



**MT 2.21.76**  
Edición 02  
Fecha : Mayo 2019

MANUAL TÉCNICO DE DISTRIBUCIÓN

## **PROYECTO TIPO**

### **LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**Doble circuito con conductor de aluminio acero**

**100-AL1/17-ST1A**

**PROYECTO TIPO**  
**LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**  
**Doble circuito con conductor de aluminio acero 100-AL1/17-ST1A**

**ÍNDICE**

	Página
1 OBJETO .....	5
2 CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
3 UTILIZACIÓN .....	5
4 REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES.....	5
5 CARACTERISTICAS .....	6
5.1 Conductor .....	6
5.2 Apoyos.....	7
5.3 Crucetas .....	7
5.4 Señalización de los apoyos .....	7
5.5 Numeración de apoyos.....	7
6 CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	7
6.1 Cálculo eléctrico .....	7
6.2 Cálculo mecánico.....	15
7 NIVEL DE AISLAMIENTO Y FORMACIÓN DE CADENAS .....	20
7.1 Niveles de aislamiento, para zonas de nivel de polución medio (II).....	21
7.2 Niveles de aislamiento, para zonas de nivel de polución muy fuerte (IV).....	21
7.3 Formación de cadenas.....	22
8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	24
8.1 Distancia de los conductores al terreno.....	24
8.2 Distancias entre conductores.....	24
8.3 Distancia mínima entre los conductores y partes puestas a tierra. ....	36
8.4 Paso por zonas. Servidumbres de vuelo.....	37
8.5 Prescripciones especiales .....	42
9 UTILIZACIÓN DE APOYOS Y CRUCETAS .....	42
9.1 Clasificación de los apoyos.....	42
9.2 Características resistentes y dimensiones de los apoyos.....	42
9.3 Características resistentes de las crucetas .....	46
9.4 Cargas permanentes .....	47
9.5 Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de suspensión .....	49
9.6 Apoyo de alineación o ángulo y cadenas de amarre .....	51
9.7 Apoyos de anclaje.....	52
9.8 Apoyos de principio o final de línea .....	52
9.9 Apoyos de derivación. Hipótesis de cálculo .....	53
10 CIMENTACIONES.....	56
11 TOMAS DE TIERRA.....	56
12 CÁLCULO INCLINACIÓN DE CADENAS .....	56
13 CAMPOS ELECTROMAGNETICOS.....	60
14 REQUISITOS MEDIOAMBIENTALES .....	60
15 REDES INTELIGENTES. TELECOMUNICACIONES .....	60
Anexo A - Documentación de cada proyecto.....	61
Anexo B - Gráficos de utilización de apoyos.....	65
Anexo C - Tablas de tendido.....	118
Anexo D - Planos .....	125
Anexo E - Cimentaciones para apoyos y puestas a tierra.....	143
Anexo F - Determinación de la intensidad máxima en el conductor por transferencia de calor .....	155

## 1 OBJETO

Este documento constituye el Proyecto Tipo de i-DE Grupo Iberdrola (en adelante i-DE), y justifica todos los datos técnicos necesarios para el diseño, cálculo y construcción de líneas aéreas de Alta Tensión, de tensión nominal igual o inferior a 20 kV realizadas con conductores de aluminio acero, de 116,7 mm<sup>2</sup> de sección, para una disposición de los conductores en doble circuito con un conductor por fase.

Al quedar justificados en este documento todos los aspectos técnicos para las diferentes situaciones, bastará la aportación de los detalles singulares de cada línea en proyecto, para que la misma quede totalmente definida, haciendo innecesaria la redacción en cada caso de un proyecto detallado.

Se pretende de esta forma facilitar la labor, tanto de los organismos oficiales como de los departamentos de proyectos de las empresas, en la tramitación oficial para la obtención de la Autorización Administrativa, Autorización de Ejecución y Declaración en concreto de Utilidad Pública.

## 2 CAMPO DE APLICACIÓN

Este Manual Técnico (MT) se refiere a las líneas reseñadas en cuanto a tensión de servicio, apoyos y conductor, en condiciones de sobrecarga y de terreno normales.

Aquellas líneas que discurren por zonas especiales como, terrenos pantanosos, marismas, etc., o que tengan alguna peculiaridad no contemplada en el presente manual, deberán disponer de un proyecto técnico especial.

Será de aplicación también para aquellas líneas que, por las características técnicas de la zona, tengan que alimentarse a tensión inferior a 20 kV y se explotarán en una primera etapa a la tensión nominal de la red a la que hayan de conectarse.

Los documentos informativos recogidos en el Anexo B del MT 2.03.20 no han sido aprobadas por la Administración y por tanto tienen únicamente carácter informativo. En todos estos casos podrán utilizarse bien las soluciones propuestas en dichos documentos, o bien otras especificaciones o referencias normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista.

## 3 UTILIZACIÓN

Cada proyecto concreto, redactado de acuerdo con el presente Proyecto Tipo, se completará con las particularidades específicas del mismo que se describen en los anexos.

