

Distribución Aérea

Distancia a rieles.

a.—Cuando las líneas estén paralelas a vías férreas o en cruce con ellas, los postes u otras estructuras soportadoras no deberán estar a menos de 3.50 metros del riel más cercano, en el caso de vías principales; y a no menos de 2 metros, en el caso de vías secundarias. Sin embargo, se procurará instalar los postes o estructuras a una distancia del riel más cercano, mayor que la altura total del poste o estructura de que se trate;

b.—Los postes o estructuras soportadoras para conductores de contacto de trole pueden estar situados tan cerca de la vía de sistema como sea necesario; pero si la distancia resultase demasiado reducida, deberán instalarse en forma permanente

rejillas en las ventanas y puertas de los coches para evitar accidentes a los pasajeros.

Alturas de conductores sobre el piso o vías férreas.

General. La altura de conductores sobre el piso o vías férreas no deberá ser menor que lo prescrito en este artículo.

Alturas básicas. La tabla siguiente da las alturas básicas mínimas que corresponden a las condiciones siguientes:

- a).—Temperatura de 16°C, sin viento;
- b).—Claro entre postes o estructuras no mayor de 100 metros;
- c).—Voltaje de 0 a 50,000 volts entre conductores;
- d).—Conductores en soportes fijos.

Altura Mínima de Conductores Sobre el Piso o Rieles

Las alturas se dan en metros, para las condiciones que se señalan en la fracción de alturas básicas (Párrafo anterior). Los voltajes se considerarán entre conductores, a menos que se diga lo contrario.

Clase de piso o rieles, abajo de los conductores	Retenidas; cables mensajeros y de suspensión, conductores de comunicación, de tierra y de cualquier voltaje con cubierta metálica conectada a tierra	Líneas abiertas suministradoras, incluyendo las de alumbrado en serie y acometidas			Conductores de contacto de trole y cable mensajeros o de suspensión para los mismos.	
		0 a 750 volts	750 a 15000 volts	15000 a 50 000 volts	0 a 750 volts a tierra	Más de 750 volts a tierra
EN CRUZAMIENTOS SOBRE						
Vías férreas.	8.00	8.00	8.50	9.00	6.50	6.50
Carreteras .	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Calles, callejones o caminos vecinales .	5.50	5.50	6.00	7.00	5.50	6.00
Espacios no transitados por vehículos	4.00	4.00	4.50	5.00	5.50	5.50
A LO LARGO DE						
Calles o callejones en distritos urbanos	5.50	5.50	6.00	6.50	5.00	6.00
Caminos en distrios rurales.	4.00	4.00	5.50	6.00	5.00	6.00

l.—Punto de cruce en el punto medio del claro.

General. Para claros mayores de 100 metros, los valores especificados en la tabla anterior de la fracción anterior, deberán aumentarse un centímetro por cada metro en exceso de 100 metros.

Límites. El aumento de altura no necesita ser mayor del 75% del "incremento máximo de la flecha".

Se entiende por "incremento máximo de la flecha" la diferencia entre las flechas finales a 50°C y a 16°C sin viento, calculada para la longitud de claro en que tal diferencia resulte mayor.

II.—Punto de cruce en un lugar que no sea el punto medio del claro. En estas condiciones, la altura puede determinarse multi-

plicando la altura obtenida de acuerdo con el subinciso anterior, por los factores siguientes; pero en ningún caso la altura será menor que la indicada en la Tabla anterior.

Distancia del punto de cruce al soporte más próximo, en por ciento de la longitud del claro	Factor
5	0.85
10	0.88
15	0.91
20	0.94
25	0.96
30	0.98
35	0.99
40 a 50	1.00

Interpólese para valores intermedios:

● **Altura mínima sobre el piso de la conexión de las subidas de cables subterráneos a líneas aéreas**

Localización en el poste o estructura soportadora	Voltaje entre conductores		
	0 a 750 volts metros	750 a 15,000 volts metros	Más de 15,000 volts metros
En el lado expuesto al tránsito de vehículos	4.50	5.00	5.50
En el lado no expuesto al tránsito de vehículos	2.50	3.50	4.00

Separación entre Conductores que se crucen

General. La separación entre conductores que se crucen no deberá ser menor que lo prescrito en este artículo.
Separación básica. En la Tabla siguiente se dan las separaciones básicas mínimas que corresponden a las condiciones siguientes:

- a).—Temperatura de 16°C, sin viento;
- b).—Claro entre postes o estructuras no mayores de 100 metros;
- c).—Voltaje de 0 a 50,000 volts entre conductores;
- d).—El conductor superior en soportes fijos.

