53	3,05	1149,71	3,15	1110,67	3,26
Apoyo 27 a Apoyo 28	183,68	183,67	1730,13	1,85	1655,25	1,93	1582,54	2,02	1514,47	2,11	1451,07	2,2	1389,93	2,3	1332,3	2,4	1278,21	2,5	1227,68	2,6	1180,74	2,71	1137,43	2,81	1096,5	2,91
Apoyo 28 a Apoyo 29	233,98	233,98	1668,01	3,11	1608,69	3,22	1552,86	3,34	1499,33	3,46	1449,32	3,58	1401,65	3,7	1357,56	3,82	1314,61	3,94	1275,26	4,07	1237,69	4,19	1202,53	4,31	1169,17	4,44
Apoyo 29 a Apoyo 30	233,75	232,14	1643,79	3,17	1585,62	3,29	1530,95	3,4	1477,36	3,53	1428,53	3,65	1382,04	3,77	1337,91	3,89	1296,14	4,02	1256,76	4,15	1220,4	4,27	1185,83	4,39	1153,06	4,52
Apoyo 30 a Apoyo 31	298,31	298,19	1600,53	5,27	1558,05	5,41	1517,93	5,56	1479,57	5,7	1443,58	5,84	1408,14	5,99	1375,1	6,13	1343,85	6,28	1313,79	6,42	1285,53	6,56	1258,46	6,7	1232,6	6,84
Apoyo 31 a Apoyo 32	459,22	459,01	1511,78	13,23	1491,7	13,41	1471,91	13,59	1453,02	13,76	1434,42	13,94	1416,73	14,12	1399,63	14,29	1383,13	14,46	1366,62	14,64	1351,01	14,81	1335,7	14,98	1321	15,14
Apoyo 32 a Apoyo 33	296,61	270,12	1625,18	5,13	1576,68	5,29	1530,51	5,44	1486,68	5,61	1443,98	5,77	1404,87	5,93	1366,92	6,1	1331,35	6,26	1298,2	6,42	1266,22	6,58	1235,42	6,75	1207,06	6,91
Apoyo 33 a Apoyo 34PAS	231,88	270,12	1625,18	3,13	1576,68	3,23	1530,51	3,33	1486,68	3,43	1443,98	3,53	1404,87	3,63	1366,92	3,73	1331,35	3,83	1298,2	3,92	1266,22	4,02	1235,42	4,12	1207,06	4,22
Apoyo 34PAS a Apoyo 35PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 35PAS a Apoyo 36	181,82	181,82	1730,14	1,81	1655,26	1,89	1582,56	1,98	1514,48	2,07	1448,64	2,16	1387,49	2,26	1329,85	2,35	1275,76	2,45	1225,23	2,56	1177,05	2,66	1133,72	2,76	1092,16	2,87
Apoyo 36 a Apoyo 37	190,81	190,71	1715,58	2,01	1643,07	2,1	1572,76	2,19	1508,31	2,29	1446,11	2,39	1387,4	2,49	1332,23	2,59	1280,6	2,69	1232,55	2,8	1186,86	2,91	1144,79	3,01	1105,13	3,12
Apoyo 37 a Apoyo 38	81,45	76,61	325,67	2,05	317,67	2,1	310,16	2,15	303,13	2,2	296,43	2,25	290,21	2,3	284,31	2,35	278,89	2,4	273,48	2,44	268,55	2,49	263,95	2,53	259,34	2,58
Apoyo 38 a Apoyo 39	154,43	154,42	335,43	6,75	333,11	6,8	330,78	6,84	328,45	6,89	326,29	6,94	324,12	6,99	321,96	7,03	319,96	7,08	317,95	7,12	315,79	7,17	313,95	7,21	312,11	7,26
Apoyo 39 a Apoyo 40	74,3	71,64	339,69	1,6	329,43	1,65	320,14	1,69	311,34	1,74	303,34	1,79	295,82	1,83	288,79	1,88	282,24	1,92	276,18	1,96	270,28	2,01	264,86	2,05	259,77	2,09
Apoyo 40 a Apoyo 41	189,63	189,62	1719,21	1,98	1646,72	2,07	1577,63	2,16	1510,76	2,25	1448,57	2,35	1389,87	2,45	1333,47	2,55	1281,84	2,66	1232,56	2,76	1186,87	2,87	1144,81	2,98	1105,14	3,08
Apoyo 41 a Apoyo 42	300,2	299,77	1595,64	5,36	1553,16	5,5	1513,03	5,65	1475,27	5,79	1439,27	5,94	1405,05	6,08	1372,62	6,23	1341,37	6,37	1311,91	6,52	1283,65	6,66	1257,2	6,8	1231,33	6,94
Apoyo 42 a Apoyo 43	316,41	316,41	1592,98	5,95	1554,14	6,1	1516,45	6,25	1481,13	6,4	1446,98	6,55	1415,22	6,7	1384,64	6,85	1355,25	7	1327,04	7,15	1300,64	7,29	1275,45	7,44	1250,84	7,58
Apoyo 43 a Apoyo 44	376,76	364,2	1556,94	8,64	1526,56	8,81	1496,74	8,99	1468,72	9,16	1441,27	9,33	1415,63	9,5	1390,56	9,68	1366,7	9,84	1344,03	10,01	1321,96	10,18	1300,48	10,35	1280,21	10,51
Apoyo 44 a Apoyo 45PAS	350,73	364,2	1556,94	7,49	1526,56	7,64	1496,74	7,8	1468,72	7,94	1441,27	8,1	1415,63	8,24	1390,56	8,39	1366,7	8,54	1344,03	8,68	1321,96	8,83	1300,48	8,97	1280,21	9,12
Apoyo 45PAS a Apoyo 46PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apoyo 46PAS a Apoyo 47	341,43	357,88	1557,04	7,09	1525,44	7,24	1495,02	7,39	1466,38	7,53	1438,32	7,68	1412,06	7,82	1386,38	7,97	1361,89	8,11	1338,61	8,25	1316,23	8,39	1294,43	8,53	1274,16	8,67
Apoyo 47 a Apoyo 48	359,12	357,88	1557,04	7,85	1525,44	8,01	1495,02	8,17	1466,38	8,33	1438,32	8,5	1412,06	8,65	1386,38	8,81	1361,89	8,97	1338,61	9,13	1316,23	9,29	1294,43	9,44	1274,16	9,59
Apoyo 48 a Apoyo 49	363,16	357,88	1557,04	8,02	1525,44	8,19	1495,02	8,36	1466,38	8,52	1438,32	8,69	1412,06	8,85	1386,38	9,01	1361,89	9,18	1338,61	9,34	1316,23	9,5	1294,43	9,66	1274,16	9,81
Apoyo 49 a Apoyo 50	366,3	357,88	1557,04	8,16	1525,44	8,33	1495,02	8,5	1466,38	8,67	1438,32	8,84	1412,06	9	1386,38	9,17	1361,89	9,34	1338,61	9,5	1316,23	9,66	1294,43	9,82	1274,16	9,98
Apoyo 50 a Apoyo 51	318,51	318,85	1589,3	6,05	1550,45	6,2	1513,97	6,35	1478,65	6,5	1445,71	6,65	1413,96	6,8	1383,37	6,95	1354,59	7,1	1327	7,24	1300,6	7,39	1275,41	7,54	1251,41	7,68
Apoyo 51 a Apoyo 52 ENTRONQUE	319,23	318,85	1589,3	6,07	1550,45	6,23	1513,97	6,38	1478,65	6,53	1445,71	6,68	1413,96	6,83	1383,37	6,98	1354,59	7,13	1327	7,28	1300,6	7,42	1275,41	7,57	1251,41	7,72