Por otro lado, servirá de base genérica para la tramitación oficial de cada obra, en cuanto a la autorización administrativa, aprobación del proyecto de ejecución y declaración en concreto de utilidad pública, sin más requisitos que la presentación, en proyecto simplificado, de las características particulares de la misma, haciendo constar que su diseño se ha realizado de acuerdo con el presente Proyecto Tipo.

## 4 REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES

En la redacción se han tenido en cuenta todas y cada una de las especificaciones contenidas en:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión (en adelante RLAT) y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 (Decreto 223/2008, de 15 de febrero).
- Real decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión.

Asimismo se ha tenido en cuenta lo establecido en las normas UNE y documentos NI.

A los efectos de Autorizaciones Administrativas de Declaración en Concreto de Utilidad Pública y ocupaciones de terreno, e imposición de servidumbre, se aplicará lo previsto en la Ley 54/1997 de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico (LSE) en todo aquello en que esté en vigor, y en aquellos puntos que no estén desarrollados, lo establecido en la Ley 40/1994, de 30 de diciembre de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional, y en el Reglamento para su aplicación, aprobado por Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

## 5 CARACTERISTICAS

### 5.1 Conductor

Los conductores que contempla este Proyecto Tipo son de aluminio-acero galvanizado de 116,7 mm<sup>2</sup> de sección, según Norma UNE 21016, los cuales están en el documento NI 54.63.01 y cuyas características principales son:

Designación	100-AL1/17-ST1A
Sección de aluminio, mm <sup>2</sup>	100
Sección de acero, mm <sup>2</sup>	16,7
Sección total, mm <sup>2</sup>	116,7
Composición	6+1
Diámetro de los alambres, mm	4,61
Diámetro aparente, mm	13,8
Carga mínima de rotura, daN	3433
Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup>	7900
Coefficiente de dilatación lineal, °C <sup>-1</sup>	0,0000191
Masa aproximada, kg/km.	404
Resistencia eléctrica a 20°C, Ω/km.	0,2869
Densidad de corriente, A/mm <sup>2</sup>	2,795

A efectos de cálculos mecánicos y de cálculos eléctricos si bien reglamentariamente la temperatura a considerar máxima es de 50°C, i-DE para el tipo de líneas que nos ocupa considera una temperatura máxima de explotación de 85°C, situándonos con ello siempre del lado de la seguridad en lo que afecta a distancias entre conductores, entre estos y el terreno, vías de comunicación, cruzamientos, etc.

La tracción máxima en el conductor, viene indicada en las tablas de tendido que se incluyen dentro de este proyecto tipo, y no sobrepasará, en ningún caso, el tercio de la carga de rotura del mismo. La tracción en el conductor a 15°C y calma, no sobrepasará el 15% de la carga de rotura del mismo.

El recubrimiento de zinc, de los hilos de acero, cumple con los requisitos especificados en la Norma UNE-EN 50189.

## **5.2 Apoyos**

Los apoyos a emplear serán de perfiles metálicos de celosía (UNE 207017) según documento NI 52.10.01.

## **5.3 Crucetas**

Con carácter general, las crucetas a utilizar serán metálicas, de 2 m y 2,50 m de envergadura, distanciadas verticalmente 1,80 m. Las primeras se emplearán para las fases superior e inferior y las segundas para la fase intermedia, pudiendo tomarse como referencia para las mismas el documento informativo NI 52.31.02, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista

Su diseño responde a las nuevas exigencias de distancias entre conductores y accesorios en tensión a apoyos y elementos metálicos, y donde se requiera. Para la protección de la avifauna se tomarán como referencia informativa las soluciones indicadas en el MT 2.22.01 u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista.

Cuando así se requiera por separación entre conductores, se podrán adoptar separaciones verticales de 2,40 m con crucetas de 2 m y 2,50 m, o bien de 2,5 m y 3 m. En estos dos últimos casos, será necesario instalar en la cabeza de los apoyos un extensionamiento según se indica en el documento NI 52.10.01

## **5.4 Señalización de los apoyos**

Todos los apoyos llevarán instalada una placa de señalización de riesgo eléctrico tipo CE 14, pudiendo tomarse como referencia para los mismos el documento informativo NI 29.00.00, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista.

## **5.5 Numeración de apoyos**

Todos los apoyos se numerarán, ajustándose dicha numeración a la dada en el proyecto, empleando para ello placas y números de señalización pudiendo tomarse como referencia para los mismos el documento informativo NI 29.05.01, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista

# **6 CÁLCULO DE CONDUCTORES**

En este capítulo se trata de los cálculos eléctricos y mecánicos de los conductores y cuyas características han quedado reflejadas en el apartado 6.1.