Separación Mínima entre Conductores que se Crucen

Las separaciones se dan en metros, para las condiciones que se señalan en la fracción de separación básica (Párrafo anterior). Los voltajes son, entre conductores, con excepción del voltaje

de conductores de contacto de trole que es a tierra. Los números subrayados indican que no es recomendable cruzar con los conductores en esa posición.

u>

Conductor Superior. Conductor Inferior.	Conductores de comunicación incluyendo cables y mensajeros	Conductores suministradores de 0 a 750 volts. Cables suministradores de cualquier voltaje: siempre que tengan cubierta metálica conectada a tierra. Mensajeros asociados con dichos cables.		Conductores suministradores en línea abierta incluyendo acometidas.		Retenidas, hilos de guarda y de suspensión.
		Líneas	Acometidas	750 a 8700 volts.	8700 a 50000 volts.	
De comunicación, incluyendo cables y mensajeros.	0.60	1.20	0.60	1.20	1.80	0.60
Cables suministradores, con mensajero o con cubierta metálica conectados a tierra, de cualquier voltaje. Mensajeros asociados con tales cables.	1.20	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60
Líneas suministradoras en línea abierta de:						
0 a 750 volts	1.20	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60
750 a 8700 volts	1.20	0.60	1.20	0.60	1.20	1.20
8700 a 50000 volts	1.80	1.20	1.80	1.20	1.20	1.20
Conductor de contacto de trole.	1.20	1.20	1.20	1.80	1.80	1.20
Retenidas, hilos de guarda y de suspensión y acometidas de 0 a 750 volts.	0.60	0.60	0.60	1.20	1.20	0.60

Incremento de la Separación ●

Claros mayores de 100 metros. En este caso, la separación especificada en la Tabla anterior deberá aumentarse como sigue:

— Cuando el Cruzamiento ocurra en el punto medio del claro del conductor superior, la separación deberá aumentarse un centímetro por cada metro del claro en exceso de 100 metros.

El aumento de separación no necesita ser mayor del 75% del "incremento máximo de la flecha".

— Cuando el cruzamiento ocurra en un lugar distinto del punto medio del claro del conductor superior, la separación puede determinarse multiplicando la separación que se obtenga según la fracción de separación básica (Página 262), por los factores siguientes; pero en ningún caso la separación será menor que la especificada en la tabla anterior.

Distancia del punto de cruce al soporte más próximo, en % de la longitud del claro	Factor para separación básica de:	
	1.20 metros	1.80 metros
5	0.35	0.47
10	0.47	0.58
15	0.60	0.68
20	0.71	0.78
25	0.82	0.85
30	0.90	0.92
35	0.96	0.98
40 a 50	1.00	1.00

Puede interpolarse para valores intermedios;

b).— Voltajes mayores de 50,000 volts entre conductores. Para estos voltajes, las separaciones dadas en la tabla de separación mínima entre conductores que se crucen. (Página) de la fracción anterior deberán aumentarse 1.25 centímetros por cada 1,000 volts del exceso;

c).— Cruzamiento de conductores soportados por aisladores de suspensión, sobre líneas de comunicación. La separación deberá aumentarse lo suficiente para que en caso de que se rompa uno de los conductores en los tramos adyacentes, los conductores que se crucen conserven la separación especificada en la tabla de separación mínima entre conductores que se crucen (Página 262).

Espacio para escaleras. Cuando el edificio tenga más de 3 pisos o más de 15 metros de altura, se procurará que las líneas aéreas dejen un espacio libre de cuando menos 1.80 metros, entre el conductor más cercano y el edificio, con objeto de facilitar la colocación de escaleras en caso de incendio.

