

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

2.5

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

ITC-LAT 07 Ap. 5

Distancias internas: tienen interés para el diseño (cálculo de sobretensiones).

Distancias externas: tienen que ver con la seguridad.

➤ **Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas:**

- **D_{el} distancia fase-objetos a tierra**
- **D_{pp} distancia fase-fase**
- **asom distancia disruptiva de los aisladores**
- **D_{add} distancia de aislamiento adicional**

$$D_{el} + D_{add} > 1,1 \text{ asom}$$

Us (kV)	3,6	7,2	12	17,5	24	30	36	52	72,5	123	145	170	245	420
D_{el} (m)	0,08	0,09	0,12	0,16	0,22	0,27	0,35	0,60	0,70	1	1,20	1,30	1,10	2,80
D_{pp} (m)	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,33	0,40	0,70	0,80	1,15	1,40	1,50	2	3,20

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancias de seguridad

ITC-LAT 07 Ap. 5

Distancias entre conductores (ap. 5.4.1)

Evitar riesgo de cortocircuito entre fases del mismo o distinto circuito teniendo en cuenta las oscilaciones del viento y desprendimiento de nieve.

$$D = K\sqrt{F + L} + K'D_{pp} \text{ (m)}$$

$K = f(U_n, \mu)$ coeficiente que depende de la oscilación del viento.

Ángulo oscilación μ	K	
	$U_n > 30 \text{ kV}$	$U_n \leq 30 \text{ kV}$
$> 65^\circ$	0,7	0,65
$40^\circ \leq \mu \leq 65^\circ$	0,65	0,6
$< 40^\circ$	0,6	0,55

$K' = 0,85$ líneas cat. especial ó $0,75$ para el resto.

F = flecha máxima según hipótesis.

L = longitud cadena suspensión (cadenas amarre o rígidas $L = 0$)

Estudio con especial cuidado en zonas propicias a formaciones de hielo. (En España el hielo es la principal causa de rotura de los conductores)

No aplica para conductores en haz.

Para conductores distintos y diferente flecha se eligen el K y F mayores.



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancias de seguridad

ITC-LAT 07 Ap. 5

Distancias al terreno y cursos de agua no navegables (ap. 5.5)

Bajo condiciones de máxima flecha los conductores deben situarse como mínimo a una altura:

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

- En lugares de difícil acceso se puede reducir en 1 m.
- Cuando se atraviesan explotaciones ganaderas o agrícolas distancia mínima de 7 m.
- Flecha máxima bajo la acción del viento se puede reducir en 1 m, considerando la acción del viento.



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancias de seguridad

ITC-LAT 07 Ap. 5

Distancias entre conductores y partes puestas a tierra (ap. 5.4.2)

Separación mínima entre conductores y accesorios en tensión y apoyos D_{ca} .

$$D_{ca} > D_{el} \text{ (m) con mínimo de 0,2 m}$$

En el caso de cadenas de suspensión, se consideran los conductores y cadena desviados por la acción del viento $q/2$ con velocidad de 120 km/h con temperatura:

Zona A -5°C

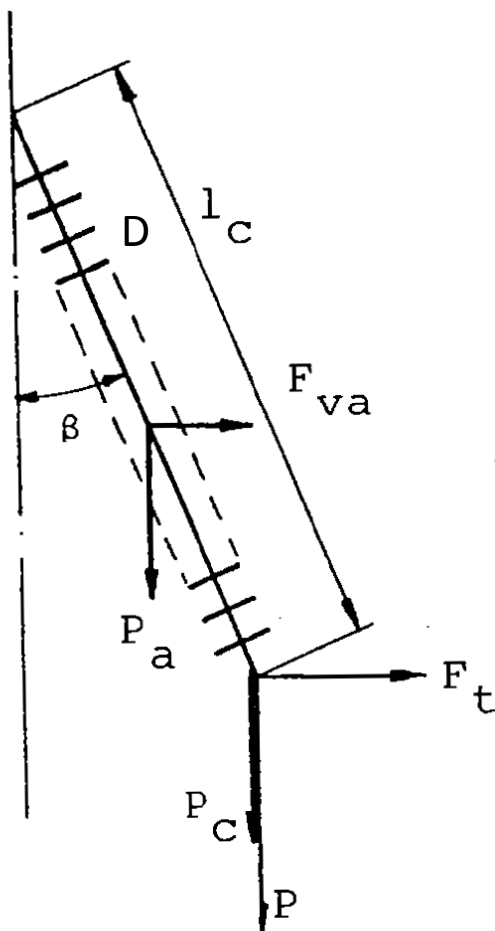
Zona B -10°C

Zona C -15°C

Empleo de contrapesos de forma excepcional y justificada.

