



NAE 300

NORMA ADIF ELECTRIFICACIÓN

# DISEÑO FUNCIONAL DE LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO TIPO CA-160/3kV

## PARTE 1. MEMORIA Y ANEJOS I a IV

1ª EDICIÓN: JULIO 2018 – ERRATUM (ENERO 2019)

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-300 del Comité de Normativa de Adif. Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos. Adif, 2019-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

### CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	Enero 2019	Modificación de tablas en planos 03PHH-002-003-004-007-011-019-020-021-022-024-025-026-027-028	Anejo V. Punto 8.

### EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-300. (Línea aérea de contacto)

<p>Propuesto:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-300 Fecha: 9 de enero de 2019</p>	<p>Aprobado:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Comité de Normativa Reunión de 23 de enero de 2019</p>
---	---

1	OBJETO .....	4
2	CAMPO DE APLICACIÓN .....	4
3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS.....	4
4	CARACTERÍSTICAS DE LA CATENARIA TIPO CA-160/3KV .....	4
4.1	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.....	4
4.1.1	TENSIÓN ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN .....	4
4.1.2	VELOCIDAD DE DISEÑO .....	4
4.1.3	PANTÓGRAFOS Y ANCHOS DE VÍA ADMISIBLES .....	4
4.1.4	CONDICIONES AMBIENTALES NORMALES .....	5
4.2	CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO .....	5
4.2.1	COMPOSICIÓN DE LAS CATENARIAS .....	6
4.2.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MECÁNICAS.....	7
4.2.3	PARÁMETROS DINÁMICOS .....	14
4.2.4	CRITERIOS DE AISLAMIENTO .....	15
4.3	DEFINICIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA.....	16
4.3.1	POSTES.....	16
4.3.2	MACIZOS DE CIMENTACIÓN.....	17
4.3.3	CONJUNTOS DE MÉNSULA .....	17
4.3.4	CONJUNTOS DE ATIRANTADO.....	19
4.3.5	CONJUNTOS DE SUSPENSIÓN .....	21
4.3.1	PÉNDOLAS .....	22
4.4	ALIMENTACIÓN Y RETORNO .....	22
4.4.1	ALIMENTACIÓN .....	22
4.4.2	CONEXIONES DE ALIMENTACIÓN.....	23
4.4.3	RETORNO .....	23
4.5	PROTECCIONES .....	24
4.6	MATERIALES.....	25
4.7	MONTAJE Y TOLERANCIAS .....	26
5	NORMATIVA DEROGADA .....	26
6	DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR.....	26
7	NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA .....	26
I.	ANEJO I. MAPA DE VIENTO DE REFERENCIA.....	27
II.	ANEJO II. TABLA DE PENDOLAS .....	28
III.	ANEJO III. TABLA DE SELECCIÓN DE CIMENTACIONES .....	32
IV.	ANEJO IV. PARÁMETROS DINÁMICOS.....	35

## 1 OBJETO

Esta norma tiene por objeto especificar la Línea Aérea de Contacto tipo CA-160/3kV empleada en Adif, concretando los parámetros que la definen y los elementos que la componen.

La Línea Aérea de Contacto tipo CA-160/3kV se presenta en dos modalidades: con hilos de contacto de CuETP de 107 mm<sup>2</sup> de sección; y con hilos de aleación CuAg0.1 de 120 mm<sup>2</sup> de sección.

## 2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma será de aplicación a cualquier actuación en las Líneas Aéreas de Contacto de tipo CA-160/3kV, bien ser dentro del ámbito de un proyecto constructivo de obra nueva o rehabilitación, o en trabajos de mantenimiento en Adif.

En aquellos núcleos de cercanías donde la explotación se realice con pantógrafos de cobre o aleación de cobre será obligatorio el uso de la Línea Aérea de Contacto CA-160/3kV con hilos de contacto de CuAg de 120 mm<sup>2</sup>. En el resto de la red se podrá utilizar indistintamente cualquiera de las dos tipologías.

## 3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS

Los términos empleados se encuentran definidos en las normas de referencia indicadas en el apartado 7. Dichas normas tienen carácter complementario de la presente especificación técnica mientras no la contradigan.

## 4 CARACTERÍSTICAS DE LA CATENARIA TIPO CA-160/3KV

Los parámetros definidos a continuación, y salvo que en algún apartado se indique lo contrario, son válidos para las dos modalidades de Línea Aérea de Contacto tipo CA-160/3kV, tanto con hilos de 107mm<sup>2</sup> como de 120mm<sup>2</sup>.

### 4.1 Características funcionales

#### 4.1.1 Tensión eléctrica de alimentación

Esta catenaria está diseñada para ser alimentada en corriente continua 3kV donde se admiten los siguientes valores.

Tensión Permanente Mínima	2000 V
Tensión Nominal	3000 V
Tensión Permanente Máxima	3600 V
Tensión No Permanente Máxima	3900 V

Tabla 1. Valores de tensión en corriente continua

Los valores de tensión de esta tabla son los definidos en la tabla 1 de la norma UNE-EN 50163 para los sistemas de 3 kV.

#### 4.1.2 Velocidad de diseño

Esta catenaria está diseñada para una velocidad de explotación de hasta 160 km/h.

#### 4.1.3 Pantógrafos y anchos de vía admisibles

La catenaria especificada en esta norma únicamente es compatible con pantógrafos de 1950 mm circulando por vías de un solo ancho, bien sea Ibérico o UIC.

Algunos montajes de agujas aéreas están definidos exclusivamente para aparatos de vía en ancho Ibérico, y deberán ser adaptados en otros anchos.

#### 4.1.4 Condiciones ambientales normales

La catenaria se ha proyectado para las condiciones ambientales de funcionamiento que se indican a continuación. En caso contrario se deberán realizar las correcciones necesarias.

##### – Temperatura ambiental

La limitación de las temperaturas ambientales máximas y mínimas tiene por objeto establecer la longitud máxima del cantón de compensación mecánica de la catenaria, así como los equipos de regulación.

Temp. Ambiental Mínima	- 15 °C
Temp. Ambiental Máxima	+ 45 °C

Tabla 2. Temperatura ambiental

Si fuera necesario ajustar estos valores a una región concreta se deberán tomar como referencia los valores estadísticos tomados por la Agencia Estatal de Meteorología en los últimos 50 años.

##### – Temperatura máxima de los conductores

El calentamiento máximo de los conductores causado por la corriente de carga, unido al calentamiento causado por la temperatura ambiente y la radiación solar, no debe superar los valores indicados en la siguiente tabla.

Tipo Conductor	Temp. Máx. permanente (condiciones de funcionamiento)	Temp. Máx. hasta 30 min. (pantógrafo en reposo)
Sustentador de Cu ETP	80 °C	-
Hilos de contacto de Cu ETP	80 °C	120 °C
Hilos de contacto de Cu Ag0.1	100 °C	150 °C

Tabla 3. Temperatura máxima en conducción

En todas las nuevas instalaciones se verificará mediante estudios de carga eléctrica que los umbrales anteriores no se sobrepasen.

##### – Viento

Para los elementos estructurales de la Línea Aérea de Contacto (postes, pórticos rígidos, pórtico de seccionadores, etc) se considerará una velocidad del viento de referencia de 120 km/h (33,3 m/s).

Para la validación funcional del sistema en lo que a la desviación lateral del hilo de contacto por efecto del viento se refiere, se utilizarán los valores de velocidades de viento de referencia representados en el mapa incluido en el Anejo I, y conforme a la metodología apuntada en la norma UNE-EN 50119.

## 4.2 Características del diseño

A continuación se indican las características de diseño entre las que figuran los parámetros geométricos y mecánicos, así como los criterios de aislamiento con los que se debe diseñar la catenaria, en el caso de condiciones normales de funcionamiento.

#### 4.2.1 Composición de las catenarias

La composición de la catenaria dependerá del tipo de vía y de la circulación que soporta. A continuación se indican los distintos casos, distinguiendo las dos modalidades de la CA-160/3kV, es decir con hilos de 107 mm<sup>2</sup> y con 120 mm<sup>2</sup>.

– **En vías generales, en escapes entre vías generales y en vías secundarias con andén y circulación importante**

Se dará tratamiento de vía general tanto a las vías secundarias que hagan aguja con las generales, como aquellas que por utilización tienen un tráfico equivalente o disponen de andén para pasajeros.

	CA-160/3KV (TIPO A)	CA-160/3KV (TIPO B)
Sustentador	150 mm <sup>2</sup> - CuETP	150 mm <sup>2</sup> - Cu ETP
Hilos de Contacto	2x BC- 107 - CuETP	2x BC- 120 - CuAg0.1
Péndolas	25mm <sup>2</sup> - Cu flexible	25mm <sup>2</sup> - Cu flexible
Fíder de Refuerzo	Variable	Variable

Tabla 4. Composición de las catenarias en vías generales, en escapes entre vías generales y en vías secundarias con andén y circulación importante

Para la catenaria CA-160/3KV, de manera general no será necesario instalar Fíder de Refuerzo, salvo que el estudio de parámetros eléctricos de la línea lo requiera, bien por las excesivas rampas de vía bien por la elevada distancia entre subestaciones.

– **En vías secundarias que no formen aguja con vía general**

Se dará tratamiento de vía secundaria solo a aquellas catenarias que no formen aguja con una de vía general, no tengan andén de pasajeros y soporten un escaso tráfico.

	CA-160/3KV (TIPO A)	CA-160/3KV (TIPO C)
Sustentador	150 mm <sup>2</sup> - CuETP	150 mm <sup>2</sup> - Cu ETP
Hilos de Contacto	2x BC- 107 - CuETP	1x BC- 107 - CuETP
Hilos de Contacto	2x BC- 107 - CuETP	2x BC- 107 - CuETP

Tabla 5. Composición de las catenarias en vías secundarias que no formen aguja con vía general

El empleo de catenarias con un solo hilo de contacto solo es admisible en ampliaciones o renovaciones parciales de instalaciones existentes, y debe restringirse a aquellas vías secundarias que no requieran Verificación CE de las Especificación Técnica de Interoperabilidad del Subsistema de Energía

La tipología de catenaria definida en esta norma no admite configuraciones de vía secundaria compuestas de sustentador de acero de 72 mm<sup>2</sup> y un solo hilo de contacto, debido a su escasa sección eléctrica.

– **En terminales o estaciones de mercancías**

Se dará tratamiento de vía general con catenaria tipo A

	<b>CA-160/3KV (TIPO A)</b>
Sustentador	150 mm <sup>2</sup> - CuETP
Hilos de Contacto	2x BC- 107 - CuETP
Péndolas	25mm <sup>2</sup> - Cu flexible

Tabla 6. Composición de las catenarias en terminales o estaciones de mercancías

#### 4.2.2 Características geométricas y mecánicas

La Línea Aérea de Contacto, en condiciones normales de operación, debe respetar los siguientes parámetros geométricos y mecánicos.