## **6.1 Cálculo eléctrico**

### **a) Densidad máxima de corriente admisible**

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce del apartado 4.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

De la tabla 11 del indicado apartado e interpolando entre las secciones inmediatamente superior e inferior a la del conductor en estudio, para conductores de aluminio la densidad de corriente tiene como valor:

$$\sigma_{Al} = 2,983 \quad A/mm^2$$

Teniendo presente la composición del cable, que es 6+1, el coeficiente de reducción (CR), a aplicar será de 0,937, con lo que la intensidad nominal del conductor será:

$$\sigma_{Al-ac} = \sigma_{Al} \cdot CR = 2,983 \cdot 0,937 = 2,795 \quad A/mm^2$$

Por lo tanto, la intensidad máxima admisible es:

$$I_{M\acute{a}x.} = \sigma_{Al-ac} \cdot S = 2,795 \cdot 116,7 = 326,18 \quad A$$

### b) Densidad máxima de corriente admisible por transferencia de calor

El actual RLAT no considera las condiciones ambientales donde está emplazado el conductor, ni las temperaturas alcanzadas por el mismo, cuando se calculan las intensidades máximas admisibles por el conductor mediante el empleo de la tabla 11 del apartado 4.2 de la ITC-LAT 07.

Según el “Brochure on thermal behavior of overhead conductors” de la CIGRE. SC 22, WG12, se pueden determinar las intensidades admisibles en los conductores con las consideraciones de las condiciones ambientales y teniendo en cuenta la temperatura máxima alcanzada por el conductor. La formulación correspondiente se incluye en el anexo F, del presente Proyecto Tipo.

El presente proyecto tipo considera el emplazamiento del conductor en tres zonas perfectamente diferenciadas cuyas condiciones ambientales más severas, para cada una de ellas, se indican en la tabla siguiente:

Condiciones ambientales	País Vasco y Cantabria Provincia más severa: Álava		Comunidad Valenciana, Castilla y León, Navarra y Rioja Provincia más severa: Alicante		Castilla-La Mancha, Extremadura, Madrid y Murcia Provincia más severa: Toledo	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Temperatura ambiente (°C)	25	9	31	15	34	11
Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	311	152	496	264	548	341
Velocidad de viento (m/s)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Inclinación del viento sobre el conductor (grados)	45	45	45	45	45	45
Coefficiente de absorción	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Coefficiente de emisividad	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Altitud de la línea (m) (*)	600	600	600	600	600	600
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(\*) Se ha tomado la altitud media de 600 m como valor medio, teniendo en cuenta que tanto en altitudes inferiores como superiores, los valores de la intensidad máxima admisible varía muy poco.

Para las condiciones ambientales establecidas anteriormente, y considerando que el conductor debe de alcanzar como máximo una temperatura de 85°C, la intensidad admisible en el conductor resulta:

Emplazamiento	Intensidad máxima admisible en verano $I_{M\acute{a}x}$ (A)	Intensidad máxima admisible en invierno $I_{M\acute{a}x}$ (A)
País Vasco y Cantabria	397,7	449,8
Comunidad Valenciana, Castilla y León, Navarra y Rioja	372,8	430
Castilla-La Mancha, Extremadura, Madrid y Murcia	360,7	440,1

### 6.1.2 Reactancia aparente

La reactancia kilométrica de la línea, se calcula empleando la siguiente expresión:

$$X = \omega L = 2\pi f L \quad \Omega/km.$$

y sustituyendo  $L$ , coeficiente de autoinducción, por la expresión:

$$L = \left[ 0,5 + 4,605 \cdot \text{Log}\left(\frac{D}{r}\right) \right] \cdot 10^{-4} \quad (H/km)$$

Se obtiene:

$$X = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left[ 0,5 + 4,605 \text{Log}\left(\frac{D}{r}\right) \right] \cdot 10^{-4} \quad (\Omega/km)$$

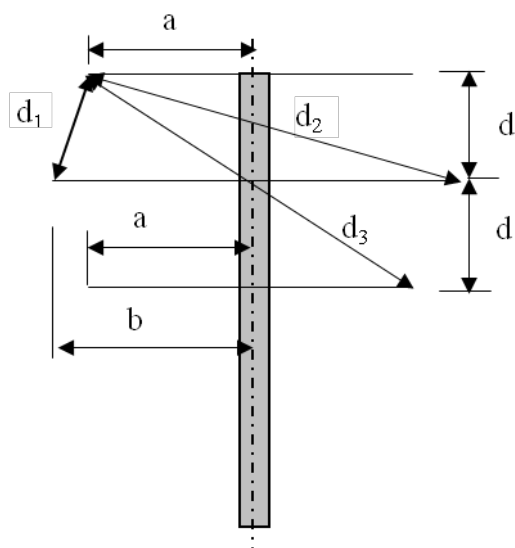
Donde:

- $X$  = Reactancia aparente en ohmios por kilómetro
- $f$  = Frecuencia de la red en hercios = 50
- $D$  = Separación media geométrica entre conductores en milímetros
- $r$  = Radio del conductor en milímetros.