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 Des. de tracciones Temperatura -10°C	Cargas permanentes Viento + Hielo zona B 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.

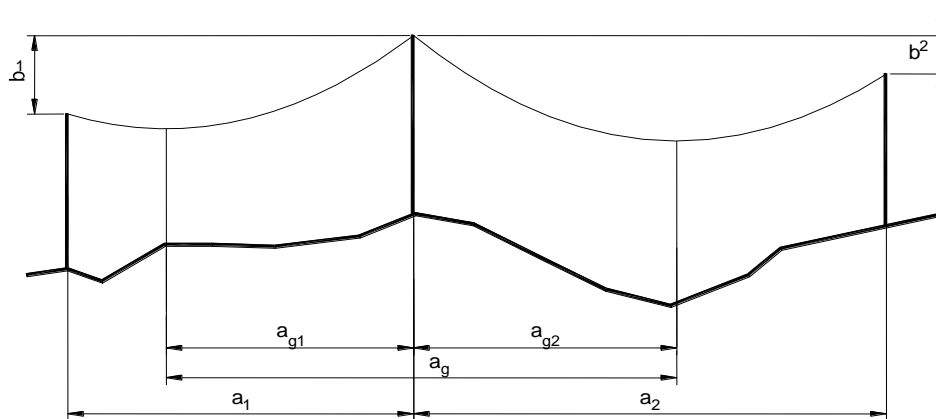
Dicha longitud viene determinada por la distancia horizontal que existe entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo (ag).

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.

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

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

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

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:

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

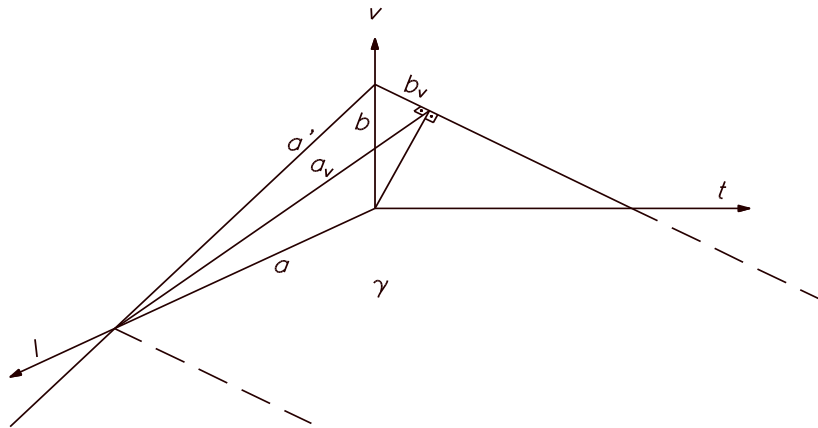
siendo:

- 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).