– **Altura de los hilos de contacto**

Altura Mínima de diseño	Variable
Altura Nominal	5300 mm
Altura Máxima de diseño	6000 mm

Tabla 7. Altura de los hilos de contacto

Aplicando la metodología de la UNE-EN 50119, la altura mínima de diseño dependerá de los siguientes parámetros:

- Del gálibo cinemático aplicable en cada caso
- De la velocidad de explotación y de la longitud del vano, que afectan a la oscilación dinámica de la catenaria
- De la probabilidad de formación de manguitos de hielo en la catenaria, que a su vez es función de la altura sobre el nivel del mar
- De si se trata de una catenaria a cielo abierto, o en túnel, dado que el vano máximo queda limitado y la probabilidad de manguito de hielo se reduce.

El valor de referencia histórico de altura mínima de 4600 mm solo será válido para un gálibo GHE16 o inferior, y suponiendo que no existe riesgo de formación de manguito de hielo. En cualquier otro caso deberá calcularse según la metodología descrita.

Si no se puede conseguir la altura máxima en los pasos a nivel, será necesario el montaje de gálivos de protección en los viales a ambos lados del paso.

La altura de los hilos de contacto deberá ser lo más constante posible a lo largo de la línea con el fin de mantener una buena captación de corriente a través del pantógrafo. No obstante, en caso de existencia de túneles, pasos superiores o pasos a nivel, la transición de altura en los hilos de contacto se realizará con pendientes referidas al plano de la vía no superiores a las siguientes:

Pendiente máxima de los hilos de contacto	±2‰
Variación de pendiente máxima	±1‰

Tabla 8. Variación de altura en los hilos de contacto

La pendiente del hilo de contacto en un vano se medirá como la diferencia de alturas entre el inicio y el final del vano dividido por la longitud de este, expresado en tanto por mil con su signo. La variación de pendiente se calculará como la diferencia entre las pendientes de dos vanos consecutivos, considerando su signo.

En el caso de que existan varios pasos superiores próximos entre sí con gálibo reducido, se mantendrá entre ellos la misma altura de los hilos de contacto, haciendo las transiciones solamente antes del primero y después del último.

– **Altura del sistema de catenaria**

La altura del sistema de catenaria, definida como la diferencia de cotas del sustentador y de los hilos de contacto en la ménsula o suspensión, podrá adquirir los siguientes valores:

Altura Nominal (trayectos y estaciones)	1400 mm
Altura en zonas de gálibo reducido (túneles, pasos superiores, etc.)	853mm
	462mm
	263 mm
Altura máxima en seccionamientos	1400 mm

Tabla 9. Altura del sistema de catenaria

Se adecuarán los vanos a la altura de diseño de forma que se respeten las longitudes de péndola mínima.

El paso de una altura de sistema a otra se realizará intercalando las transiciones necesarias.

– **Descentramiento**

La disposición del descentramiento de los hilos de contacto debe favorecer el desgaste uniforme de los frotadores de pantógrafo, manteniendo las condiciones de seguridad ante salidas de la zona de contacto por efecto de las curvas o por la desviación lateral debida al viento.

El criterio de signos a adoptar para el descentramiento es el siguiente:

- Signo positivo (+d): descentramiento hacia fuera del poste o pendolón.
- Signo negativo (-d): descentramiento hacia dentro del poste o pendolón.
- En estaciones o payas de vías con catenarias en pórticos funiculares, así como en túneles con catenaria rígida, se tomará como referencia el sentido ascendente de la kilometración siendo los descentramientos positivos hacia la derecha y los descentramientos negativos hacia la izquierda.

Recta	+20 cm /- 20 cm
Curva	+20 cm /+ 20 cm (hacia el exterior de la curva) Aplicación a curvas de radio: R ≤ 3050 m para CA-160 Tipo A y C R ≤ 2500 m para CA-160 Tipo B

Tabla 10. Descentramiento de los hilos de contacto



– **Vano máximo**

Para la catenaria CA-160/3kV, el vano máximo en cualquier caso será de 60m. No obstante, para un tramo concreto el vano máximo admisible podrá ser menor y dependerá de varios factores, como son la altura del sistema de catenaria, el radio de la curva, el tense de los conductores, la velocidad del viento y el gálibo del pantógrafo.

La altura del sistema condiciona la longitud de la péndola mínima en el centro del vano, donde deberá verificarse que su montaje pueda realizarse con la tecnología elegida.

Los valores máximos de vanos a replantear en función de la altura del sistema de catenaria adoptada son los siguientes:

ALTURA SISTEMA DE CATENARIA	VANO
1400 mm	60 m
853 mm	45 m
462 mm	30 m
263 mm	20 m

Tabla 11. Vano máximo según la altura del sistema de catenaria

El valor máximo de los vanos en curva dependerá del radio y la flecha de ésta según el siguiente cuadro:

VANO	CA-160 (Tipos A y C)	CA-160 (Tipo B)
60 m	$R \geq 1500$	$R \geq 1350$
55 m	$1500 > R \geq 1050$	$1350 > R \geq 1000$
50 m	$1050 > R \geq 750$	$1000 > R \geq 700$
45 m	$750 > R \geq 550$	$700 > R \geq 550$
40 m	$550 > R \geq 400$	$550 > R \geq 400$
35 m	$400 > R \geq 300$	$400 > R \geq 300$
30 m	$300 > R \geq 200$	$300 > R \geq 200$
25 m	$200 > R \geq 140$	$200 > R \geq 140$
20 m	$R < 140$	$R < 140$

Tabla 12. Vano máximo según el radio de la vía

Los valores anteriores han sido calculados a nivel del mar considerando una velocidad del viento de 29 m/s en vías de ancho ibérico y para un pantógrafo de 1950mm.

– **Diferencia de longitud entre vanos consecutivos**

La diferencia entre las longitudes de dos vanos consecutivos será:

Diferencia Máxima	10 m
Diferencia en Agujas	5 m

Tabla 13. Diferencia de longitud en vanos consecutivos

Esta limitación tiene por objeto limitar el desequilibrio entre las tensiones mecánicas del sustentador e hilos de contacto a ambos lados del apoyo.

– **Cantón de compensación mecánica**

La longitud máxima del cantón será:

Recta	1200 m
Tramo con curvas	20 vanos (800-900 m aprox.)

Tabla 14. Longitud máxima del cantón

El tipo de anclaje y la ubicación de los puntos fijos a utilizar en función de la longitud del cantón de compensación mecánica, son los siguientes:

LONGITUD DEL CANTÓN	TIPO DE ANCLAJES	UBICACIÓN PUNTO FIJO
$600 < C \leq 1200$ m	2 Compensados	Punto medio del Cantón
$C \leq 600$ m	1 Compensado + 1 No compensado	Punto inicial del cantón.

Tabla 15. Tipos de anclaje y ubicación de punto fijo

Para cantones inferiores a 600 metros se compensará la catenaria en el sentido de circulación de los trenes.

Cuando la pendiente de la rasante de vía sea superior a 5 ‰, se instalará, únicamente en el lado más desfavorable, un latiguillo de punto fijo entre los hilos de contacto y el sustentador.

– **Flecha de los hilos de contacto**

La flecha de los hilos de contacto deberá tenerse en cuenta en el cálculo del pendolado.

Siendo L la longitud del vano expresada en metros, la flecha que deberán adoptar los hilos en el centro del vano, expresado en milímetros, se obtendrá como:

Flecha con hilos nuevos	$0,6 \times L$ (mm)
-------------------------	---------------------

Tabla 16. Flecha máxima de los hilos de contacto

Dado que el vano máximo admitido es de 60m , la flecha máxima de los hilos de contacto será de 36 mm.

– **Gálibo de postes**

En vía general el gálibo de los postes, tomando como referencia la distancia mínima entre las caras enfrentadas del poste y del carril más próximo a él, se ajustará a los siguientes valores:

En recta o en exterior de curva	1,90 m
En interior de curva de $R > 300$ m	1,90 m
En interior de curva de $R < 300$ m	2,10 m

Tabla 17. Gálibo de poste a carril en vía general

Los valores anteriores corresponden a valores de replanteo, siendo las tolerancias de aceptación o rechazo, una vez instalado el poste, de +20 /-20 cm en recta o exterior de curva, y de +20 /-10cm en interior de curva.

En estaciones, se podrá colocar postes en las entrevías solo en los siguientes casos, y seleccionando el tipo de poste de acuerdo con la siguiente tabla:

DISTANCIA ENTRE EJES DE VÍAS	TIPO DE POSTES
$D \geq 6,00$ m	Cualquiera
$6,00 > D \geq 5,70$ m	X y PG1
$5,70 > D \geq 5,20$ m	Sólo PG1

Tabla 18. Tipos de poste a colocar entrevías

La colocación de postes en andenes se realizará respetando el gálibo de 5 m, siempre y cuando el andén supere dicha dimensión.

En puntos singulares la colocación de los postes se realizará de acuerdo a lo dispuesto en la correspondiente Instrucción Técnica de Gálibos editada y actualizada.

#### Seccionamientos

La distancia entre catenarias paralelas en seccionamientos será la siguiente:

Seccionamiento Lámina de Aire	300 mm
Seccionamiento de Cantón	250 mm

Tabla 19. Distancia entre catenarias en seccionamientos

Esta distancia, medida en horizontal, deberá mantenerse en todos los vanos del seccionamiento.

La elevación mínima en los semiejes será de 250 mm. Para elevaciones superiores a 250 mm se deberán calcular los vanos mínimos admisibles de forma que no se produzca un efecto tijera.

En general los seccionamientos podrán construirse de 3 vanos (sin eje) o con 4 vanos (con eje), variando los descentramientos según se trate de Lámina de Aire o de Cantón, y dependiendo del radio de curva y del vano.

En las siguientes tablas se presentan los criterios de replanteo admisibles de forma que se cumplan las desviaciones máximas admisibles por viento de 29 m/s y por gálibo del pantógrafo definidas en la ETI de Energía.

Los valores de descentramiento se indican en centímetros, siendo el sentido de signos suponiendo que el poste se encuentra replanteado en el interior de la curva.

RADIO (m)	VANO* (m)			
	50 ≤ L ≤ 60	40 ≤ L ≤ 50	30 ≤ L ≤ 40	25 ≤ L ≤ 30
R ≥ 10000	SC – 3 VANOS Cat1: +13 /+13 Cat2: -12 /-12			
4000 ≤ R <10000	SC – 3 VANOS Cat1: +20 /+20 Cat2: -5 /-5		SC – 4 VANOS Cat1: +20 /+5 /+20 Cat2: -5 /-20 / -5	
3000 ≤ R <4000	SC – 3 VANOS Cat1: +25 /+25 Cat2: 0 / 0			
2500 ≤ R <3000				
700 ≤ R <2500			SC – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: 0 / 0 / 0	
350 ≤ R <700				SC – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: 0 / 0 / 0

Tabla 20 Selección de Seccionamientos de Cantón (SC).