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancia conductor-apoyo. Equilibrio fuerzas aisladores



Se supone cadena de aisladores rígida con peso distribuido uniformemente.

P_a peso de la cadena de aisladores } **Fabricante**
 P_c peso de herrajes y contrapesos }

P componente vertical de las fuerzas transmitidas por conductor de vanos contiguos al apoyo

F_{va} fuerza debida a la acción del viento sobre los aisladores

$$q = 70 \left(\frac{v_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2 \quad \text{ITC-LAT 07 ap. 3.1.2.2.}$$

$$v_v = 120 \text{ km/h}$$

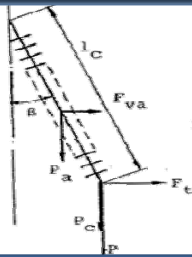
$$F_{va} = \frac{1}{2} q \cdot l_c \cdot D \text{ daN}$$

F_t fuerza debida a la acción del viento sobre los conductores a ambos lados del apoyo. Se debe considerar la componente horizontal de la resultante de ángulo en los apoyos de ángulo.

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancia conductor-apoyo. Equilibrio fuerzas aisladores

Cálculo de la inclinación de la cadena (β)



$$\tan \beta = \frac{F_t + \frac{1}{2}F_{va}}{P + P_c + \frac{1}{2}P_a}$$

Cálculo componente vertical de fuerzas del conductor P

Conductor sometido a la acción del viento

Forma
exacta

$$P = T_{0v} \cos \mu \left[\sinh \left(\frac{x_{B1}}{h} \right) - \sinh \left(\frac{x_{A2}}{h} \right) \right]$$

Aprox.
parábola

$$P = p \left(\frac{a_{v1} + a_{v2}}{2} \right) + T_{0v} \cos \mu \left(\frac{b_{v1}}{a_{v1}} - \frac{b_{v2}}{a_{v2}} \right)$$

$$P = p \underbrace{(a_{gv1} + a_{gv2})}_{G=\text{GRAVIVANO}}$$

Distancia entre los vértices
de la catenaria de los vanos
contiguos al apoyo

TIRO ASCENDENTE

Fuerza vertical P negativa

Gravivano negativo

INADMISIBLE → colocar
adecuadamente los apoyos

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancia conductor-apoyo. Equilibrio fuerzas aisladores

Cálculo componente horizontal de fuerzas transversales F_t

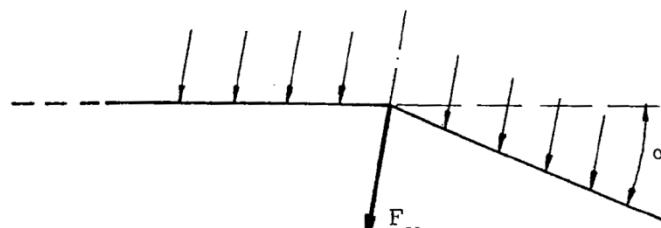
Conductor sometido a la acción del viento

APOYO ALINEACIÓN

$$F_t = p_v \underbrace{\left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)}_{\text{EOLOVANO}}$$

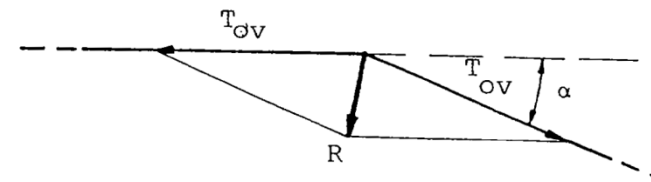
Distancia horizontal entre los puntos medios de los vanos contiguos al apoyo

APOYO DE ÁNGULO (desvío α)



$$F_v = p_v \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_t = F_v + R$$



$$R = 2T_{0v} \sin \frac{\alpha}{2}$$

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancia conductor-apoyo. Ejemplo

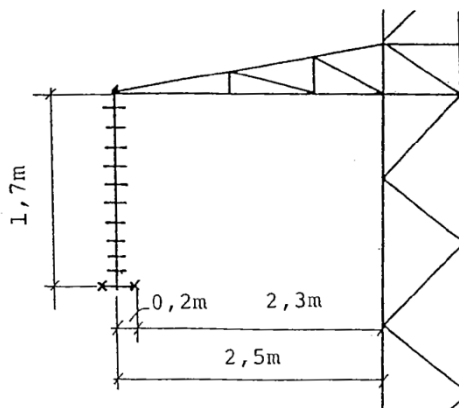
En una línea aérea, de 132 kV de tensión nominal, se va a analizar la desviación de la cadena de aisladores en un apoyo situado entre dos vanos contiguos nivelados de 300 m de longitud, situados en zona B.