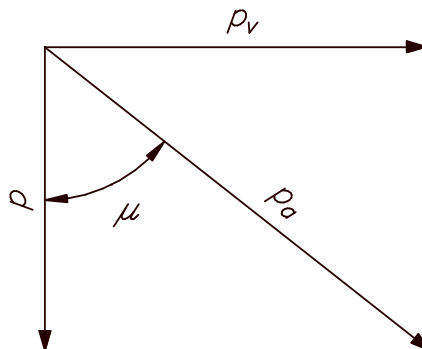
$$b_v = b \cos(\mu) \quad (\text{m})$$

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

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

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

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:

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

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

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:

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

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:

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

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

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:

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

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

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:

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

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

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

donde:

- $F_{l\ equi}$: Componente longitudinal del esfuerzo equivalente (daN)
- $F_{t\ equi}$: Componente transversal del esfuerzo equivalente (daN)
- $F_{v\ equi}$: 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 gravivano 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_i) 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:

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

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_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 3,1,5,1 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

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_i) 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:

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

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_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 3,1,5,2 de la ITC-LAT 07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

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_i) 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 ($x_{\text{equi}}, y_{\text{equi}}$) 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 ($x_{\text{equi}}, y_{\text{equi}}$) calculados según las siguientes expresiones:

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

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

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)							
18	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1823	1945	6	307	379	1	308	380	1	10190	17745	57,42%	2000	1500	91,15%	20,53%
19	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2665	6605	267	349	1347	71	347	1254	434	35962	40115	89,65%	3000	2000	88,83%	17,45%
20	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2019	8079	12	232	1653	4	247	1401	3	41638	56040	74,30%	5000	3000	40,38%	8,23%
21	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2529	9549	496	328	1995	16	317	1835	459	51720	56040	92,29%	5000	3000	50,58%	10,93%
22	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2130	2154	2	358	420	0	359	420	0	11259	17745	63,45%	2000	1500	106,50%	23,93%
23	IC-55000-25-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2149	6756	214	262	1411	89	260	1396	94	36500	56040	65,13%	5000	3000	42,98%	8,73%
24	IC-70000-25-N1333-FL.str	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	1461	11908	755	124	2477	117	119	2478	118	65178	69835	93,33%	5000	3000	29,22%	4,13%
25	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2617	5377	49	347	1094	12	346	1087	8	28067	40115	69,97%	3000	2000	87,23%	17,35%
26	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1277	6056	547	98	1227	181	100	1228	177	34295	40115	85,49%	3000	2000	42,57%	5,00%
27	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1919	3043	10	238	615	5	238	630	9	16127	40115	40,20%	3000	2000	63,97%	11,90%
28	CO-33000-21-N3776-ANC.STR	ÁNGULO-ANC.STR	1658	2622	203	185	514	61	186	494	60	14251	30425	46,84%	2000	1500	82,90%	12,40%
29	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	311	3400	178	-95	692	35	-94	712	35	18706	40115	46,63%	3000	2000	13,43%	-4,70%
30	CO-33000-39-N3776-ANC.str	ALINEACIÓN-ANCLAJE	3440	1603	1247	533	308	90	533	308	90	12628	30425	41,51%	2000	1500	172,00%	35,53%
31	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2307	3325	728	296	653	90	295	645	90	19889	40115	49,58%	3000	2000	76,90%	14,80%
32	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2036	4002	292	220	805	116	219	796	114	22402	40115	55,84%	3000	2000	67,87%	11,00%
33	CO-18000-24-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1349	1580	1	223	305	0	222	304	0	8232	17745	46,39%	2000	1500	67,45%	14,87%
36	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1784	8696	14	213	1744	10	212	1750	11	45059	56040	80,41%	5000	3000	35,68%	7,10%
37	IC-55000-25-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1617	940	8728	231	236	1699	229	234	1698	49203	56040	87,80%	5000	3000	32,34%	7,70%
38	P-Cruzamiento-12.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	646	854	1587	-112	218	65	-112	218	65	10754	0		0	0		
39	P-Cruzamiento-20.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	978	855	1475	-61	225	38	-61	225	38	10159	0		0	0		
40	IC-55000-30-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1780	894	7232	282	243	1674	282	244	1677	44425	56040	79,27%	5000	3000	35,60%	9,40%
41	IC-55000-35-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	884	7484	1702	37	1611	117	40	1616	113	45730	56040	81,60%	5000	3000	17,68%	1,33%
42	CO-27000-33-N3776-AM.str	ALINEACIÓN-AMARRE	2595	1823	106	353	351	26	354	353	25	10088	24645	40,93%	2000	1500	129,75%	23,60%
43	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2477	7041	91	319	1440	33	320	1453	32	37173	40115	92,67%	3000	2000	82,57%	16,00%
44	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2030	2120	7	343	414	2	344	415	2	11114	17745	62,63%	2000	1500	101,50%	22,93%
47	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1656	2026	3	258	396	0	258	396	0	10590	17745	59,68%	2000	1500	82,80%	17,20%
48	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1884	2052	0	300	405	0	300	405	0	10719	17745	60,41%	2000	1500	94,20%	20,00%
49	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1661	2092	2	263	412	0	263	411	0	10924	17745	61,56%	2000	1500	83,05%	17,53%
50	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2136	5845	92	237	1185	23	236	1171	25	30499	40115	76,03%	3000	2000	71,20%	11,85%
51	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1553	1796	3	257	358	1	255	355	1	9403	17745	52,99%	2000	1500	77,65%	17,13%
52	IC-70000-25-N1333-ANC.str	ENTRONQUE	1020	5688	7708	128	2006	2609	181	383	2126	92903	69835	133,03%	5000	3000	20,40%	6,03%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio.str	ENTRONQUE	543	1014	11353	419	397	1	419	397	1	42286	69835	60,55%	5000	3000	38,20%	13,97%
34PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	725	1113	11365	59	217	2317	59	207	2318	64096	69835	91,78%	5000	3000	14,50%	1,97%
35PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	694	541	11074	67	104	2219	66	103	2216	59773	69835	85,59%	5000	3000	13,88%	2,23%
48PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	554	1356	11534	16	267	2386	16	260	2386	66463	69835	95,17%	5000	3000	11,08%	0,53%
49PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1019	1007	11525	113	195	2376	113	195	2376	64647	69835	92,57%	5000	3000	20,38%	3,77%