Conductores suministradores en línea abierta fijados a edificios. Cuando sea necesario fijar a edificios conductores suministradores en línea abierta a fin de dar un servicio, dichos conductores deberán cumplir con lo siguiente:

a).— Los conductores de más de 300 volts a tierra no se colocarán en o cerca de la superficie del edificio, a menos que estén debidamente protegidos o sean inaccesibles;

b).— La separación de los conductores a la superficie de los edificios no será menor que la requerida entre conductores y la superficie de postes.

Conductores que pasen arriba o enfrente de edificios.

a).— Separación mínima. Las líneas suministradoras de más de 300 volts entre conductores, sin protección o accesibles, no deben estar más próximas a un edificio o a cualquier parte del mismo, como balcones, plataformas, etcétera, que lo señalado en los subincisos I y II siguientes.

Estas distancias no se aplican a conductores de contacto de trole, los cuales pueden quedar aproximadamente arriba del centro de la vía.

I.— Claros de 0 a 50 metros. Para estos claros la separación no será menor que la indicada en la tabla siguiente:

Separación Mínima de Conductores Suministradores a Edificios

(Todos los voltajes son entre conductores)

Voltaje de la línea	Distancia horizontal	Distancia vertical
300 a 8 700	1.00 metro	2.40 metros.
8 701 a 15 000	2.00 metros	2.50 metros
15 001 a 30 000	2.50 metros	3.00 metros
30 001 a 50 000	3.00 metros	3.00 metros
Más de 50 000	3.00 metros más 1.25 cm. por cada KV en exceso.	3.00 metros más 1.25 cm. por cada KV en exceso.

⊕ Separación Mínima de Conductores Suministradores a Puentes

Voltaje entre conductores Volts	Partes fácilmente accesibles del puente, incluyendo sus accesorios, que no se usen para el tránsito (1)		Pilares y partes del puente ordinariamente inaccesibles que no sean de ladrillo, concreto o mampostería (2)	
	Para conductores fijados al puente	Para conductores no fijados al puente	Para conductores fijados al puente (3)	Para conductores no fijados al puente (3)
	Metros	Metros	Metros	Metros
0 a 2 500	0.90	0.90	0.15	0.90
2 501 a 5 000	0.90	0.90	0.30	0.90
5 001 a 8 700	0.90	0.90	0.90	0.90
8 701 a 15 000	1.50	1.50	1.50	1.50
15 001 a 25 000	2.25	2.25	2.25	2.25
25 001 a 35 000	2.25	2.75	2.25	2.75
35 001 a 50 000	2.25	3.50	2.25	3.50

(1) Cuando la línea quede sobre lugares transitados, ya sea en o cerca del puente, se aplicará lo prescrito en el artículo para Alturas de Conductores sobre el piso o vías férreas (Página 261).

(2) Los apoyos de puentes de acero, hechos sobre pilares de ladrillo, concreto o mampostería, que requieran acceso frecuente para inspección, deberán considerarse como partes fácilmente accesibles.

(3) Cuando los conductores que pasen abajo del puente estén protegidos adecuadamente contra contacto de personas no

⊕ Separación mínima entre conductores en sus soportes, en postes o estructuras.

Campo de aplicación.

a).—Conductores agrupados. Los conductores en cables multifilares o agrupados en cualquier forma y soportados por aisladores o mensajeros, se consideran, para la aplicación de este artículo, como un solo conductor, aunque tengan conductores de diferente fase o polaridad;

b).—Conductores soportados por mensajeros o cables de suspensión. No se aplicará lo prescrito en este artículo a la separación entre conductores soportadores por un mismo mensajero o entre cualquier grupo de conductores y su mensajero o entre conductores y sus cables de suspensión.