Se emplea un conductor dúplex formado por dos cables de aluminio-acero, separados 40 cm, del tipo LA 110, y el tendido se ha hecho de acuerdo con la tabla que se adjunta.

El apoyo dispone por fase de una cadena de aisladores con 10 unidades. Cada unidad tiene 25,4 cm de diámetro y pesa 4,35 kg. Los herrajes tienen un peso de 50 kg que se supondrá concentrado en el extremo de la cadena donde se encuentra el conductor.

Considerando una presión del viento sobre la cadena de aisladores de $70/2 \text{ kg m}^{-2}$, se pide:

- 1. La distancia a la que se aproxima el conductor al apoyo supuesto que este es de alineación.*
- 2. Lo mismo, supuesto que el apoyo es de ángulo, con un ángulo de desviación de 30° .*
- 3. En ambos casos, determinar, si es necesario, el contrapeso que hay que colocar para garantizar la distancia de seguridad conductor-apoyo impuesta por el Reglamento.*





I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Distancia conductor-apoyo. Ejemplo

TENSIONES Y FLECHAS

CONDUCTOR: Al-ac 116,2 mm²

Diámetro: 14,00 mm

F = Flecha en metros

T = Tensión en Kgs

V = Sobrecarga de viento

H = Sobrecarga de hielo

ZONA B

ALTITUD 500 a 1.000 metros

Peso propio 0,433 Kgs/m

Peso total (sobrecarga V) 0,945 Kgs/m

Peso total (sobrecarga H) 1,106 Kgs/m

Peso total (sobrecarga 1/2 V) 0,603 Kgs/m

Coefficiente dilatación $17,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Módulo elasticidad 8.200 Kgs/mm²