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)							
18	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2780	669	1	557	169	0	558	169	0	3626	18940	19,14%	2000	1500	139,00%	37,20%
19	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3715	5456	236	623	1239	88	620	1140	437	30132	41490	72,62%	3000	2000	123,83%	31,15%
20	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3141	6861	8	515	1560	4	531	1291	3	35609	58460	60,91%	5000	3000	62,82%	17,70%
21	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3649	8477	500	617	1956	22	607	1785	479	46554	58460	79,63%	5000	3000	72,98%	20,57%
22	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3201	733	0	639	185	0	639	186	0	3971	18940	20,97%	2000	1500	160,05%	42,60%
23	IC-55000-25-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3049	5821	167	492	1341	122	488	1327	130	31786	58460	54,37%	5000	3000	60,98%	16,40%
24	IC-70000-25-N1333-FL.str	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	2381	11243	644	352	2540	141	343	2542	144	61734	71950	85,80%	5000	3000	47,62%	11,73%
25	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3733	4051	44	636	934	18	634	928	13	21420	41490	51,63%	3000	2000	124,43%	31,80%
26	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2058	5196	473	294	1151	245	297	1152	240	29791	41490	71,80%	3000	2000	68,60%	14,85%
27	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2481	2413	9	386	534	13	387	549	18	12997	41490	31,33%	3000	2000	82,70%	19,35%
28	CO-33000-21-N3776-ANC.STR	ÁNGULO-ANC.STR	2259	1890	194	341	409	87	342	386	86	10520	31310	33,60%	2000	1500	112,95%	22,80%
29	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	910	2605	138	46	590	27	48	611	27	14503	41490	34,96%	3000	2000	30,33%	2,40%
30	CO-33000-39-N3776-ANC.str	ALINEACIÓN-ANCLAJE	4284	581	1225	765	139	112	764	140	110	7290	31310	23,28%	2000	1500	214,20%	51,00%
31	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3391	1920	726	575	441	139	574	432	138	12802	41490	30,86%	3000	2000	113,03%	28,75%
32	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3102	2638	277	487	611	175	486	603	173	15521	41490	37,41%	3000	2000	103,40%	24,35%
33	CO-18000-24-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2103	568	0	418	138	0	418	138	0	3051	18940	16,11%	2000	1500	105,15%	27,87%
36	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2335	8389	10	356	1780	14	353	1786	15	43726	58460	74,80%	5000	3000	46,70%	11,87%
37	IC-55000-25-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2065	424	9028	367	165	1795	364	164	1792	48247	58460	82,53%	5000	3000	41,30%	12,23%
38	P-Cruzamiento-12.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	948	411	1575	-66	159	44	-66	159	44	8311	0		0	0		
39	P-Cruzamiento-20.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	1294	430	1479	-6	170	21	-6	170	21	7897	0		0	0		
40	IC-55000-30-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2196	440	7527	411	177	1772	413	178	1777	43705	58460	74,76%	5000	3000	43,92%	13,77%
41	IC-55000-35-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1532	6932	1658	200	1604	161	204	1608	155	42870	58460	73,33%	5000	3000	30,64%	6,80%
42	CO-27000-33-N3776-AM.str	ALINEACIÓN-AMARRE	3503	642	96	592	156	30	594	157	30	3976	25370	15,67%	2000	1500	175,15%	39,60%
43	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3480	5979	67	579	1351	46	581	1365	46	31842	41490	76,75%	3000	2000	116,00%	29,05%
44	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3080	723	1	618	184	0	619	184	0	3923	18940	20,71%	2000	1500	154,00%	41,27%
47	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2652	681	1	513	174	0	513	174	0	3696	18940	19,51%	2000	1500	132,60%	34,20%
48	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2920	662	0	567	176	0	567	176	0	3607	18940	19,04%	2000	1500	146,00%	37,80%
49	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2696	689	1	528	181	0	527	180	0	3745	18940	19,77%	2000	1500	134,80%	35,20%
50	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3114	4727	80	484	1066	34	482	1051	38	24887	41490	59,98%	3000	2000	103,80%	24,20%
51	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2452	582	1	492	156	0	487	155	0	3179	18940	16,78%	2000	1500	122,60%	32,80%
52	IC-70000-25-N1333-ANC.str	ENTRONQUE	1368	5879	7791	264	2201	2729	237	370	2290	94683	71950	131,60%	5000	3000	27,36%	8,80%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio.str	ENTRONQUE	1008	353	11879	694	177	13	694	177	14	39012	71950	54,22%	5000	3000	51,38%	23,13%
34PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1051	689	11870	140	153	2566	140	142	2567	64918	71950	90,23%	5000	3000	21,02%	4,67%
35PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	954	191	11601	133	47	2425	131	47	2421	61010	71950	84,79%	5000	3000	19,08%	4,43%
48PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1029	698	12048	130	164	2673	130	157	2674	66199	71950	92,01%	5000	3000	20,58%	4,33%
49PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1504	352	12051	236	87	2662	236	87	2661	64435	71950	89,56%	5000	3000	30,08%	7,87%