Separación horizontal entre conductores de una línea.

a).—Soportes fijos. Los conductores de una línea sujetos en soportes fijos, deberán tener una separación horizontal en los soportes, no menor que el mayor de los valores señalados en los subincisos I y II de este inciso, con las excepciones siguientes:

Excepción 1.—Cuando en un mismo poste o estructura haya varias crucetas que formen ángulo entre sí, puede reducirse la

idóneas y puedan desconectarse de la fuente de abastecimiento cuando se hagan trabajos de conservación en el puente, la separación de los conductores al puente puede reducirse a lo especificado en la Tabla de Separación Mínima en cualquier dirección entre conductores de una línea y sus soportes, conductores verticales o transversales, cables de suspensión y retenidas, sujetos a la misma estructura (Página 266), para la distancia a la superficie de crucetas, aumentando esa distancia en la mitad de la flecha final sin carga de los conductores en el punto considerado.

separación entre conductores de no más de 8700 volts, hasta a 15 centímetros, siempre que en el poste o estructura siguiente la separación entre los mismos conductores no sea menor de 35 centímetros. Para conductores de mayor voltaje, las separaciones mínimas señaladas en esta excepción deberán aumentarse un centímetro por cada 1000 volts en exceso de 8700.

Excepción 2.— La separación entre aisladores sujetos a estructuras de puentes pueden reducirse a la que se especifica en la fracción de separación entre conductores suministradores fijados a puentes.

Excepción 3.— La construcción de la clase A, cuando se trate de cruzamientos de líneas de comunicación sobre vías férreas y la construcción de la clase C (véase la fracción de clasificación de construcción de líneas por resistencia mecánica (Página 270), deberán cumplir solamente con las separaciones dadas en la tabla siguiente.

Excepción 4.— Estas separaciones no son necesarias si los conductores tienen una cubierta aislante adecuada a su voltaje:

I.— Separación horizontal mínima. La separación horizontal mínima entre conductores de una línea, ya sean del mismo o de diferentes circuitos, no debe ser menor que la especificada en la tabla siguiente.

⊕ Separación horizontal mínima, en sus soportes, de conductores del mismo o de diferentes circuitos

(Los voltajes son entre conductores, con excepción de los alimentadores de ferrocarril, que son a tierra).

Clase de Circuito	Separación Centímetros
Conductores de comunicación	7.5*
Alimentadores de ferrocarril:	
0 a 750 volts, número 4/0 o más grueso	15
0 a 750 volts, más delgado que 4/0	30
750 a 8700 volts	30
Conductores suministradores de 0 a 8700 volts.	30
Para todos los conductores de más de 8700 volts, agréguese por cada 1000 volts en exceso de 8700 volts	1

*No se aplica en los puntos de transposición. Se recomienda dejar una separación mayor, donde las circunstancias lo permitan.

II.— Separación de acuerdo con la flecha. La separación de los conductores en sus soportes, ya sean del mismo o de diferentes circuitos, de las clases de construcción A o B, véase la fracción de clasificación de construcción de líneas por resistencia mecánica. (Página 270), en ningún caso deberá ser menor que los valores dados por las fórmulas siguientes, a 16°C sin viento. Si la tabla anterior dá una separación mayor, dicha tabla deberá ser aplicada.

Fórmula Núm. 1, para conductores de calibre más delgado que el Núm. 2:

$$\text{Separación en centímetros} = 0.75 \times \text{kilovolts} + 9\sqrt{\frac{F}{2}} - 30$$

Fórmula Núm. 2, para conductores Núm. 2 ó más gruesos:

$$\text{Separación en centímetros} = 0.75 \times \text{kilovolts} + 9\sqrt{\frac{F}{6}}$$

F = flecha del claro, en centímetros, del conductor que la tenga mayor.

Las tablas siguientes dan separaciones calculadas usando estas dos fórmulas.

⊕ Separación horizontal mínima en sus soportes, entre conductores más delgados que el Núm. 2 (Calculada usando la fórmula Núm. 1. Las separaciones se dan en centímetros).