RADIO (m)	VANO* (m)			
	50 ≤ L ≤ 60	40 ≤ L ≤ 50	30 ≤ L ≤ 40	25 ≤ L ≤ 30
R ≥ 25000	SLA – 3 VANOS Cat1: +15 /+15 Cat2: -15 /-15			
15000 ≤ R <25000	SLA – 3 VANOS Cat1: +18 /+18 Cat2: -12 /-12		SLA – 4 VANOS Cat1: +20 /+10 /+20 Cat2: -10 /-20 / -10	
4000 ≤ R <15000	SLA – 3 VANOS Cat1: +25 /+25 Cat2: -5 / -5			
2800 ≤ R <4000				
800 ≤ R <2800			SLA – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: -5 / -5 / -5	
450 ≤ R <800				SLA – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: -5 / -5 / -5

Tabla 21 Selección de Seccionamientos de Lámina de Aire (SLA)

(\*) Los seccionamientos anteriores han sido calculados para una elevación en el semieje de 250mm. Para elevaciones superiores se deberá calcular el vano mínimo necesario para su aplicación.

### – Agujas aéreas

Como criterio general, los tipos de agujas aéreas a utilizar serán los siguientes:

SITUACIÓN	TIPO DE AGUJA AÉREA
Vía general + vía desviada	Tangencial P-90 / Cruzada P-50
Vía general + vía de escape	Tangencial P-90 / Cruzada P-50
Vía general + vía secundaria	Tangencial P-90 / Cruzada P-50
Vía secundaria + vía secundaria	Cruzada P-50

Tabla 22. Agujas aéreas

Para las vías generales se emplearán preferentemente agujas aéreas de tipo tangencial P-90; no obstante, dependiendo del grado de utilización de los desvíos y de las características propias del diseño de la estación se podrán instalar también agujas cruzadas en el P-50.

Los parámetros de montaje de las agujas aéreas cumplirán lo especificado en la norma de Adif NAE 115.

### – Equipos de compensación mecánica

La tipología de equipos a utilizar para la compensación mecánica de los conductores será la siguiente:

Cielo abierto y zonas con gálibo suficiente	Poleas y contrapesos
Zonas con gálibo reducido o Andenes de estación	Tipo tensor-muelle

Tabla 23. Tipos de equipos de compensación

### – Tensiones de regulación mecánica

Todos los valores de tense y peso admiten una tolerancia del 5%.

*Para el sustentador:*

Tipo de cable sustentador	150mm <sup>2</sup> – Cu ETP	150mm <sup>2</sup> – Cu ETP
Tense de montaje (*)	1425 kgf (1397 daN)	1425 kgf (1397 daN)
Razón de regulación	1:5	1:3
Rendimiento min. de las poleas	0,95	0,95
Conj. de Contrapeso	285 kg	475 kg

Tabla 24. Tense del sustentador de Cu 150 mm<sup>2</sup>

\* Tense real = (Peso total del Conj. Contrapeso) x (Razón de regulación de las poleas) x Rendimiento de las poleas.

Para el hilo de contacto:

Tipo de hilo	107mm <sup>2</sup> - Cu ETP	120mm <sup>2</sup> - Cu Ag0.1
Tense de montaje	2 x 1050 kgf (1029 daN)	2 x 1200 kgf (1176 daN)
Razón de regulación	1:5	1:5
Rendimiento de las poleas	0,95	0,95
Conj. de Contrapeso	420 Kg	480 Kg

Tabla 25. Tense de los hilos de contacto

\* Tense real = (Peso total del Conj. Contrapeso) x (Razón de regulación de las poleas) x Rendimiento de las poleas.

### 4.2.3 Parámetros dinámicos

#### 4.2.3.1 Elevación dinámica en el brazo de atirantado ( $S_0$ )

Para la definición de este parámetro véase la norma UNE-EN 50119.

Para las variantes A y B de catenaria tipo CA-160/3kV, objeto de esta norma, se recogen en el anejo IV los valores de *Elevación dinámica en el brazo de atirantado* ( $S_0$ ) para distintas velocidades y vanos.

El diseño de las ménsulas y conjuntos de atirantado de esta catenaria permiten un espacio libre para la elevación de los brazos de atirantado de 150 mm, verificándose en todos los casos que  $2 \cdot S_0 < 150 \text{ mm}$ .

#### 4.2.3.2 Altura máxima dinámica en el vano

Para la definición de este parámetro véase la norma UNE-EN 50119.

Para las variantes A y B de catenaria tipo CA-160/3kV, objeto de esta norma, se recogen en el anejo IV los valores de *Altura máxima dinámica en el vano* para distintas velocidades y vanos.

Estas alturas máximas deberán considerarse para el cálculo del gálibo mecánico del pantógrafo en secciones críticas, como son pasos superiores o túneles.

#### 4.2.3.3 Velocidad de propagación de la onda ( $V_c$ )

Para la definición de este parámetro véase la norma UNE-EN 50119.

Para la CA-160 con hilos de contacto de 107mm<sup>2</sup> tensados a 1050 kgf la velocidad de propagación de onda o velocidad crítica resultante es:

$$V_c = 377,9 \text{ km/h}$$

Para la CA-160 con hilos de contacto de 120mm<sup>2</sup> tensados a 1200 kgf la velocidad de propagación de onda o velocidad crítica resultante es:

$$V_c = 381,6 \text{ km/h}$$

Dado que la velocidad máxima de diseño de la catenaria tipo CA-160 /3kV es de 160 km/h, se verifica en todos los casos que la velocidad de explotación es inferior al 70% de la velocidad crítica.

#### 4.2.4 Criterios de aislamiento

Los criterios de aislamiento de la catenaria se indican en los apartados siguientes:

- **Distancia de aislamiento entre partes en tensión de la Línea Aérea de Contacto y tierra o material rodante**

Para evitar la formación de arco eléctrico, entre un elemento en tensión y otro elemento con conexión a tierra o partes del material rodante, de deberán mantener las siguientes distancias de aislamiento en el aire:

Distancia aislamiento Estática	Distancia aislamiento Dinámica
150 mm	50 mm

Tabla 26. Distancia de aislamiento en el aire para 3 kV

La distancia de aislamiento estática es la que debe considerarse suponiendo que las partes en tensión y a tierra se encuentran en reposo.

La distancia de aislamiento dinámica es la que debe considerarse suponiendo que las partes en tensión y a tierra se encuentran en movimiento relativo entre sí, bien sea por efecto del viento o por el paso del tren.

La distancia de las partes conductoras del pantógrafo a cualquier estructura que no esté en tensión debe respetar la distancia de aislamiento estática en los aquellos puntos donde el vehículo pueda detenerse.

- **Aisladores**

Todos los aisladores empleados en la catenaria con tensión de alimentación de 3kV en corriente continua deberán superar los siguientes parámetros eléctricos:

Zona de riesgo bajo o moderado por impacto de rayo	
Línea de fuga	300 mm
Tensión soportada a impulsos tipo rayo en seco	90 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	38 kV

Tabla 27. Características eléctricas de aisladores de 3 kV

En aquellas zonas con un riesgo elevado de impacto de rayos en catenaria, se instalarán aisladores con características eléctricas ampliadas.

Zona de riesgo elevado por impacto de rayo	
Línea de fuga	400 mm
Tensión soportada a impulsos tipo rayo en seco	120 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	38 kV

Tabla 28. Características eléctricas de aisladores de 3 kV en zonas de riesgo elevado

### 4.3 Definición de componentes del sistema

A continuación se describen todos los componentes a utilizar en la Línea Aérea de Contacto tipo CA-160/3KV, con sus condiciones de utilización.

#### 4.3.1 Postes

En función del tipo de cimentación los postes podrán ser embebidos o con placa de anclaje (con la misma referencia que los indicados en las tablas seguida de la letra "P").

#### – Postes de vía general

TIPO POSTE	CONDICIONES DE UTILIZACIÓN	
	Nº DE MÉNSULAS	ALTURA DEL PLANO MEDIO DE RODADURA SOBRE EL TERRENO ( $H_r$ )
X2B	1	< 0,85 m
X2B-ALG.	1	$\geq$ 0,85 m
X3B	2	< 0,85 m
X3B-ALG.	2	$\geq$ 0,85 m

Tabla 29. Postes de vía general

#### – Postes de anclaje

Para anclajes en andenes se utilizarán los siguientes postes que no precisan tirantes de anclaje.

Tipo	Condiciones de utilización
Z5, Z5bis, Z6	Para anclaje de catenarias de vías generales
XGA	Para anclajes sin compensar de una catenaria

Tabla 30. Postes de anclaje



– **Postes de estación**

Como postes de estación se emplearán los siguientes:

TIPO	CONDICIONES DE UTILIZACIÓN	
Z1	Anclaje de catenaria vía general Conjunto de ménsula doble (para 2 vías)	Compensación independiente Con altura de catenaria < 1,40 m
Z2	Conjunto de ménsula doble	Con altura de catenaria < 1,40 m
Z2A	Conjunto de ménsula doble	Con altura de catenaria 1,40 m
Z3	Conjunto con tres ménsulas	En agujas aéreas
Z3A o superior	Equipo de pórtico funicular	
PG1, PG2 L, R y Z (*)	Equipo de pórtico rígido	Pórticos tipo A, B y C

Tabla 31. Postes de estación

(\*) Para configuraciones de postes Z en pórticos rígidos, se calculará el equipo completo poste-dintel, verificando el criterio de límite de servicio en el dintel y los postes, con sobrecargas de viento tanto en sentido longitudinal como transversal a la vía, conforme a las hipótesis de cálculo recogidas en la normativa vigente.

Los postes independientes soportando a cada lado de un perfil catenarias distintas, podrán ser del mismo tipo o diferentes, en función de los esfuerzos a que estén sometidos.

– **Postes especiales**

Cuando no exista gálibo suficiente para utilizar postes X, Z, L o R se utilizarán los postes tipo PG1 o PG2 en estaciones.

**4.3.2 Macizos de cimentación**

Las cimentaciones podrán ser de hormigón en masa y de planta rectangular, o de hormigón armado y de planta circular, y deberán cumplir en todo caso lo especificado en la norma NAE 106.

Para postes con placa de anclaje las cimentaciones serán de planta circular y dispondrán de esperas roscadas de las dimensiones adecuadas.

Para postes sin placa y montaje empotrado las cimentaciones serán de planta rectangular.

Las cimentaciones para anclajes podrán ser tanto de planta rectangular como circular.

En el Anejo III se incluye una tabla de selección de cimentaciones para unas condiciones de terreno tipo.

**4.3.3 Conjuntos de ménsula**

En vía general, pórticos de estación o zonas especiales, se seleccionarán los siguientes conjuntos de ménsula:

Tipo de conjunto de ménsula	Condiciones de utilización
Ca1RTTG	En recta o en exterior de curva, con atirantado dentro
Ca10RTTG	En recta o en interior de curva, con atirantado fuera
Ca11RTTG	En recta o en interior de curva, con atirantado fuera o cola de anclaje con tirante a compresión

Tabla 32. Conjuntos de ménsula en vía general

Tipo de conjunto de ménsula	Condiciones de utilización
Ca1RTE-PRB Ca1RTE-PRC 1/2/3/4	En recta o en exterior de curva, con atirantado dentro
Ca10RTE-PRB Ca10RTE-PRC 1/2/3/4	En recta o en interior de curva, con atirantado fuera o cola de anclaje

Tabla 33. Conjuntos de ménsula en pórticos rígidos

En pórticos rígidos tipo PRC, el conjunto de soporte de ménsula se sostendrá sobre el soporte F50, de manera que la unión de este soporte se realice sobre los nudos de la celosía.