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)			
18	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2780	56	1782	557	7	393	558	7	393	9542	24415	39,08%
19	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3715	3625	6040	623	805	1368	620	749	1500	50394	53115	94,88%
20	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3141	4616	5859	515	1029	1311	531	828	1055	54008	73130	73,85%
21	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3649	5902	5957	617	1335	1286	607	1246	1504	61516	73130	84,12%
22	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3201	50	1735	639	5	402	639	5	402	9439	24415	38,66%
23	IC-55000-25-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3049	3958	5704	492	902	1363	488	893	1368	51116	73130	69,90%
24	IC-70000-25-N1333-FL.str	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	2381	8104	5671	352	1814	1265	343	1817	1264	71545	90575	78,99%
25	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3733	2515	6003	636	563	1346	634	557	1342	44275	53115	83,36%
26	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2058	3536	6122	294	774	1433	297	773	1432	50321	53115	94,74%
27	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2481	1565	5776	386	333	1223	387	344	1228	38261	53115	72,03%
28	CO-33000-21-N3776-ANC.STR	ÁNGULO-ANC.STR	2259	1132	5969	341	232	1299	342	215	1299	36492	40275	90,61%
29	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	910	1637	5929	46	358	1266	48	374	1266	39363	53115	74,11%
30	CO-33000-39-N3776-ANC.str	ALINEACIÓN-ANCLAJE	4284	70	7042	765	7	1356	764	7	1356	34760	40275	86,31%
31	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3391	938	6781	575	193	1436	574	189	1435	38749	53115	72,95%
32	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3102	1461	6181	487	324	1451	486	319	1449	39885	53115	75,09%
33	CO-18000-24-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2103	79	1781	418	9	385	418	9	385	9620	24415	39,40%
36	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2335	6052	5446	356	1272	1149	353	1278	1147	59611	73130	81,51%
37	IC-55000-25-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2065	176	9668	367	98	1954	364	98	1950	50435	73130	68,97%
38	P-Cruzamiento-12.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	948	193	2216	-66	101	203	-66	101	203	10661	0	
39	P-Cruzamiento-20.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	1294	220	2144	-6	114	186	-6	114	186	10422	0	
40	IC-55000-30-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2196	209	8192	411	113	1937	413	113	1941	46092	73130	63,03%
41	IC-55000-35-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1532	4994	6498	200	1128	1318	204	1133	1314	58800	73130	80,40%
42	CO-27000-33-N3776-AM.str	ALINEACIÓN-AMARRE	3503	69	3068	592	6	680	594	6	680	16288	34430	47,31%
43	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3480	4027	5897	579	893	1323	581	902	1323	51745	53115	97,42%
44	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3080	53	1807	618	6	401	619	6	401	9658	24415	39,56%
47	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2652	39	1808	513	4	399	513	4	399	9575	24415	39,22%
48	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2920	0	1808	567	0	399	567	0	399	9381	24415	38,42%
49	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2696	20	1808	528	3	399	527	3	399	9483	24415	38,84%
50	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3114	3083	5973	484	678	1328	482	667	1330	46858	53115	88,22%
51	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2452	6	1797	492	2	394	487	2	394	9372	24415	38,39%
52	IC-70000-25-N1333-ANC.str	ENTRONQUE	1368	6314	7099	264	2350	2475	237	340	2286	92882	90575	102,55%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio.str	ENTRONQUE	1008	38	11878	694	6	1323	694	6	1324	49486	90575	54,64%
34PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90575	0,00%
35PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90575	0,00%
48PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90575	0,00%
49PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90575	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)		
18	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2512	39	2970	557	7	0	558	7	0	4355	68,20%
19	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1976	2122	5930	623	1067	84	620	968	434	6195	95,72%
20	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1748	2686	5856	515	1372	4	531	1103	3	10580	55,35%
21	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2042	3513	5710	617	1777	21	607	1605	478	10580	53,97%
22	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2700	34	2892	639	5	0	639	5	0	4355	66,41%
23	IC-55000-25-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1706	2363	5630	492	1194	117	488	1181	124	10580	53,21%
24	IC-70000-25-N1333-FL.str	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	1491	4816	5377	352	2396	126	343	2401	129	10660	50,44%
25	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2047	1463	5983	636	749	17	634	743	13	6195	96,58%
26	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1638	2066	5902	294	1016	236	297	1016	231	6195	95,27%
27	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1600	974	5772	386	442	13	387	457	17	6195	93,17%
28	CO-33000-21-N3776-ANC.STR	ÁNGULO-ANC.STR	1351	567	5874	341	308	86	342	285	85	6600	89,00%
29	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1118	1045	5860	46	476	27	48	497	27	6195	94,59%
30	CO-33000-39-N3776-ANC.str	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2531	40	6429	765	9	112	764	9	110	7205	89,23%
31	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2357	489	6421	575	257	137	574	248	136	6195	103,65%
32	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1715	837	6048	487	428	172	486	420	170	6195	97,63%
33	CO-18000-24-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1778	56	2968	418	10	0	418	10	0	4355	68,15%
36	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1407	3576	5442	356	1695	13	353	1703	14	10580	51,44%