Voltaje entre conductores	Flecha en centímetros						
	100	150	200	250	300	450	600
2400	42	62	77	90	100	128	150
7200	46	65	81	93	104	131	153
13200	50	70	85	98	109	136	158
23000	58	78	93	105	116	143	165
34500	66	86	101	114	125	152	174
46000	75	95	110	122	133	160	182
69000	92	112	127	140	150	177	200

⊕ Separación horizontal mínima en sus soportes, entre conductores del No. 2 o más gruesos. (Calculada usando la fórmula No. 2. La separaciones se dan en centímetros).

Voltaje entre conductores	Flecha en centímetros						
	100	150	200	250	300	450	600
2400	39	47	54	60	65	80	92
7200	42	50	57	63	69	83	95
13200	47	55	62	68	74	88	100
23000	54	62	69	75	81	95	107
34500	63	71	78	84	90	104	116
46000	71	80	86	93	98	112	125
69000	97	97	104	110	115	130	142

b).— Aisladores de suspensión con movimiento libre. Cuando se usen aisladores de suspensión con movimiento libre, la separación entre los conductores deberá aumentarse lo necesario para que al inclinar una cadena de aisladores hasta que forme un ángulo de 30° con la vertical, la separación no será menor que la señalada en el inciso anterior a.

Separación mínima entre conductores y soportes en cualquier dirección. Esta separación se medirá en cualquier dirección entre conductores de la línea y sus soportes, entre dichos conductores y conductores verticales o transversales y cables de suspensión o mensajeros fijados a la misma estructura.

a).— Soportes fijos. La separación no debe ser menor que la especificada en la tabla siguiente.

Notas para la aplicación de la tabla siguiente:

Las notas siguientes corresponden a los números entre paréntesis de la tabla.

(1) En esta separación puede reducirse para retenidas.

(2) La separación entre el hilo de guarda y los conductores del circuito que proteja, no debe ser menor que la especificada en la tabla de separación horizontal mínima, en sus soportes, de conductores del mismo o de diferentes circuitos (Página), para dos conductores de dicho circuito.

Para determinar la separación mínima del hilo de guarda a otros conductores que no sean los del circuito que proteja, se considerará que el hilo de guarda tiene el voltaje a tierra de dicho circuito.

(3) Los conductores de comunicación pueden tener menor separación a crucetas y superficies de postes o estructuras, cuando se sujeten a soportes colocados en las caras laterales o inferiores de las crucetas, en la superficie de los postes o estructuras, o en los puntos de transposición, siempre que dichos conductores se encuentren a 1 metro o más de conductores suministrados de menos de 8700 volts o a 1,50 metros o más de conductores suministrados de más de 8700 volts, montados en el mismo poste o estructura.

(4) Esta separación solamente se aplica a conductores suministrados montados en crucetas que se encuentren abajo de conductores de comunicación, en el mismo poste o estructura. Cuando los conductores suministrados estén arriba de los de comunicación, la distancia mínima será 7.5 centímetros.

(5) Para circuitos suministrados de 0 a 750 volts, esta distancia puede reducirse a 7.5 centímetros.

(6) Un conductor neutro que esté efectivamente conectado a tierra a lo largo de la línea y que forme parte de un circuito de 0 a 15000 volts entre conductores, puede sujetarse directamente al poste o a la estructura;

⊕ Separación Mínima en Cualquier Dirección Entre Conductores de una línea y sus Soportes, Conductores Verticales o Transversales, Cables de Suspensión y Retenidas, Sujetos a la Misma Estructura.

Todos los voltajes son entre conductores

Conductores de líneas Estructuras soportadoras y conductores fijados a las mismas.	Líneas de Comunicación		Líneas Suministradoras		
	Únicamente líneas de comunicaciones (Centímetros)	Con otras líneas en los mismo postes o estructuras (Centímetros)	0 a 8700 volts		Más de 8700 volts, agréguese por cada 1000 volts en exceso (Centímetros)
			Únicamente líneas suministradoras (Centímetros)	Con otras líneas en los mismos postes o estructuras (Centímetros)	
Superficie de crucetas y otros soportes horizontales	7.5 (3)	7.5 (3)	7.5	7.5	0.6
Superficies de postes o estructuras	7.5 (3)	12.5 (3)	7.5 (6)	12.5 (4)	0.6
Hilos de guarda	(2)	(2)	(2)	(2)	1.0
Cables de retenida y de suspensión, fijos al mismo poste o estructura:					
Paralelos a la línea	7.5	15 (1)	30 (1)	30 (1)	1.0
Otras direcciones	7.5	15 (1)	15	15	1.0
Conductores transversales o verticales:					
Del mismo circuito	7.5	7.5	7.5	7.5	0.6
De otros circuitos	7.5	7.5	15 (5)	15 (5)	1.0