Tipo de conjunto de ménsula	Condiciones de utilización
Cn6	Para postes Z1 a Z4 (fija)
Cn6-1	Para postes Z5 a Z6 bis (fija)
Cn6-2	Para postes PG1 - 240/260/280 (fija)( la mención a los postes H
Cn6a	Para postes Z1 a Z3 (giratoria)
Cn6a-1	Para postes PG1 - 240/260/280 (giratoria)

Tabla 34. Conjuntos de ménsula doble

#### 4.3.4 Conjuntos de atirantado

Se utilizarán los siguientes:

Tipo de conjunto de atirantado	Condiciones de utilización		
	Tipo de catenaria	Equipo sobre el que se monta	Forma de atirantado
Ca7	Vía general	Ménsula	Fuera
Ca7-PA	Vía general	Dobles ménsulas de aguja o de seccionamiento	Fuera con péndola aislada
Ca7-MD	Vía general	Ménsula doble B7	Dentro / fuera
Ca8	Vía general	Ménsula	Dentro
Ca8-PA	Vía general	Dobles ménsulas de aguja o de seccionamiento	Dentro con péndola aislada
Ce21-1	Vía secundaria	Ménsula	Fuera
Ce21-2	Vía secundaria	Ménsula	Dentro
Ce21R	Vía secundaria	Ménsulas dobles B7 y pórticos rígidos tipos A y B	Dentro / fuera
Ce1		Pórtico funicular (1 brazo)	Dentro / fuera
Ce2		Pórtico funicular (2 brazos)	Dentro / fuera

Tabla 35. Conjuntos de atirantado en recta

Tipo de conjunto de atirantado	Condiciones de utilización		
	Tipo de catenaria	Equipo sobre el que se monta	Forma de atirantado
Ca27-N13/N15	Vía general	Ménsula	Fuera
Ca27-E-N13/N15	Vía general	Ménsula de seccionamiento o de aguja aérea	Fuera
Ca27MDG-N13/N15	Vía general	Ménsulas dobles giratorias B7a	Dentro/fuera
Ca28-N13/N15	Vía general	Ménsula	Dentro
Ca28-E-N13/N15	Vía general	Ménsula de seccionamiento o de aguja aérea	Dentro
Ce21C-N13/N15	Vía secundaria	Ménsulas dobles B7 y pórticos rígidos ligeros	Dentro/fuera
Ce2c		Pórtico funicular (2 brazos)	Dentro/fuera

Tabla 36. Conjuntos de atirantado en curva

Tipo de conjunto de atirantado	Condiciones de utilización		
	Equipo sobre el que se monta	Ubicación	Forma de atirantado
Ca7-PAT	Ménsula	En recta o en curva	Fuera con péndola aislada
Ca8-PAT	Ménsula	Cuando el poste de anclaje se monta al lado contrario de la alineación normal de los postes.	Dentro con péndola aislada

Tabla 37. Conjuntos de atirantado en colas de anclaje de vía general

Tipo de conjunto de atirantado	Condiciones de utilización	
	Tipo de catenaria	Forma de atirantado
Ca7-T	Vía general recta	Fuera a silleta
Ca8-T	Vía general recta	Dentro a bóveda
Ca27T-N13/N15	Vía general curva	Fuera a silleta
Ca28T-N13/N15	Vía general curva	Dentro a bóveda

Tabla 38. Conjuntos de atirantado en túnel

### 4.3.5 Conjuntos de suspensión

Se utilizarán los siguientes:

Tipo de conjunto de suspensión	Condiciones de utilización		
	Sección del cable	Tipo de catenaria	Equipo sobre el que se monta
Ca4-1M/1PRA(Cable)	150/235/300	Compensada vía general	Ménsula y PRA
Ca6 RT-1R(Sustentador)	150	Vía secundaria	
Ca4-1T(Cable)	150/235/300	Vía general	Túnel y paso superior
	150	Vía secundaria	
Ca4-1RT-MDF/PRA-150(Sustentador)	150	Compensada vía general	Ménsula doble B7 y PRA
Ca4-1RT-T150(Sustentador)	150	Compensada vía general	Túnel y paso superior
Ca4-2M/2PRA(Cable)	150/235/300	Compensada vía general	Ménsula y PRA
Ca4-2T(Cable)	150/235/300	Compensada vía general	Túneles y pasos superiores

Tabla 39. Conjuntos de suspensión en recta

Tipo de conjunto de suspensión	Sección del cable	Condiciones de utilización	
		Tipo de catenaria	Equipo sobre el que se monta
Ca2-1M/1PRA(Cable)	150/235/300	Compensada de vía general	Ménsula y PRA
Ca6RT-1C(Sustentador)	150	Vía secundaria	
Ca2-1T(Cable)	150/235/300	Vía general	Túnel y paso superior
	150	Vía secundaria	
Ca2-1RT-MDF/PRA-150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	Ménsula doble B7
Ca2-1RT-T150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	Túnel y paso superior
Ca9RT-M/PRA-150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	PRA

Ca9RT-PRB-150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	PRB
Ca9RT-T150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	Túnel y paso superior
Ce5(Sustentador)	150	Vía sin compensar	Pórtico funicular
Ce5RT150(Sustentador)	150	Compensada de vía general	Pórtico funicular
Ce10		Vía sin compensar	Colas de anclaje

Tabla 40. Conjuntos de suspensión en curva

### 4.3.6 Péndolas

El pendolado será siempre de tipo equipotencial y por parejas, empleándose los conjuntos de péndola Co6 siempre que la longitud de la péndola supere los 25 cm. Excepcionalmente, en túneles y zonas de altura de sistema reducida, para péndolas de entre 15 y 24 cm se podrán emplear péndolas de varilla tipo Co7.

La distribución y cálculo de péndolas cumplirá lo establecido en la norma Adif NAE 116, aunque no obstante en el anejo II se recogen las tablas de referencia para las catenarias aquí especificadas

## 4.4 Alimentación y retorno

### 4.4.1 Alimentación

La alimentación de corriente a las catenarias se realizará de la forma siguiente:

#### – En estaciones con subestación

Desde el pórtico de salida de la subestación se instalará un fíder, formado, como mínimo, por dos cables de Cu de 235 mm<sup>2</sup>, o en su defecto por dos cables de aluminio LA-380 (según la UNE-EN 50182 el cable LA-380 se designa como 337-AL1/44-ST1A), para cada vía general de estación y se conectará a cada catenaria a través de un seccionador.

Para las catenarias de vía general de ambos trayectos se instalarán fíderes formados bien por dos cables desnudos de Cu de 235 mm<sup>2</sup> y se conectarán a las catenarias en los seccionamientos de lámina de aire de entrada y salida, a través de seccionadores.

El resto de catenarias de vías secundarias se alimentarán de las catenarias de vía general a través de seccionadores, si estuvieran aisladas, o bien desde la propia aguja aérea.

En zonas de vías secundarias donde se produce carga y descarga de material la alimentación se realizará a través de seccionadores de puesta a tierra.

#### – En estaciones sin subestación

Las catenarias de vía general de los trayectos a ambos lados de la estación son las que alimentarán las catenarias de la estación a través de los seccionadores en los seccionamientos de lámina de aire.

El resto de catenarias de vías secundarias se alimentarán de las catenarias de vía general más próximas a través de seccionadores o a través de las propias agujas aéreas.

En zonas de vías secundarias donde se produce carga y descarga de material la alimentación se realizará a través de seccionadores con puesta a tierra.

– **En trayectos**

La alimentación de las catenarias de los trayectos se realizará a través de los fíderes de las subestaciones.

#### 4.4.2 Conexiones de alimentación

Las conexiones a utilizar para cada caso serán las indicadas a continuación.

– **Fíder de acompañamiento o refuerzo**

Cuando sea necesario fíder de refuerzo, se instalarán conjuntos de conexión desde este al cable sustentador aproximadamente cada 300 metros, formados por dos cables de cobre flexibles de 95 mm<sup>2</sup> y grifas de compresión. Si el estudio eléctrico así lo aconsejara, se reducirá la distancia entre las conexiones.

– **En seccionamientos de compensación**

En la proximidad de los semiejes, se instalarán conexiones entre los sustentadores y los hilos de contacto mediante los conjuntos de conexión tipo Ct8-3, empleando dos cables de cobre flexibles de 95 mm<sup>2</sup> y grifas de compresión. Las conexiones se realizarán sin interrupciones, entre hilos de contacto homólogos de ambas catenarias pasando por ambos sustentadores.

– **En agujas aéreas, tangenciales o cruzadas**

Se instalará en el vano de elevación un conjunto de conexión de aguja tipo Ct8-3, que interconectará los hilos de contacto y sustentador de la catenaria de vía secundaria (o vía desviada) con el sustentador y los hilos de contacto de la catenaria de vía general (o vía de origen), sin interrupciones.

#### 4.4.3 Retorno

El retorno de la corriente de tracción se realizará a través de los carriles conectando al negativo de la subestación mediante la instalación de varios cables aislados, de secciones normalizadas en cobre de 150 mm<sup>2</sup>, 185 mm<sup>2</sup>, 235 mm<sup>2</sup> o 300 mm<sup>2</sup>, o sus equivalentes en aluminio, siendo preferibles los más bajos por su mayor densidad de corriente, fácil manejo y conexionado.

Dependiendo de la potencia, número de grupos de la S/E, de que alimente a vía única o doble, se utilizarán un número de cables aislados 0,6/1 kV en las cantidades necesarias para alcanzar las secciones eléctricas equivalentes en cobre indicadas en la tabla 41.

En cualquier caso, la sección de los conductores de alimentación de retorno a la subestación será la misma o superior que la suma de los fíderes de acometida a la catenaria que salen de la subestación.

Tipo Conexión	Según Potencia de los grupos de S/E		
	En Vía Única	En Vía Doble	
	2 x 3000kW / 1 x 6000kW	2 x 3000kW / 1 x 6000kW	2 x 6000kW
Conexión entre vías	1100 mm <sup>2</sup>	1100 mm <sup>2</sup>	1100 mm <sup>2</sup>
Conexión al pozo de negativos	1100 mm <sup>2</sup>	1100 mm <sup>2</sup>	2200 mm <sup>2</sup> (*)

Tabla 41. Sección mínima en cobre de las conexiones del circuito de retorno

(\*) Se podrá admitir un coeficiente de simultaneidad reduciendo la sección hasta en un 20%.

– **Conexiones del circuito de retorno**

En cualquier caso se tendrá que garantizar la continuidad del circuito de retorno de manera coordinada con los sistemas de señalización existentes, debiendo permitir el correcto funcionamiento y rendimiento de ambas instalaciones. Para dar continuidad eléctrica a los carriles se utilizarán conexiones longitudinales y transversales donde se requiera. Estos circuitos han de ser instalados en estrecha coordinación con la especialidad de señalización, pues el conexionado de los conductores de retorno (negativos) requiere de nuevos ajustes en los circuitos que son afectos por dichas conexiones.