37	IC-55000-25-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1952	178	9884	367	98	1792	364	98	1788	10580	93,42%
38	P-Cruzamiento-12.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	1000	193	2431	-66	101	41	-66	101	41	0	
39	P-Cruzamiento-20.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	1266	220	2367	-6	114	18	-6	114	18	0	
40	IC-55000-30-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1956	210	8415	411	112	1769	413	112	1774	10580	79,54%
41	IC-55000-35-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1071	3089	5685	200	1490	153	204	1494	147	10580	53,73%
42	CO-27000-33-N3776-AM.str	ALINEACIÓN-AMARRE	3126	67	4059	592	6	30	594	6	30	5860	69,27%
43	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1988	2396	5869	579	1187	42	581	1200	42	6195	94,74%
44	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2721	37	3011	618	7	0	619	7	0	4355	69,14%
47	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2254	29	3013	513	4	0	513	4	0	4355	69,18%
48	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2473	0	3013	567	0	0	567	0	0	4355	69,18%
49	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2286	15	3013	528	3	0	527	3	0	4355	69,18%
50	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1763	1762	5937	484	902	32	482	887	36	6195	95,84%
51	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2111	7	2994	492	1	0	487	1	0	4355	68,75%
52	IC-70000-25-N1333-ANC.str	ENTRONQUE	978	3400	7046	264	2181	2661	237	340	2286	10660	66,10%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio.str	ENTRONQUE	2357	216	5939	694	8	13	694	8	14	10660	55,71%
34PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1051	477	11861	140	96	2564	140	85	2565	0	
35PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	954	24	11600	133	3	2425	131	3	2421	0	
48PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1029	377	12038	130	79	2670	130	72	2671	0	
49PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1504	39	12050	236	4	2662	236	4	2661	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)		
18	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2780	60	1	557	7	1310	558	7	1310	5000	26,20%
19	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3715	4808	220	623	1067	2651	620	968	2566	5000	53,02%
20	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3141	6153	14	515	1372	2618	531	1103	2106	6000	43,63%
21	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3649	7802	494	617	1777	2551	607	1605	2529	6000	42,52%
22	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3201	54	0	639	5	1340	639	5	1340	5000	26,80%
23	IC-55000-25-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	3049	5263	147	492	1194	2609	488	1181	2611	6000	43,52%
24	IC-70000-25-N1333-FL.str	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	2381	10699	588	352	2396	2405	343	2401	2399	6000	40,08%
25	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3733	3350	40	636	749	2675	634	743	2672	5000	53,50%
26	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2058	4686	441	294	1016	2631	297	1016	2632	5000	52,64%
27	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	2481	2068	26	386	442	2433	387	457	2439	5000	48,78%
28	CO-33000-21-N3776-ANC.STR	ÁNGULO-ANC.STR	2259	1509	191	341	308	2512	342	285	2513	5000	50,26%
29	GCO-40000-25-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	910	2179	138	165	476	2505	166	497	2505	5000	50,10%
30	CO-33000-39-N3776-ANC.str	ALINEACIÓN-ANCLAJE	4284	91	1225	765	9	2601	764	9	2601	5000	52,02%
31	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3391	1225	720	575	257	2735	574	248	2734	5000	54,70%
32	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3102	1946	266	487	428	2729	486	420	2729	5000	54,58%
33	CO-18000-24-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2103	83	0	418	10	1283	418	10	1283	5000	25,66%
36	IC-55000-30-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	2335	8068	8	356	1695	2286	353	1703	2281	6000	38,10%
37	IC-55000-25-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2065	170	9022	367	101	2439	364	101	2435	6000	40,65%
38	P-Cruzamiento-12.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	948	193	1569	107	101	688	107	101	688		
39	P-Cruzamiento-20.str	PÓRTICO CRUZAMIENTO	1294	220	1473	124	114	688	124	114	688		
40	IC-55000-30-N1333-ANC	ALINEACIÓN-ANCLAJE	2196	205	7521	411	114	2439	413	114	2444	6000	40,73%
41	IC-55000-35-N1333-ANC	ÁNGULO-ANCLAJE	1532	6512	1627	200	1490	2482	204	1494	2482	6000	41,37%
42	CO-27000-33-N3776-AM.str	ALINEACIÓN-AMARRE	3503	77	96	592	6	2628	594	6	2629	5000	52,58%
43	GCO-40000-35-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3480	5360	54	579	1187	2604	581	1200	2603	5000	52,08%
44	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	3080	55	1	618	7	1336	619	7	1336	5000	26,72%
47	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2652	39	0	513	4	1331	513	4	1331	5000	26,62%
48	CO-18000-30-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2920	0	0	567	0	1331	567	0	1331	5000	26,62%
49	CO-18000-33-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2696	20	0	528	3	1331	527	3	1331	5000	26,62%
50	GCO-40000-30-N1223-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	3114	4107	72	484	902	2623	482	887	2624	5000	52,48%
51	CO-18000-27-N3885-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	2452	4	0	492	2	1315	487	3	1312	5000	26,30%
52	IC-70000-25-N1333-ANC.str	ENTRONQUE	1368	5829	7631	264	2519	2661	237	340	2286	6000	44,35%
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio.str	ENTRONQUE	2569	227	11878	694	8	2633	694	8	2634	6000	43,90%
34PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1051	477	11861	140	96	2564	140	85	2565	6000	42,75%
35PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	954	24	11600	133	3	2425	131	3	2421	6000	40,42%
48PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1029	12038	1018	130	79	2670	130	72	2671	6000	44,52%
49PAS	IC-70000-20-PAS.str	PASO AÉREO SUBTERRÁNEO	1504	12050	1493	236	4	2662	236	4	2661	6000	44,37%