Separación entre conductores en bastidores verticales. Los conductores pueden montarse en bastidores verticales colocados en un lado del poste o estructura, si se cumple con las condiciones siguientes:

a).— El voltaje entre conductores no debe ser mayor de 750 volts. Se exceptúan los cables de cualquier voltaje que tengan cubierta metálica continua conectada a tierra;

b).— Todos los conductores debe ser del mismo material;

c).— La separación vertical entre conductores de distinta fase o distinta polaridad no debe ser menor que la siguiente:

Longitud del claro en mts.	Separación vertical mínima entre conductores de distinta fase o distinta polaridad, en centímetros
0 a 50	10
50 a 65	15
65 a 80	20
80 a 100	30

En claros no mayores de 25 metros, cuando se usen conductores con forro aislante, la separación podrá reducirse hasta 7.5 centímetros;

d).— La separación entre los conductores y la superficie de postes o estructuras no debe ser menor de 7.5 centímetros.

Separación entre conductores suministrados de circuitos de diferente voltaje, montados en la misma cruceta. Los circuitos suministrados de voltaje comprendidos en cualquiera de las clasificaciones de voltaje especificadas en la tabla de separación vertical mínima entre crucetas horizontales con conductores (Página 268), pueden montarse en la misma cruceta, con circuitos suministrados de voltaje comprendido en una clasificación de voltaje inmediata, siempre que se cumpla con alguna de las siguientes condiciones:

a).— Que los circuitos ocupen lados opuestos del poste;

b).— En los tipos de construcción con crucetas voladas ó soportadas en sus dos extremos, que los circuitos estén separados por una distancia no menor que la equivalente al espacio para subir, para el voltaje mayor de los circuitos.

c).— Que en crucetas soportadas en su centro, los conductores de voltaje menor ocupen las posiciones más próximas al poste o estructura y los de voltaje mayor las posiciones más distantes.

d).— Que uno de los circuitos sea de alumbrado en serie o similar, que normalmente esté muerto durante los periodos en que se trabaje en la línea o arriba de ella.

Quando se acostumbre probar el circuito de alumbrado en serie o similar durante el día, se recomienda que los trabajadores tomen precauciones especiales antes de trabajar en las crucetas que lleven estos circuitos o arriba de ellas;

e).— Que uno de los dos circuitos considerados sea circuito de comunicación que se use en la operación de líneas suministradoras y el otro circuito sea suministrador de menos de 8700 volts, siempre que se instalen de acuerdo con los incisos a) ó b) anteriores.

Separación entre Conductores Fijados a Edificios o Puentes

Conductores fijados a edificios. La separación entre conductores fijados a edificios no debe ser menor que la especificada en el inciso (a) de separación horizontal entre conductores de una línea (Página 264). Se exceptúan los conductores en bastidores verticales que cumplan con la fracción de separación entre conductores en bastidores verticales.

Separación entre conductores suministrados fijados a puentes. Los conductores suministrados fijados a puentes y soportados a intervalos frecuentes pueden tener menor separación en los soportes que la señalada en el inciso (a) de separación horizontal entre conductores de una línea (Página 264); sin embargo, la separación no será menor que la distancia entre conductores suministrados y la superficie de postes o crucetas especificada en la tabla de separación mínima en cualquier dirección entre conductores de una línea y sus soportes, conductores verticales o transversales, cables de suspensión y retenidas, sujetos a la misma estructura (Página 266), ni menor que lo siguiente:

Distancia entre soportes Metros	Separación entre Conductores Centímetros
0 a 7	15
7 a 15	22