El valor  $D$  se determina a partir de las distancias entre conductores  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$  que proporcionan las crucetas elegidas, representadas en los planos.

$$D = \sqrt[3]{d_1 \cdot d_2 \cdot \sqrt{2 \cdot d \cdot d_3}}$$

Los valores de las distancias:  $D$ ,  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$  y el valor correspondiente de la reactancia  $X$ , se indica en la tabla siguiente:



D	a	b	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	X
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Ω/km
3410	1000	1250	2400	2413	3290	5200	0,4054
2722	1000	1250	1800	1817	2881	4118	0,3913

A efectos de simplificación y por ser valores muy próximos emplearemos el valor medio:

$$X = 0,398 \text{ } \Omega/\text{km}$$

### 6.1.3 Caída de tensión

La caída de tensión debido a la resistencia y reactancia de la línea (despreciando la influencia de la capacidad y la perdictancia) viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot L$$

Donde:

- $\Delta U$  = Caída de la tensión compuesta, expresada en V
- $I$  = Intensidad de la línea en A
- $X$  = Reactancia por fase en  $\Omega/\text{km}$
- $R$  = Resistencia por fase en  $\Omega/\text{km}$
- $\cos \varphi$  = factor de potencia
- $L$  = Longitud de la línea en kilómetros

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad A$$

Siendo:

- $P$  = Potencia transportada en kilovatios.
- $U$  = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

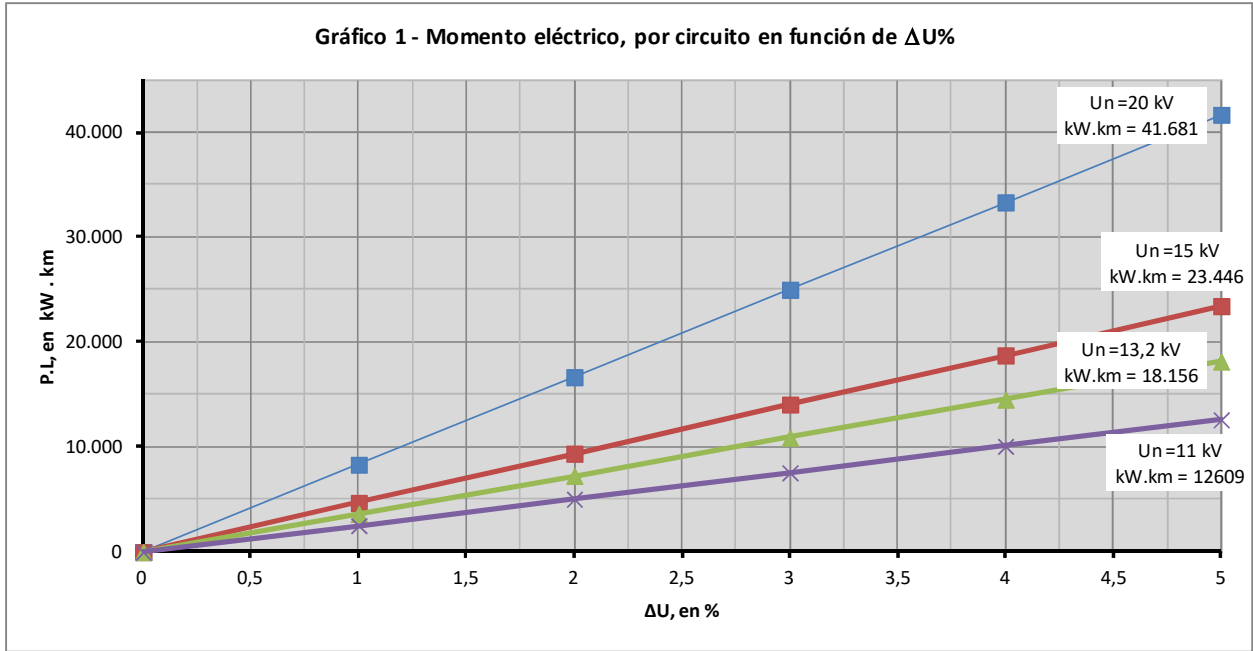
La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot \Delta U}{U} = \frac{P \cdot L \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{10 \cdot U^2}$$

En el Gráfico 1, se representa la caída de tensión, por circuito, en función del momento eléctrico PL, para  $\cos \varphi = 0,9$  y tensiones nominales de 20 kV, 15 kV, 13,2 kV y 11 kV, cuyos valores de momento eléctrico en función de tensión nominal y caída de tensión del 5% son:



Un (kV)	ΔU (%)	PL (kW.km)
20	5	41.681
15	5	23.446
13,2	5	18.156
11	5	12.609



Para la confección del grafico anterior el valor de la resistencia se ha tomado a 20°C.

En el gráfico 1-bis, se representa el momento eléctrico para 20 kV y diferentes temperaturas.