Cuando existan dificultades para garantizar la continuidad del retorno, bien porque la subestación no esté próxima a las vías o por complejidad de la instalación, se instalarán fíderes negativos.

– **Fíderes negativos**

Los fíderes negativos que discurren desde la subestación a los diferentes cantones eléctricos/vías, dependiendo del tendido y trazado dispondrán de aislamiento 0,6/1 kV cuando discurren bajo canalización y mediante elementos aislantes similares a los utilizados para la Línea Aérea de Contacto cuando su tendido sea aéreo y sobre la infraestructura.

Como norma general todos los fíderes negativos dispondrán de la misma sección que se han dispuesto para los fíderes positivos. Se dispondrá de un número de conductores de fíderes negativos que irá en función del número de vías que se alimentan

**4.5 Protecciones**

– **Pararrayos autovalvulares**

Los pararrayos serán del tipo formado por autoválvulas de óxidos metálicos.

Se instalará al menos uno por cada vía cada 2 cantones (es decir cada 2.5 km aproximadamente). En zonas de especial incidencia de impactos por rayo, bien en cantidad o en la energía de los mismos, se instalará uno por cada cantón y vía. En general se instalarán en la proximidad de los puntos fijos, conectados, por un lado, al sustentador de catenaria o fíder de refuerzo cuando exista, y, por el otro, al cable de tierra y a la toma de tierra.

– **Cable de Tierra**

Se utilizará cable de tierra tipo LA-110 o bien L-110 (según la UNE-EN 50182 el cable LA-110 se designa como 94-AL1/22-ST1A y el cable L-110 equivale a 117-AL1), según vanos y tenses, para unir todos los postes y herrajes de electrificación. Cada 3 km como máximo se realizará una bajada a una toma de tierra, y en zonas de especial incidencia de impactos por rayo se realizarán dos bajadas por cada cantón. En el caso de que los macizos de fundación dispongan de una pica de puesta a tierra, no será necesario realizar las bajadas a la toma de tierra.

Las conexiones entre el cable de tierra y los postes o herrajes se realizarán mediante las grapas normalizadas tipo G36 o G39 respectivamente. Cuando existan bajadas desde la autoválvula se realizará el cruce con el cable de tierra con la grapa tipo G41.

Los cruces de cable de tierra se harán preferiblemente mediante un paso subterráneo con cable aislado de 0,6/1kV o mediante un paso aéreo con cable aislado de 6/10kV. El cable de tierra de catenaria deberá conectarse a la pletina de tierra del pozo de negativos de las Subestaciones de Tracción, o en su defecto a un poste del pórtico de fíderes. Cualquier cruce aéreo por encima de la catenaria deberá realizarse con cable aislado 6/10kV.

– **Puesta a Tierra**

Como mínimo todos los pararrayos deben disponer de su correspondiente bajada con cable tipo L-110 a una toma de tierra de 10 ohm, y adicionalmente cuando los macizos de fundación de postes no dispongan de pica de puesta a tierra, se instalarán bajadas del cable de tierra a una toma de tierra adicional. Las tomas de tierra serán independientes para cada una de las vías generales.

En caso de no disponer de datos suficientes, se realizará el correspondiente estudio geoelectrico para determinar la cantidad de picas necesarias en los pozos de tierra para obtener una resistencia inferior a 10 ohm, determinando incluso la necesidad de utilizar electrodos profundos.



Habitualmente son necesarias un mínimo de 6 picas, según se indica en el presente libro. En el caso de que no exista espacio suficiente para instalar la geometría indicada en plano, se empleará una geometría en estrella, con pica principal y un mínimo de tres ramas.

La cantidad y ubicación de las tomas de tierra dependerá de la incidencia que tengan los impactos por rayo en una línea determinada, así como de si los macizos de fundación disponen de pica de puesta a tierra.

Tipo línea	Macizos de fundación con pica de p.a.t.	Macizos de fundación sin pica de p.a.t.
Zonas de especial impacto por rayos	Una toma por cantón y vía para el pararrayos.	Tres tomas por Cantón y vía: una para el pararrayos y dos bajadas adicionales del cable de tierra.
Resto de zonas	Una toma en cantones alternos para el pararrayos.	Una toma por cantón y vía alternando pararrayos con bajadas del cable de tierra.

Tabla 42. Cantidad y ubicación de las tomas de tierra

#### – Protecciones en Pasos Superiores o Estructuras Transitables

Se instalarán viseras o vallas de protección en las estructuras situadas por encima de la catenaria y próximas a ella (pasos superiores, puentes, etc.) según indicaciones de la norma UNE-EN 50122-1, punto 5.3.

#### – Dispositivos Limitadores de Tensión

En zonas de estación o en sus inmediaciones, todas las estructuras metálicas próximas a catenaria deberán estar protegidas conforme a los requisitos de la norma la norma UNE-EN 50122-1.

- Todas las estructuras metálicas estarán conectadas equipotencialmente entre sí y conectadas al cable de tierra de catenaria.
- Las marquesinas, y en general cualquier estructura que por avería en catenaria pueda ponerse en tensión, deberá disponer de un "Dispositivo Limitador de Tensión" conectado al carril de retorno.

#### – Señales

En caso necesario se utilizarán las señales indicadoras para la tracción eléctrica del Reglamento de Circulación Ferroviaria.

#### – Protecciones de seguridad en Postes

En los postes situados en los andenes de estaciones y en zonas frecuentadas por personas o en aquellos postes que se evidencie un elevado riesgo de electrocución, se instalarán protecciones de seguridad antiescalada, señales indicadoras de tensión en catenaria y señales de advertencia de peligro de muerte.

En postes con equipos de compensación se instalarán protecciones para evitar el robo de los contrapesas.

## 4.6 Materiales

Los materiales utilizados en las piezas para el montaje de la catenaria serán los indicados en cada una de las Especificaciones Técnicas correspondientes, planos funcionales, o en su defecto en la normativa aplicable.

## 4.7 Montaje y tolerancias

La forma de proceder para el montaje de los equipos y elementos que componen la Línea Aérea de Contacto, así como las tolerancias admitidas, serán las que se definan en las diversas normas editadas por Adif: Normas Adif Electrificación (NAE). En su defecto aplicarán los Pliegos Técnicos de los proyectos constructivos o los procedimientos específicos aprobados para un equipo determinado.

## 5 NORMATIVA DEROGADA

Adif. "Libro de Línea Aérea de Contacto CA 160/3kV". Madrid: Adif, 2016

## 6 DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAE entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

## 7 NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Líneas aéreas de contacto para tracción eléctrica". UNE-EN 50119. Madrid: AENOR, 2010 + A1:2013.

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Pararrayos y limitadores de tensión para uso específico en sistemas de corriente continua. Parte 1: Pararrayos". UNE-EN 50526-1. Madrid: AENOR, 2012.

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos". UNE-EN 50122-1. Madrid: AENOR, 2011+A1:2011+AC:2012+A2:2016+A3:2017+A4:2017.

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de las redes de tracción". UNE-EN 50163. Madrid: AENOR, 2005+A1:2008+CORR:2010+AC:2013.

MINISTERIO DE FOMENTO. "Instrucción Ferroviaria de Gálivos". Orden FOM/1630/2015. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 4 de agosto de 2015, núm. 185, p. 68208 a 68650.

AENOR. "Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas". UNE-EN 50182. Madrid: AENOR, 2002+AC:2013.

AENOR. "Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento". UNE-EN 1991-1-4. Madrid: AENOR, 2007+AC:2010+A1:2010.

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre)". UNE-EN 50367. Madrid: AENOR, 2012+AC:2013+A1:2016.

AENOR. "Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 2: Instalaciones eléctricas fijas". UNE-EN 50125-2. Madrid: AENOR, 2004+CORR:2010.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión". R.D. 223/2008. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 15 de febrero de 2008, núm. 68, p. 16436 a 16554.

MINISTERIO DE FOMENTO. "Reglamento de Circulación Ferroviaria". R.D. 664/2015. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 18 de julio de 2015, núm.1718, p. 59526 a 59860.

Adif. "Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto". NAE 106. Madrid: Adif, 2ª edición: Junio 2017.

Adif. "Ejecución, montaje de agujas aéreas (Catenaria 3000 V C.C.)". NAE 115. Madrid: Adif, 1ª edición: Junio 2017.

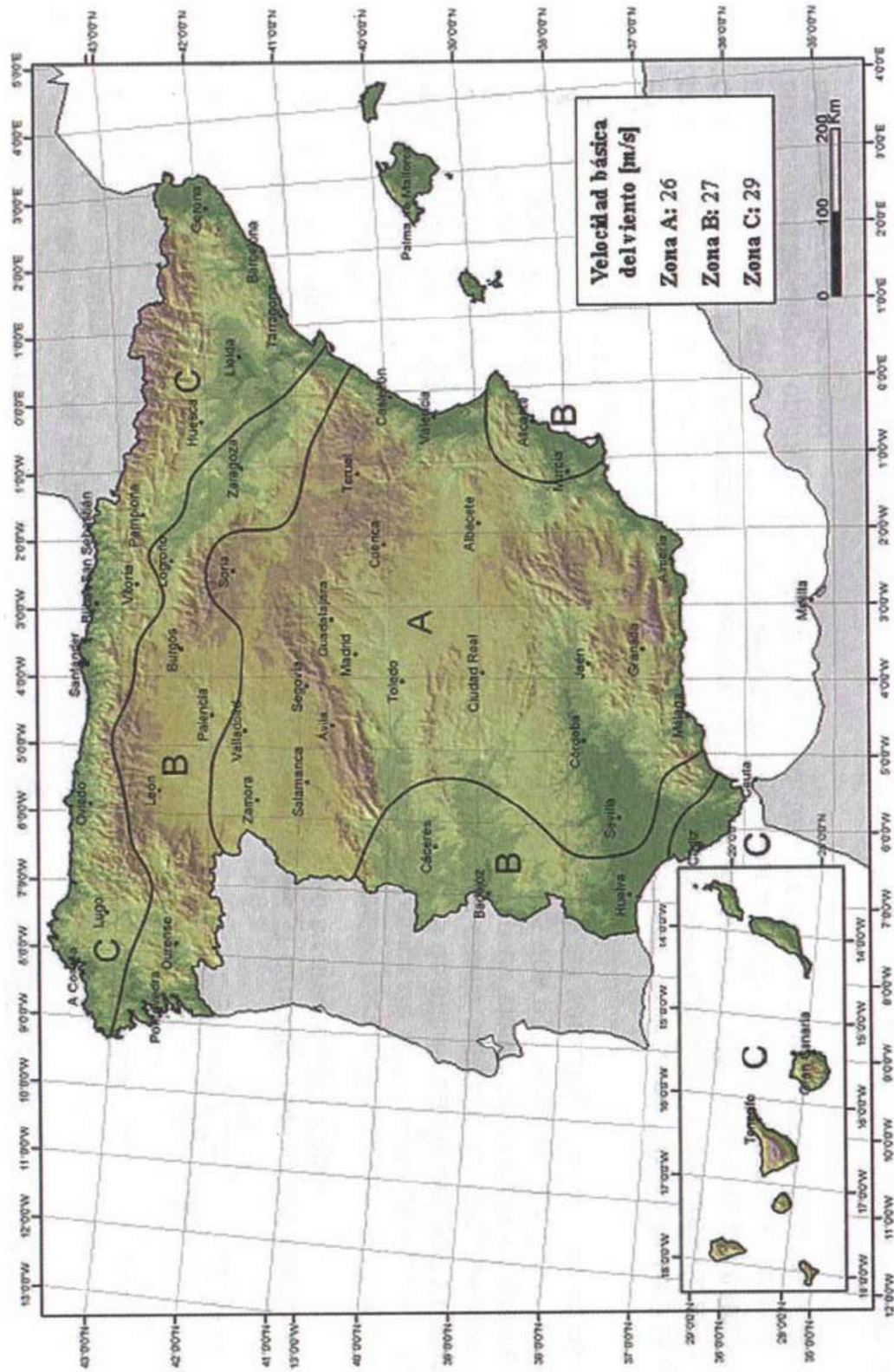
Adif. "Cálculo y montaje del pendolado para líneas aéreas de contacto de corriente continua (líneas convencionales)". NAE 116. Madrid: Adif, 1ª edición: Diciembre 2007.