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.

Nota 4: TODOS LOS APOYOS DEBERÁN DE SER COMPROBADOS POR EL FABRICANTE DEBIDO AL DESEQUILIBRIO DE ESFUERZOS

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:

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

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:

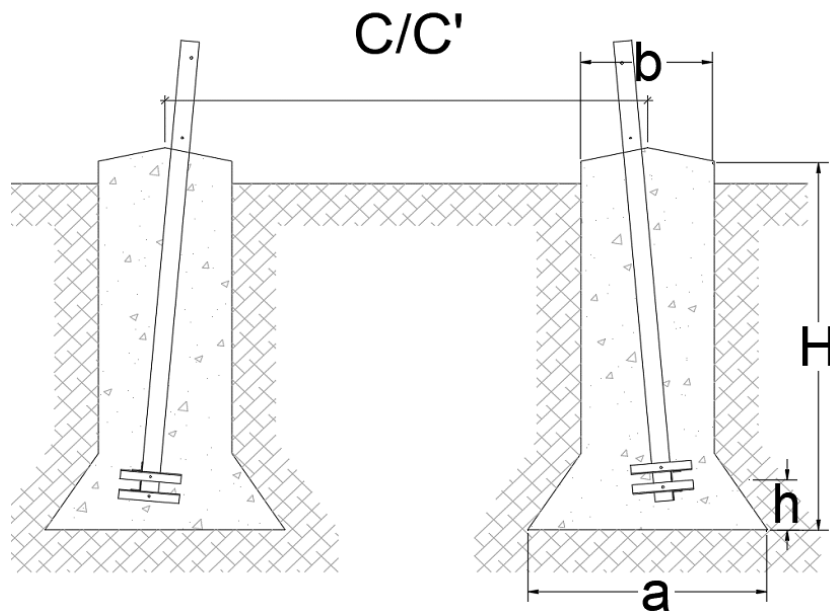
Nº Apoyo	Nombre del Apoyo	Función	CIMENTACIONES							
			h	a	c	b	H	V exc unit (m3)	V exc (m3)	V horm (m3)
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	ENTRONQUE	2,05	3,65	7,8	1,6	4,35	16,2826456	65,13	66,87
18	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6	1,8	6,4	1,1	3,4	3,67095102	14,68	15,51
19	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,10	2,65	8,32	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
20	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,75	3,20	7,80	1,45	4,15	11,74	46,97	48,41
21	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,75	3,20	7,80	1,45	4,15	11,74	46,97	48,41
22	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,75	2,00	6,95	1,10	3,25	3,83	15,32	16,15
23	IC-55000-25-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,65	3,10	6,97	1,45	4,15	11,13	44,52	45,95
24	IC-70000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	2,05	3,65	7,8	1,6	4,35	16,28	65,13	66,87
25	GCO-40000-40-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,15	2,7	10,39	1,3	3,8	7,27	29,11	30,26
26	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,05	2,60	7,30	1,30	3,80	6,90	27,61	28,76
27	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,05	2,60	7,30	1,30	3,80	6,90	27,61	28,76
28	CO-33000-21-N3776	ÁNGULO-ANC.STR	0,85	2,35	5,35	1,35	3,90	6,71	26,82	28,07
29	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,05	2,60	7,30	1,30	3,80	6,90	27,61	28,76
30	CO-33000-39-N3776	ALINEACIÓN-ANCLAJE	0,90	2,50	8,50	1,40	3,95	7,45	29,82	31,15
31	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,10	2,65	9,37	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
32	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,10	2,65	8,32	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
33	CO-18000-24-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,60	1,80	5,92	1,10	3,35	3,62	14,49	15,32
34PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,95	3,45	6,14	1,50	4,30	14,02	56,08	57,61
35PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,95	3,45	6,14	1,50	4,30	14,02	56,08	57,61
36	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,75	3,20	7,80	1,45	4,15	11,74	46,97	48,41