Para obtener el valor de la resistencia a diferentes temperaturas emplearemos la expresión siguiente:

$$R_{\theta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20^{\circ}\text{C})) \quad \Omega/\text{km}$$

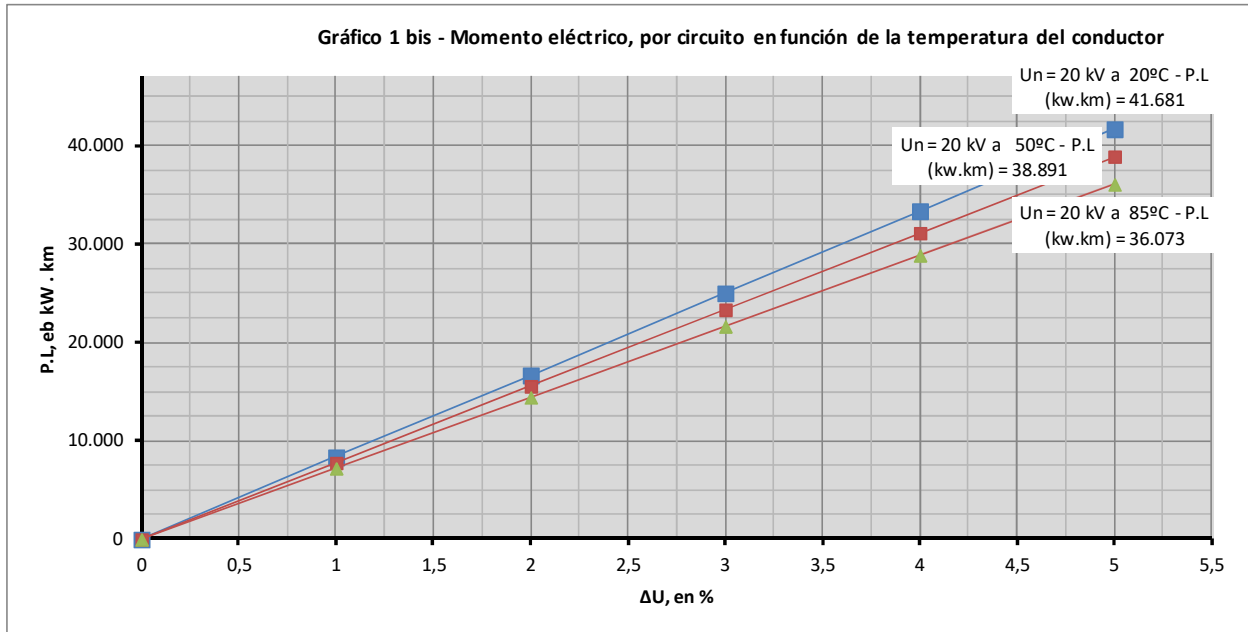
Siendo:

- $R_{20}$  = Resistencia eléctrica a 20°C, en  $\Omega/\text{km} = 0,2869$
- $\alpha$  = Coeficiente de temperatura, en  $^{\circ}\text{C}^{-1} = 0,004$
- $R_{\theta}$  = Resistencia eléctrica a  $\theta^{\circ}\text{C}$ , en  $\Omega/\text{km}$

Para diferentes temperaturas la resistencia y la impedancia longitudinal específica ( $R + X \cdot \tan \phi$ ) de los conductores serán:

Temperatura °C	Resistencia Ω/km	R+ X . tang φ Ω/km.	Momento Eléctrico, a 20 kV, en kW. Km, para diferentes valores de U%				
			1%	2%	3%	4%	5%
20	0,2869	0,4798	8.336	16.672	25.009	33.345	41.681
50	0,3213	0,5143	7.778	15.556	23.334	31.113	38.891
85	0,3615	0,5544	7.215	14.429	21.644	28.859	36.073

Para 20 kV, en el Gráfico 1 bis, se representan las trazas del momento electro en función las diferentes temperaturas y la caída de tensión porcentual.



A igual caída de tensión y longitud, un conductor a 20°C, puede trasportar un 7,18 % más de potencia que a 50°C y un 15,55% más de potencia que a 85°C.

#### 6.1.4 Potencia a transportar

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La máxima potencia a transportar por circuito limitada por la intensidad máxima es:

$$P_{M\acute{a}x.} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{M\acute{a}x.} \cdot \cos \varphi \quad kW$$

Siendo la corriente máxima para cada zona climática:

Emplazamiento	Provincia más severa	I <sub>Máx</sub> admisible I <sub>Máx</sub> (A)	P <sub>Máx</sub> a transportar (kW) a:			
			20 kV	15 kV	13,2 kV	11 kV
País Vasco y Cantabria	Álava	397,70	12.399	9.299	8.183	6.819
Castilla y León, Navarra y Rioja	Alicante	372,80	11.623	8.717	7.671	6.393
Castilla-La Mancha, Extremadura, Madrid y Murcia	Toledo	360,70	11.246	8.434	7.422	6.185
Según RLAT		326,18	10.169	7.627	6.712	5.593