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-300 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.

Adif, 2019-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACION EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

## I. ANEJO I. MAPA DE VIENTO DE REFERENCIA



## II. ANEJO II. TABLA DE PENDOLAS

CA-160 -3kV (Hilos de contacto de 107-120 mm <sup>2</sup> )					
TABLA DE REFERENCIA SOBRE DISTRIBUCIÓN DE PÉNDOLAS POR PAREJAS					
VÍAS GENERALES					
Vano (m)	Número de Péndolas	Nº de Parejas	Distancia de 1ª péndola al apoyo (m)	Distancia interior par	Distancia entre parejas
60,00	18	9	4,75	0,50	5,75
59,50	18	9	4,70	0,50	5,70
59,00	18	9	4,65	0,50	5,65
58,50	18	9	4,80	0,50	5,55
58,00	18	9	4,75	0,50	5,50
57,50	18	9	4,70	0,50	5,45
57,00	18	9	4,65	0,50	5,40
56,50	18	9	4,80	0,50	5,30
56,00	18	9	4,75	0,50	5,25
55,50	18	9	4,70	0,50	5,20
55,00	18	9	4,65	0,50	5,15
54,50	18	9	4,60	0,50	5,10
54,00	16	8	4,70	0,50	5,80
53,50	16	8	4,80	0,50	5,70
53,00	16	8	4,90	0,50	5,60
52,50	16	8	4,65	0,50	5,60
52,00	16	8	4,75	0,50	5,50
51,50	16	8	4,85	0,50	5,40
51,00	16	8	4,95	0,50	5,30
50,50	16	8	4,70	0,50	5,30
50,00	16	8	4,80	0,50	5,20
49,50	16	8	4,90	0,50	5,10
49,00	16	8	4,65	0,50	5,10
48,50	16	8	4,75	0,50	5,00
48,00	14	7	4,70	0,50	5,85
47,50	14	7	4,75	0,50	5,75

CA-160 -3kV (Hilos de contacto de 107-120 mm <sup>2</sup> )					
TABLA DE REFERENCIA SOBRE DISTRIBUCIÓN DE PÉNDOLAS POR PAREJAS					
VÍAS GENERALES					
Vano (m)	Número de Péndolas	Nº de Parejas	Distancia de 1ª péndola al apoyo (m)	Distancia interior par	Distancia entre parejas
47,00	14	7	4,65	0,50	5,70
46,50	14	7	4,70	0,50	5,60
46,00	14	7	4,75	0,50	5,50
45,50	14	7	4,80	0,50	5,40
45,00	14	7	4,85	0,50	5,30
44,50	14	7	4,60	0,50	5,30
44,00	14	7	4,65	0,50	5,20
43,50	14	7	4,70	0,50	5,10
43,00	14	7	4,75	0,50	5,00
42,50	14	7	4,80	0,50	4,90
42,00	14	7	4,70	0,50	4,85
41,50	12	6	4,75	0,50	5,80
41,00	12	6	4,75	0,50	5,70
40,50	12	6	4,75	0,50	5,60
40,00	12	6	4,75	0,50	5,50
39,50	12	6	4,75	0,50	5,40
39,00	12	6	4,75	0,50	5,30
38,50	12	6	4,75	0,50	5,20
38,00	12	6	4,75	0,50	5,10
37,50	12	6	4,75	0,50	5,00
37,00	12	6	4,75	0,50	4,90
36,50	12	6	4,75	0,50	4,80
36,00	12	6	4,75	0,50	4,70
35,50	10	5	4,70	0,50	5,90
35,00	10	5	4,65	0,50	5,80
34,50	10	5	4,70	0,50	5,65
34,00	10	5	4,75	0,50	5,50

CA-160 -3kV (Hilos de contacto de 107-120 mm <sup>2</sup> )					
TABLA DE REFERENCIA SOBRE DISTRIBUCIÓN DE PÉNDOLAS POR PAREJAS					
VÍAS GENERALES					
Vano (m)	Número de Péndolas	Nº de Parejas	Distancia de 1ª péndola al apoyo (m)	Distancia interior par	Distancia entre parejas
33,50	10	5	4,70	0,50	5,40
33,00	10	5	4,75	0,50	5,25
32,50	10	5	4,70	0,50	5,15
32,00	10	5	4,75	0,50	5,00
31,50	10	5	4,70	0,50	4,90
31,00	10	5	4,75	0,50	4,75
30,50	10	5	4,70	0,50	4,65
30,00	10	5	4,75	0,50	4,50
29,50	10	5	4,70	0,50	4,40
29,00	8	4	4,80	0,50	5,80
28,50	8	4	4,70	0,50	5,70
28,00	8	4	4,75	0,50	5,50
27,50	8	4	4,80	0,50	5,30
27,00	8	4	4,70	0,50	5,20
26,50	8	4	4,75	0,50	5,00
26,00	8	4	4,65	0,50	4,90
25,50	8	4	4,70	0,50	4,70
25,00	8	4	4,75	0,50	4,50
24,50	8	4	4,65	0,50	4,40
24,00	8	4	4,70	0,50	4,20
23,50	8	4	4,60	0,50	4,10
23,00	6	3	4,85	0,50	5,90
22,50	6	3	4,80	0,50	5,70
22,00	6	3	4,75	0,50	5,50
21,50	6	3	4,75	0,50	5,25
21,00	6	3	4,75	0,50	5,00
20,50	6	3	4,75	0,50	4,75

CA-160 -3kV (Hilos de contacto de 107-120 mm <sup>2</sup> )					
TABLA DE REFERENCIA SOBRE DISTRIBUCIÓN DE PÉNDOLAS POR PAREJAS					
VÍAS GENERALES					
Vano (m)	Número de Péndolas	Nº de Parejas	Distancia de 1ª péndola al apoyo (m)	Distancia interior par	Distancia entre parejas
20,00	6	3	4,75	0,50	4,50
19,50	6	3	4,75	0,50	4,25
19,00	6	3	4,75	0,50	4,00

Tabla 43. Distribución de péndolas por parejas vías generales

### III. ANEJO III. TABLA DE SELECCIÓN DE CIMENTACIONES

Se presenta a continuación una tabla de selección de cimentaciones para distintos tipos de postes de catenaria, calculados en las siguientes condiciones de terreno:

$$C_0 = 6 \text{ daN/m}^3$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$\gamma t = 1400 \text{ daN/m}^3$$

$$\tan \alpha = 0.005$$

$$\sigma_{\text{lat}} = 1 \text{ daN/cm}^2$$

Para condiciones diferentes del terreno se deberán calcular las cimentaciones conforme a un método contrastado.

NOTA: En las tablas de abajo las cimentaciones recomendadas en la columna M<sup>+</sup> se aplican cuando los postes presentan momentos de vuelco hacia la vía (que es lo habitual), y las cimentaciones de la columna M<sup>-</sup> se aplican cuando el momento de vuelco es hacia el lado contrario de la vía.

SELECCIÓN DE POSTES			CIMENTACIÓN EN DESMONTE		CIMENTACIÓN EN TERRAPLÉN			ARMADURA	
Tipo poste	M <sub>LS</sub> (daN·m)	H poste (m)	Rectangular	Circular	Rectangular M <sup>+</sup>	Rectangular M <sup>-</sup>	Circular	Tipo	Esperas roscadas Ø (mm)
X2B	6304	7.00	d5	Cd1	t7	t8	Ct1	ARM-2	25
X3B	7446	7.00	d6	Cd1	t8	t9	Ct2	ARM-2	25
X2B ALG	6317	7.40	d5	Cd1	t7	t8	Ct1	ARM-2	25
X3B ALG	7535	7.40	d6	Cd1	t8	t9	Ct2	ARM-2	25
XR2	6829	7.74	d5	Cd1	t8	t8	Ct1	ARM-2	25
XR3	8074	7.74	d6	Cd2	t9	t10	Ct2	ARM-2	25
XR4	9420	7.74	d8	Cd2	t10	t11	Ct3	ARM-2	25
XR4E	8528	8.55	d7	Cd2	t9	t10	Ct2	ARM-2	25
XR5	10911	7.74	d8	Cd4	t11	t12	Ct3	ARM-2	25
Z1	7590	8.75	d6	Cd1	t8	t9	Ct2	ARM-2	25
Z2	8858	8.75	d7	Cd2	t9	t10	Ct2	ARM-2	25
Z3	10263	8.75	d8	Cd2	t10	t11	Ct3	ARM-2	25
Z4	11709	8.75	d9	Cd6	t11	t12	Ct4	ARM-4	40
Z5	13441	8.75	d10	Cd6	t13	t13	Ct6	ARM-4	40
Z1 ALG	8463	9.25	d7	Cd3	t9	t10	ct6	ARM-3	32
Z2 ALG	9882	9.25	d8	Cd3	t10	t11	ct6	ARM-3	32
Z3 ALG	11454	9.25	d8	Cd3	t11	t12	ct6	ARM-3	32
Z4 ALG	13073	9.25	d9	Cd6	t12	t13	Ct6	ARM-4	40



SELECCIÓN DE POSTES			CIMENTACIÓN EN DESMONTE		CIMENTACIÓN EN TERRAPLÉN			ARMADURA	
Tipo poste	M <sub>LS</sub> (daN·m)	H poste (m)	Rectangular	Circular	Rectangular M+	Rectangular M-	Circular	Tipo	Esperas roscadas Ø (mm)
Z5 ALG	15018	9.25	d10	Cd7	t13	t14	Ct6	ARM-4	40
Z5 bis	23798	10.25	d15	Cd7	t19	t16	Ct7	ARM-4	40
Z6bis	33053	10.25	d20	Cd8	t19	t20	Ct8	ARM-4	40
Z6bis ref	33053	10.25	d20	Cd8	t19	t20	Ct8	ARM-4	40
Z6E	30293	10.25	d18	Cd8	t18	t19	Ct8	ARM-4	40