N º Apoyo	Nombre del Apoyo	Función	CIMENTACIONES							
			h	a	c	b	H	V exc unit (m3)	V exc (m3)	V horm (m3)
37	IC-55000-25-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1,65	3,10	6,97	1,45	4,15	11,13	44,52	45,95
38	P-Cruzamiento-12	PÓRTICO CRUZAMIENTO	3,58	2,50	16,00				22,38	27,38
39	P-Cruzamiento-20	PÓRTICO CRUZAMIENTO	3,58	2,55	16,00				23,28	28,48
40	IC-55000-30-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1,75	3,20	7,80	1,45	4,15	11,74	46,97	48,41
41	IC-55000-35-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,75	3,25	8,64	1,50	4,20	12,43	49,73	51,26
42	CO-27000-33-N3776	ALINEACIÓN-AMARRE	0,80	2,25	7,43	1,30	3,75	5,94	23,77	24,92
43	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,10	2,65	9,37	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
44	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,65	1,85	7,43	1,10	3,40	3,75	14,99	15,82
45PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,95	3,45	6,14	1,50	4,30	14,02	56,08	57,61
46PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,95	3,45	6,14	1,50	4,30	14,02	56,08	57,61
47	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,75	2,00	6,95	1,10	3,25	3,83	15,32	16,15
48	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,75	2,00	6,95	1,10	3,25	3,83	15,32	16,15
49	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,65	1,85	7,43	1,10	3,40	3,75	14,99	15,82
50	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,10	2,65	8,32	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
51	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,60	1,80	6,40	1,10	3,40	3,67	14,68	15,51
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333	ENTRONQUE	1,75	3,25	8,64	1,50	4,20	12,43	49,73	51,26

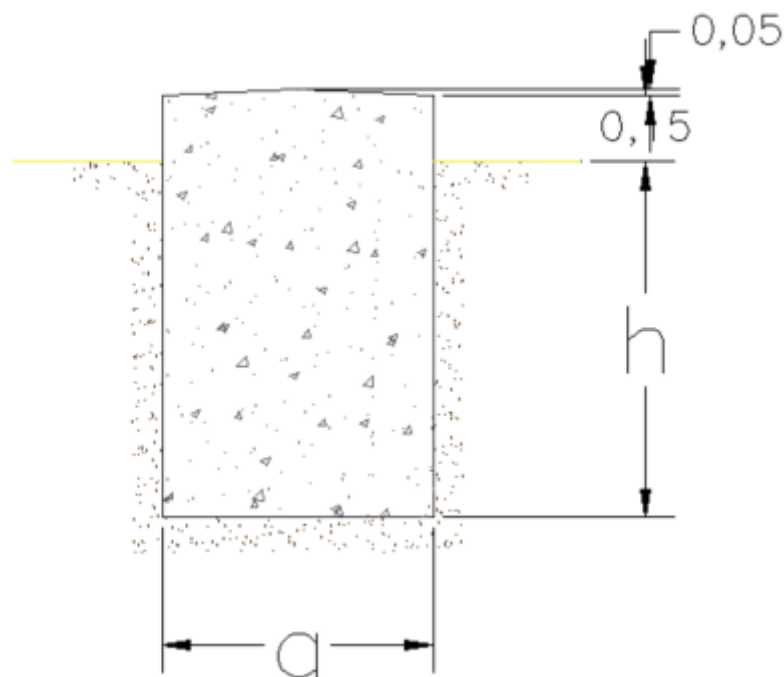


Para la interpretación de los anteriores valores se tomará como ejemplo la siguiente figura:

- 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 descaburado 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.

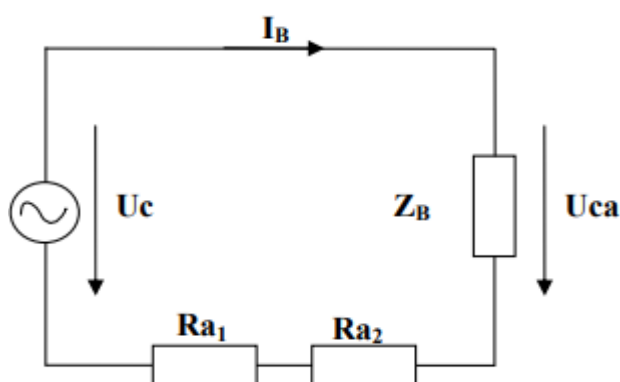
9.2. DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

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
0,10	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107

Duración de la corriente de falta, tF (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
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 N°1: MEMORIA

ANEXO N°1: CÁLCULOS

DOCUMENTO N°2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°4: PLANOS

DOCUMENTO N°5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO N°6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO N°7: GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO N°8: 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	40
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	43
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	44
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, realizará 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 ésta 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 estobos 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 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.).

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.