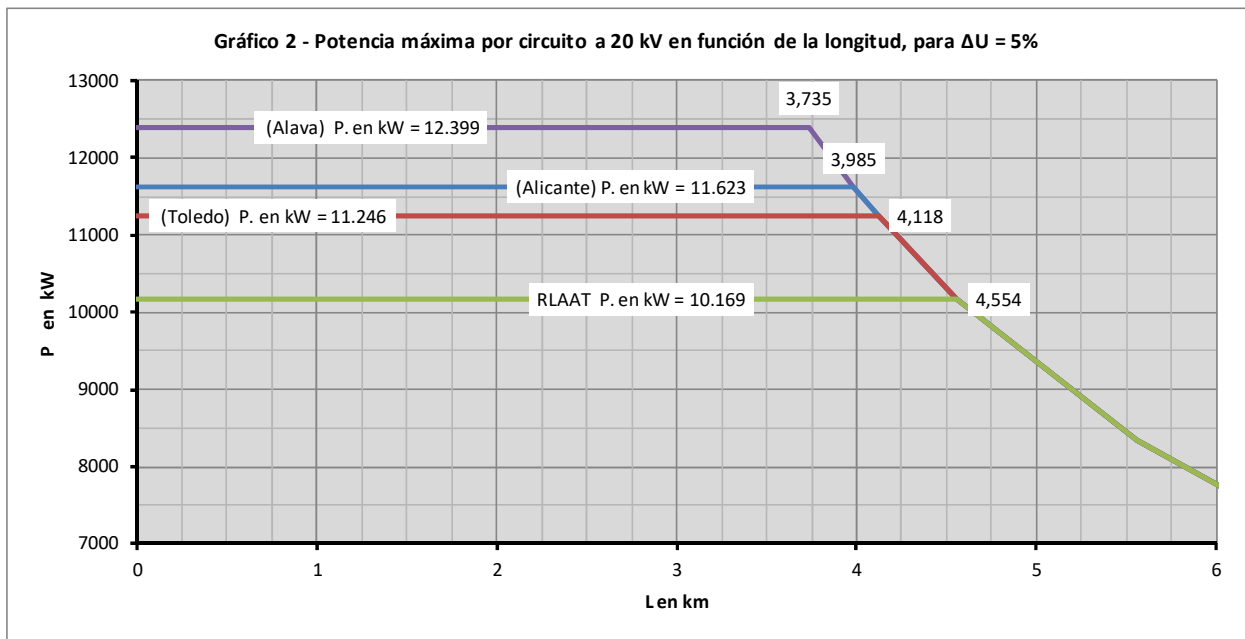
La potencia que puede transportar la línea dependiendo de la longitud y de la caída de tensión, es:

$$P = \frac{10 \cdot U^2 \cdot \Delta U(\%)}{(R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi) \cdot L} \quad kW$$

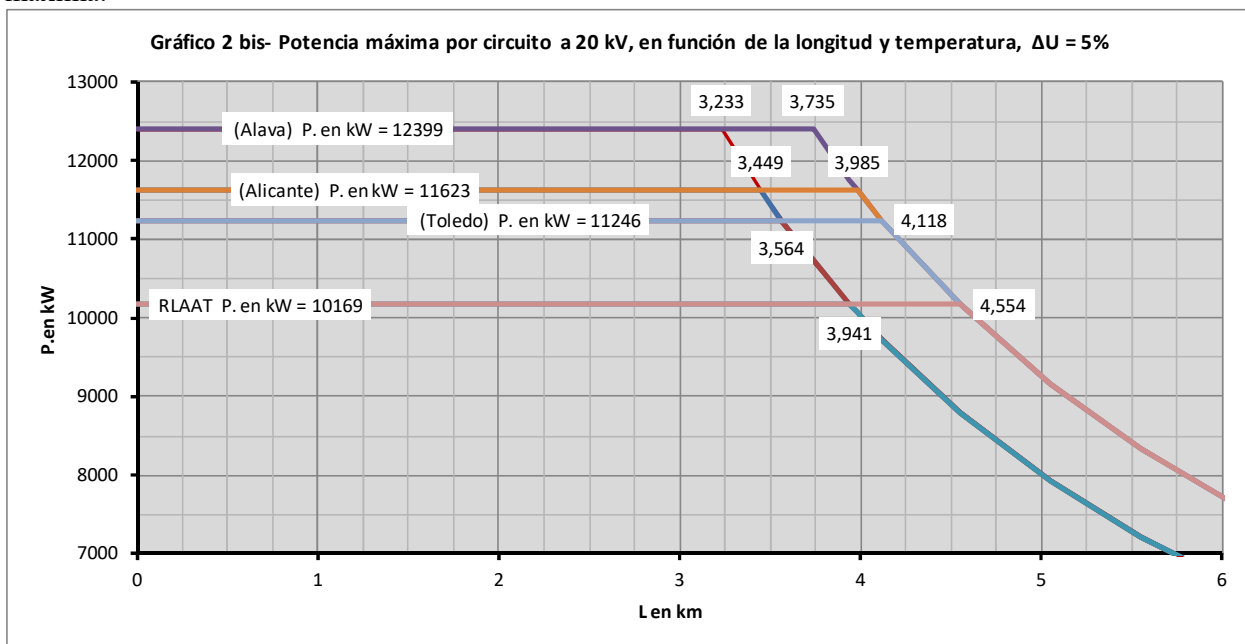
Sustituyendo los valores conocidos de  $U$ ,  $R$  y  $X$ , para un  $\cos \varphi = 0,90$ , en el gráfico núm.2, para  $\Delta U (\%) = 5$ , se representa la potencia máxima a transportar por circuito  $P$ , en kW, en función de la longitud  $L$ , expresada en km, para una temperatura del conductor de 20°C.