Carga de rotura 4.398 Kgs

Tensión máxima 1.350 Kgs

VANO en metros	-15 °C+H		-15 °C		-5 °C + V		-5 °C + 1/2 V		-5 °C		0 °C+H		0 °C		5 °C		10 °C		15 °C		15 °C+V		20 °C		25 °C		30 °C		35 °C		40 °C		50 °C		EDS a 15 °C
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	
40	1.196	0,18	1.150	0,08	1.026		995		984	0,09	970	0,23	902	0,10	820	0,11	739	0,12	660	0,13	737	0,26	583	0,15	509	0,17	440	0,20	377	0,23	323	0,27	242	0,36	15,0
50	1.209	0,29	1.140	0,12	1.039		993		976	0,14	994	0,35	895	0,15	815	0,17	736	0,18	660	0,21	768	0,38	587	0,23	517	0,26	453	0,30	396	0,34	347	0,39	273	0,50	15,0
60	1.224	0,41	1.128	0,17	1.053		991		966	0,20	1.021	0,49	887	0,22	809	0,24	733	0,27	660	0,30	799	0,53	591	0,33	526	0,37	467	0,42	415	0,47	370	0,53	301	0,65	15,0
70	1.240	0,55	1.114	0,24	1.068		988		955	0,28	1.048	0,65	878	0,30	803	0,33	730	0,36	660	0,40	829	0,70	595	0,45	534	0,50	480	0,55	432	0,61	391	0,68	326	0,81	15,0
80	1.256	0,70	1.099	0,32	1.083		985		943	0,37	1.074	0,82	868	0,40	796	0,44	726	0,48	660	0,52	839	0,88	599	0,58	543	0,64	493	0,70	448	0,77	410	0,84	349	0,99	15,0
90	1.273	0,88	1.082	0,41	1.099		982		930	0,47	1.101	1,02	858	0,51	788	0,56	722	0,61	660	0,66	887	1,08	603	0,73	551	0,80	504	0,87	463	0,95	427	1,03	370	1,19	15,0
100	1.290	1,07	1.064	0,51	1.114		979		917	0,59	1.126	1,23	847	0,64	781	0,69	718	0,75	660	0,82	914	1,29	607	0,89	558	0,97	515	1,05	477	1,13	444	1,22	389	1,39	15,0
110	1.306	1,28	1.045	0,63	1.129		976		903	0,73	1.151	1,45	836	0,78	773	0,85	714	0,92	660	0,99	939	1,52	610	1,07	565	1,16	525	1,25	490	1,34	458	1,43	406	1,61	15,0
120	1.323	1,51	1.025	0,76	1.144		973		889	0,88	1.175	1,69	826	0,94	766	1,02	711	1,10	660	1,18	964	1,77	614	1,27	572	1,36	535	1,46	501	1,56	472	1,65	422	1,85	15,0
130	1.338	1,75	1.005	0,91	1.158		970		875	1,05	1.198	1,95	815	1,12	759	1,21	707	1,29	660	1,39	987	2,02	617	1,49	578	1,58	543	1,68	512	1,79	484	1,89	437	2,09	15,0
140	1.350	2,01	980	1,08	1.168		963		857	1,24	1.217	2,23	801	1,32	749	1,42	701	1,51	657	1,62	1.006	2,30	617	1,72	581	1,83	549	1,93	520	2,04	494	2,15	449	2,36	14,9
150	1.350	2,30	940	1,30	1.167		945		826	1,47	1.225	2,54	775	1,57	728	1,67	684	1,78	645	1,89	1.015	2,62	609	2,00	576	2,11	547	2,23	521	2,34	497	2,45	455	2,68	14,7
175	1.350	3,14	850	1,95	1.165		905		760	2,18	1.243	3,41	720	2,30	683	2,43	650	2,55	619	2,68	1.036	3,49	592	2,80	566	2,93	543	3,05	522	3,18	503	3,30	469	3,54	14,1
200	1.350	4,16	777	2,79	1.163		873		708	3,06	1.258	4,40	678	3,20	650	3,33	624	3,47	601	3,61	1.053	4,49	579	3,74	559	3,88	540	4,01	523	4,14	507	4,27	479	4,52	13,7
225	1.350	5,19	723	3,79	1.162		848		670	4,09	1.270	5,51	647	4,24	625	4,38	603	4,53	587	4,67	1.067	5,61	569	4,81	553	4,96	538	5,09	524	5,23	511	5,37	487	5,63	13,3
250	1.350	6,41	683	4,96	1.160		829		642	5,27	1.281	6,75	624	5,42	607	5,57	591	5,73	576	5,87	1.079	6,85	562	6,02	549	6,17	537	6,31	525	6,45	514	6,59	493	6,86	13,1
275	1.350	7,75	653	6,27	1.160		814		622	6,59	1.289	8,12	607	6,75	594	6,90	581	7,06	568	7,21	1.089	8,22	557	7,36	546	7,51	535	7,65	525	7,80	516	7,94	496	8,22	12,9
300	1.350	9,23	632	7,72	1.159		802		606	8,05	1.297	9,61	594	8,21	583	8,36	572	8,52	562	8,67	1.097	9,71	553	8,83	543	8,98	534	9,13	526	9,27	518	9,42	502	9,71	12,8
325	1.350	10,83	615	9,31	1.158		793		594	9,54	1.303	11,23	584	9,80	575	9,96	566	10,11	557	10,27	1.103	11,33	549	10,43	541	10,58	534	10,73	526	10,88	519	11,03	506	11,32	12,7
350	1.350	12,57	602	11,03	1.158		785		585	11,36	1.308	12,97	576	11,52	568	11,68	561	11,84	553	12,00	1.109	13,07	546	12,15	540	12,31	533	12,46	527	12,61	520	12,76	509	13,06	12,6
375	1.350	14,43	592	12,88	1.157		779		577	13,21	1.313	14,84	570	13,38	563	13,54	557	13,70	550	13,86	1.114	14,95	544	14,01	538	14,17	532	14,32	527	14,48	521	14,63	511	14,93	12,5
400	1.350	16,42	584	14,87	1.157		774		571	15,20	1.316	16,84	565	15,36	559	15,52	553	15,68	548	15,84	1.118	16,95	542	16,00	537	16,16	532	16,32	527	16,47	522	16,62	513	16,93	12,5
450	1.350	20,80	571	19,23	1.156		766		562	19,56	1.322	21,23	557	19,73	553	19,89	548	20,05	544	20,21	1.124	21,34	539	20,37	535	20,53	531	20,69	527	20,85	523	21,00	516	21,31	12,4
500	1.350	25,69	563	24,12	1.156		760		555	24,45	1.327	26,14	552	24,61	548	24,78	544	24,94	541	25,10	1.129	26,25	537	25,26	534	25,42	531	25,58	528	25,74	524	25,90	518	26,21	12,3