Tabla 44. Selección de macizos para postes tipo X-Z

SELECCIÓN DE POSTES			CIMENTACIÓN EN DESMONTE		CIMENTACIÓN EN TERRAPLÉN			ARMADURA	
Tipo poste	M <sub>LS</sub> (daN·m)	H poste (m)	Rectangular	Circular	Rectangular M+	Rectangular M-	Circular	Tipo	Esperas roscadas Ø (mm)
PG1	240	5400	d4	Cd1	t6	t7	Ct1	ARM-2	25
PG1	260	7100	d5	Cd1	t8	t9	Ct2	ARM-2	25
PG1	280	9200	d7	Cd2	t10	t10	Ct3	ARM-2	25
PG1	300	12000	d9	Cd6	t12	t12	Ct4	ARM-4	40
PG1	340	15000	d10	Cd6	t13	t14	Ct6	ARM-4	40
PG1	360	17700	d11	Cd6	t14	t14	Ct6	ARM-4	40
PG1	400	23600	d15	Cd7	t15	t16	Ct7	ARM-4	40
PG1	450	32700	d20	Cd8	t19	t20	Ct8	ARM-4	40

Tabla 45. Selección de macizos para postes tipo PG1

UTILIZACIÓN	TIPO DE MACIZO
Anclajes cables de telemandos	An5 / Cd-An1
Anclaje cable de tierra	An5 / Cd-An1
Anclaje punto fijo	An6 / Cd-An3
Anclaje de fider	An6 / Cd-An3
Anclajes de sustentador e hilos de contacto	An 7 / An8 (*) / Cd-An4 / Cd-An8 (*)

Tabla 46. Selección de macizos para anclaje

(\*) Para el caso de que los dos tirantes vayan anclados al mismo macizo

## IV. ANEJO IV. PARÁMETROS DINÁMICOS

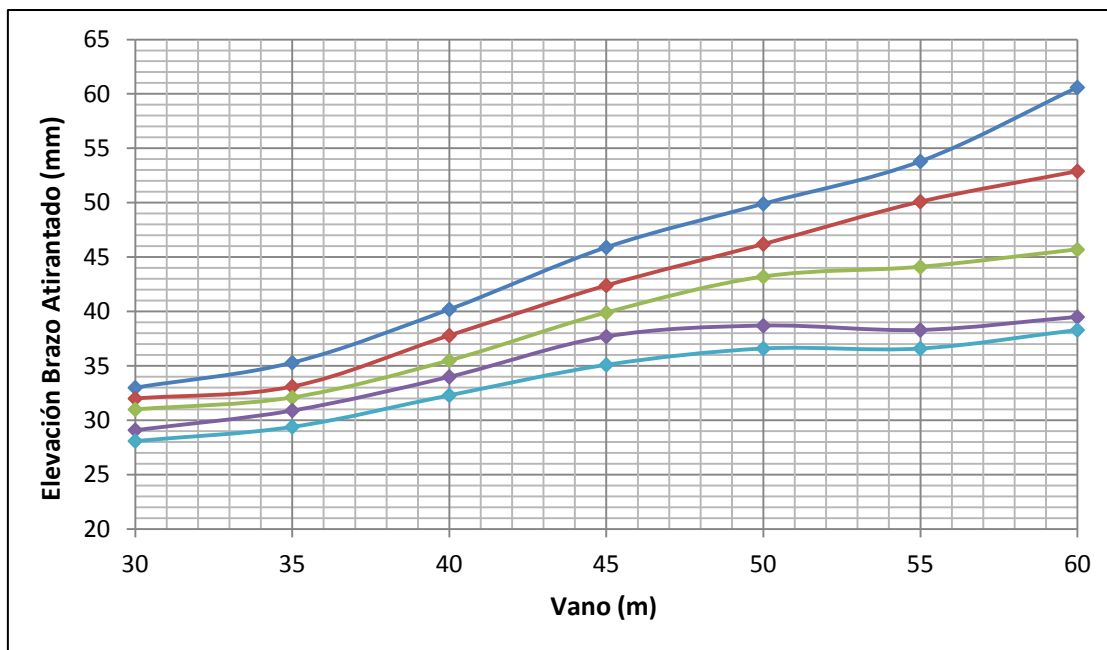


Tabla 47. Elevación dinámica en el brazo de atirantado en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 107 mm<sup>2</sup>/1050 kgf

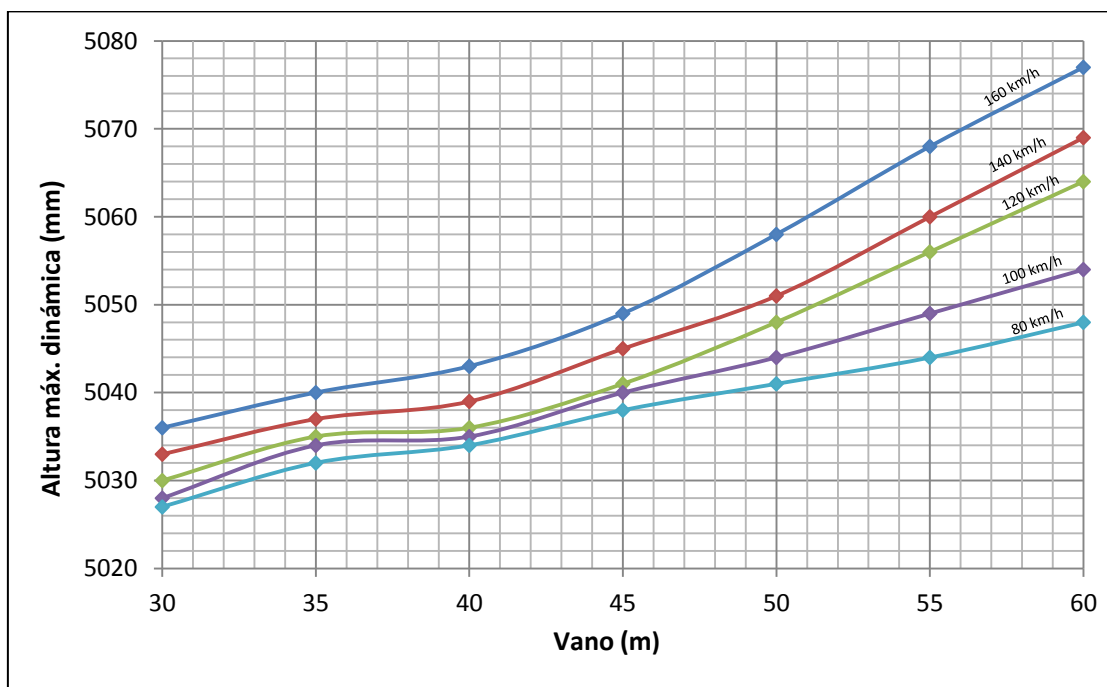


Tabla 48. Altura máxima dinámica en el vano para H<sub>nom</sub> = 5,0 m en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 107 mm<sup>2</sup>/1050 kgf

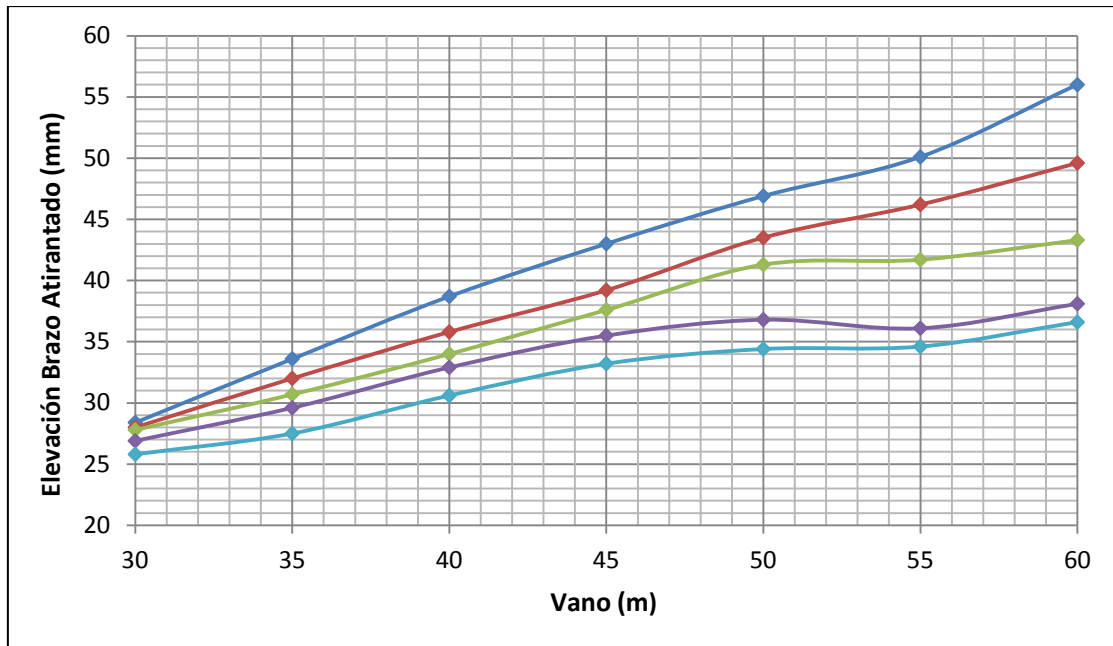


Tabla 49. Elevación dinámica en el brazo de atirantado en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 120 mm<sup>2</sup>/1200 kgf

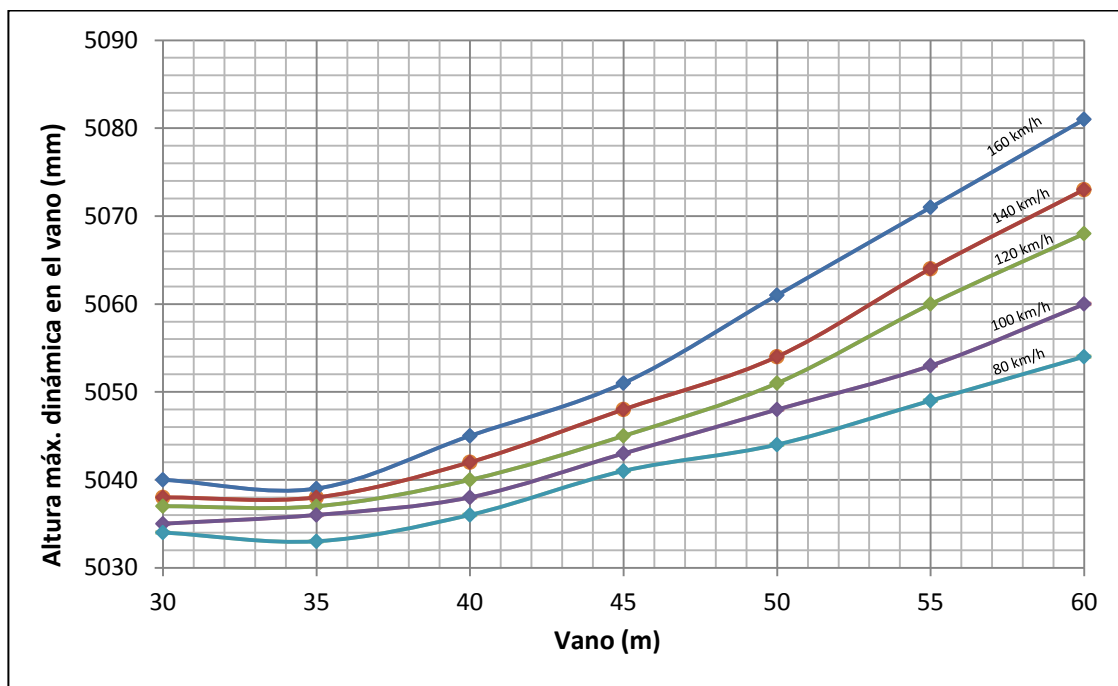


Tabla 50. Altura máxima dinámica en el vano para H<sub>nom</sub> = 5,0 m en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 120 mm<sup>2</sup>/1200 kgf