Las longitudes máximas a las que pueden transportarse la potencia máxima para una caída de tensión del 5%, dependiendo de la zona en que nos encontremos será:

Provincia más severa	Longitud máxima, a la que se puede transportar la potencia máxima; para $\Delta U = 5\%$ (km)
Álava	3,735
Alicante	3,985
Toledo	4,118
Según RLAT	4,554



Para temperaturas de 20°C y 85°C, en el Gráfico 2bis, se representan los valores de la potencia máxima.



En general un conductor a 20°C, puede transportar un 15,55% más de potencia que a 85°C, para un  $\Delta U=5\%$ .

### 6.1.5 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

Donde:  $\Delta P$  = Pérdida de potencia en vatios

La pérdida de potencia en tanto por ciento es:

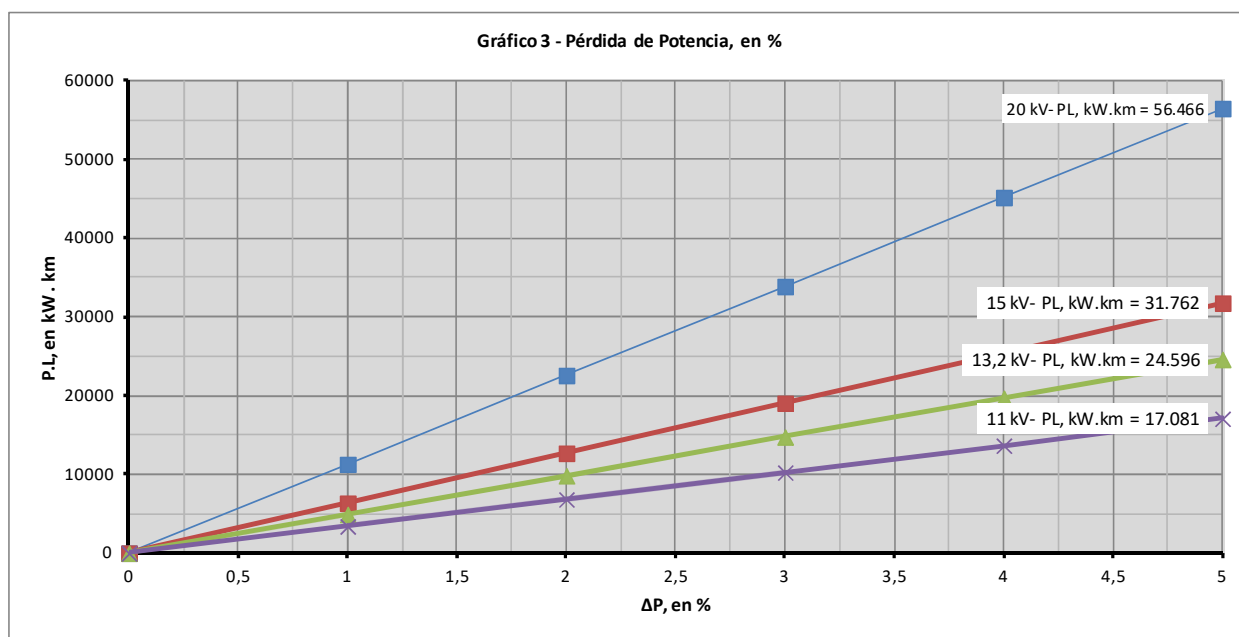
$$\Delta P(\%) = \frac{P.L.R}{10.U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Donde cada variable se expresa en las unidades anteriormente expuestas.