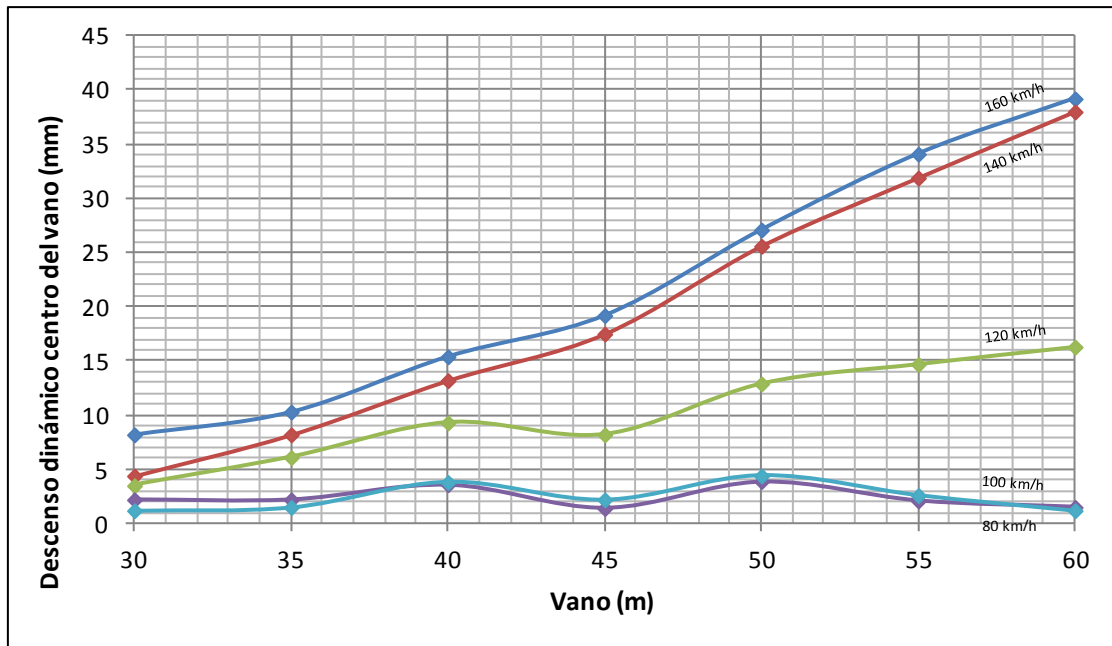


Tabla 51. Descenso dinámico en el centro del vano en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 107 mm<sup>2</sup>/1050 kgf

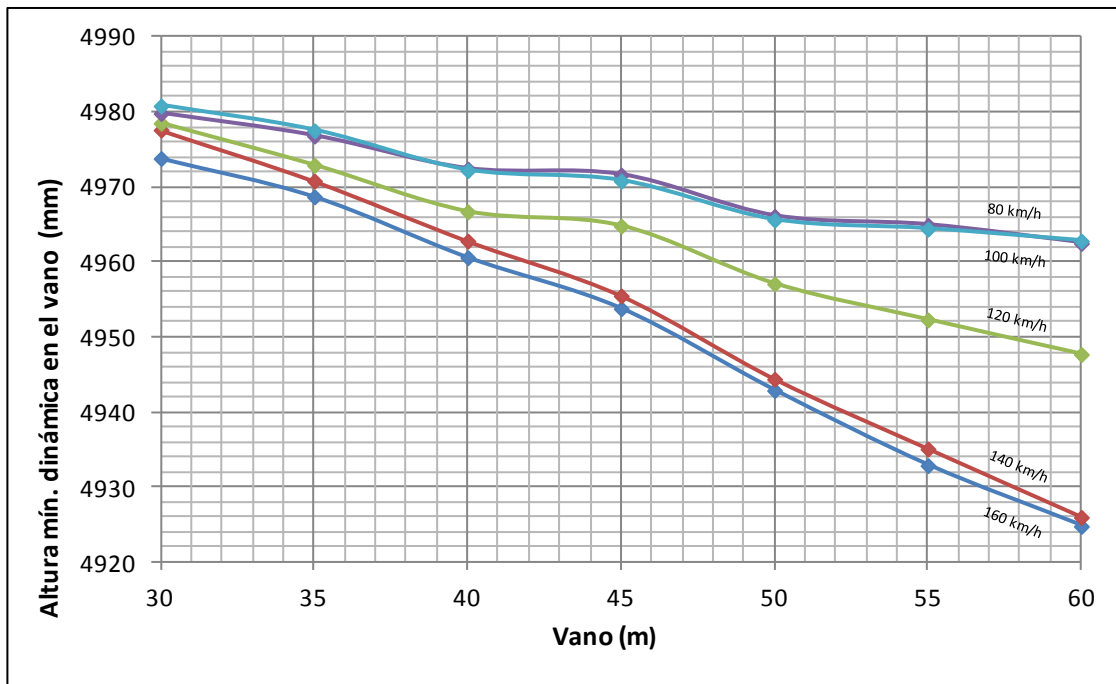


Tabla 52. Altura mínima dinámica en el centro del vano para  $H_{nom} = 5,0$  m en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 107 mm<sup>2</sup>/1050 kgf

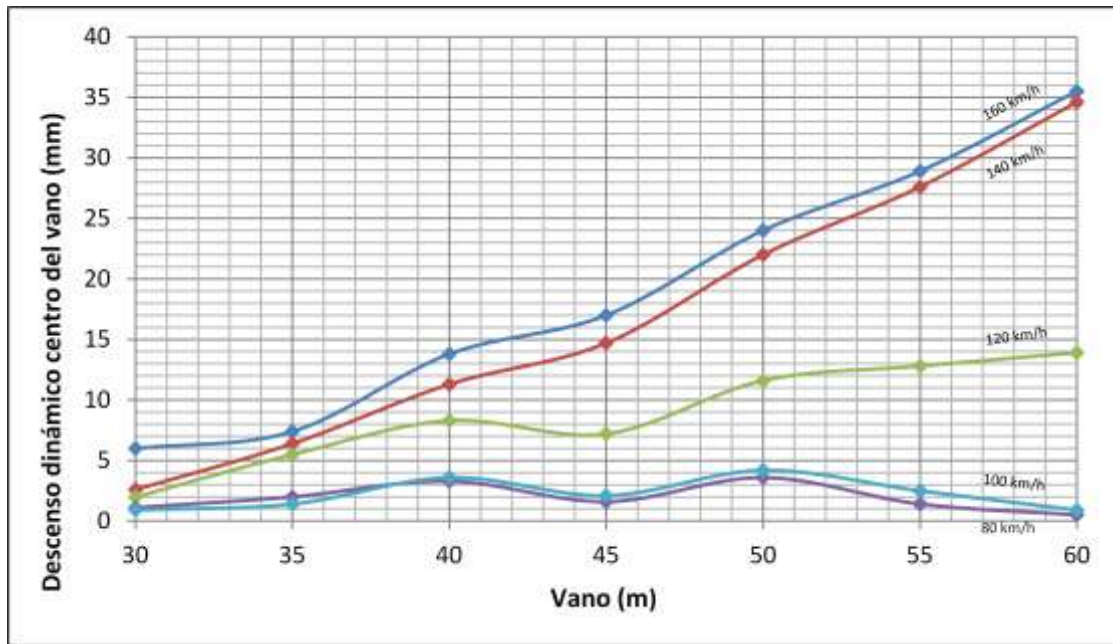


Tabla 53. Descenso dinámico en el centro del vano en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 120 mm<sup>2</sup>/1200 kgf

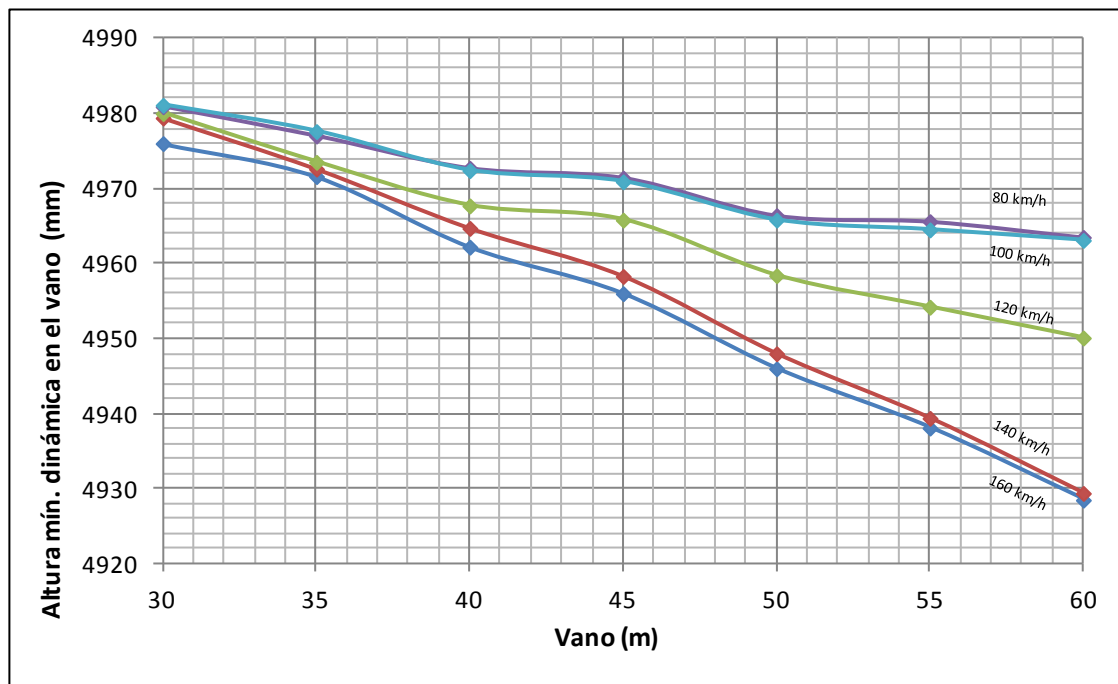


Tabla 54. Altura mínima dinámica en el centro del vano para  $H_{nom} = 5,0$  m en LAC tipo CA-160/3kV con 2HC 120 mm<sup>2</sup>/1200 kgf

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-300 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.  
Adif, 2019-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