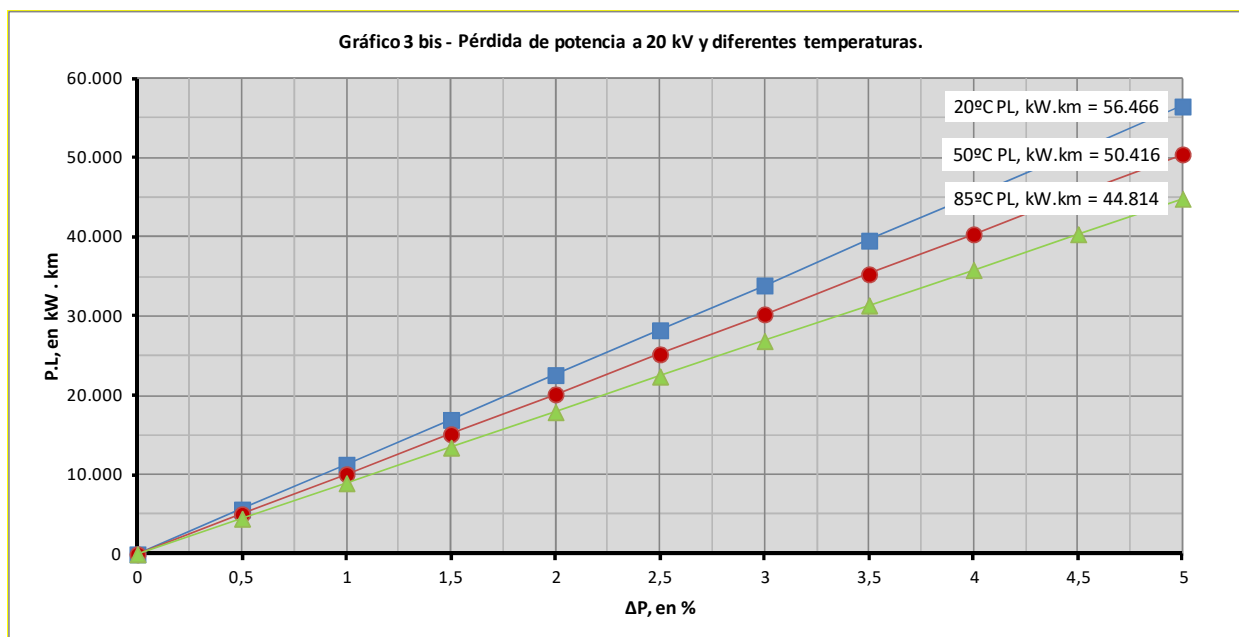
Sustituyendo los valores conocidos de  $R$  y  $U$ , se tiene para un  $\cos \varphi = 0,90$ :

U (kV)	20	15	13,2	11
$\Delta P$ (%)	0,00008855. PL	0,00015742. PL	0,000203281. PL	0,000292725. PL

Esta función se representa en el Gráfico 3.



En el Gráfico 3bis, representamos para 20 kV y temperaturas del conductor de 20°C, 50°C y 85°C, las pérdidas de potencia.



A igualdad de longitud y potencia, la pérdida de potencia de un conductor a 85°C, es superior respecto a un conductor a 20°C, en un 26,00%.

## 6.2 Cálculo mecánico

El cálculo mecánico del conductor se realiza teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- Que el coeficiente de seguridad a la rotura sea como mínimo igual a 3 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tracción de los conductores.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones, en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que la tracción de los conductores a 15°C, sobrecarga, no exceda del 15% de la carga de rotura.
- Cumpliendo las condiciones anteriores se contempla una tercera, que consiste en ajustar los tenses máximos a valores inferiores y próximos a los esfuerzos nominales de apoyos normalizados.

Al establecer la condición a) se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis en el cálculo de los apoyos de alineación y de ángulo, ya que en ningún caso las líneas que se proyecten deberán tener apoyos de anclaje distanciados a más de 3 km. (ITC-LAT 07 apartado 3.5.3).

Al establecer la condición c) se tiene en cuenta el tense límite dinámico del conductor bajo el punto de vista del fenómeno vibratorio eólico del mismo. EDS (tensión de cada día, Every Day Stress). (ITC-LAT 07 apartado 3.2.2).

Ateniéndonos a las condiciones anteriores establecemos para las tres zonas reglamentarias, (A, B y C) una carga mecánica del conductor a 15°C, sin sobrecarga de 514,95 daN, valor equivalente al 15% de la carga de rotura. A efectos de tracción máxima establecemos el valor máximo de 1100 daN en las tres zonas reglamentarias (A, B y C) con lo que se garantiza un coeficiente de seguridad superior a 3. Para líneas de pequeña longitud y con ángulos fuertes adoptamos tenses reducidos de 800 daN en las tres zonas reglamentarias (A, B y C). Las condiciones que se establecen en la tabla 4 y el apartado

3.2.3 de la ITC-LAT 07 sobre la tracción y flecha máxima, aplicadas al tipo de línea y conductor se indican en la siguiente tabla.

<b>ZONA A</b>					
<b>Hipótesis</b>	<b>VIENTO</b>				
Tracción Máxima 1100	Presión daN/m <sup>2</sup>	Sobrecarga daN/m	Peso daN/m	Peso + sobrecarga daN/m	Temperatura °C
	60	0,828	0,396	0,918	-5
Flecha máx. Viento	60	0,828	0,396	0,918	15
Flecha máx. Calma				0,396	85

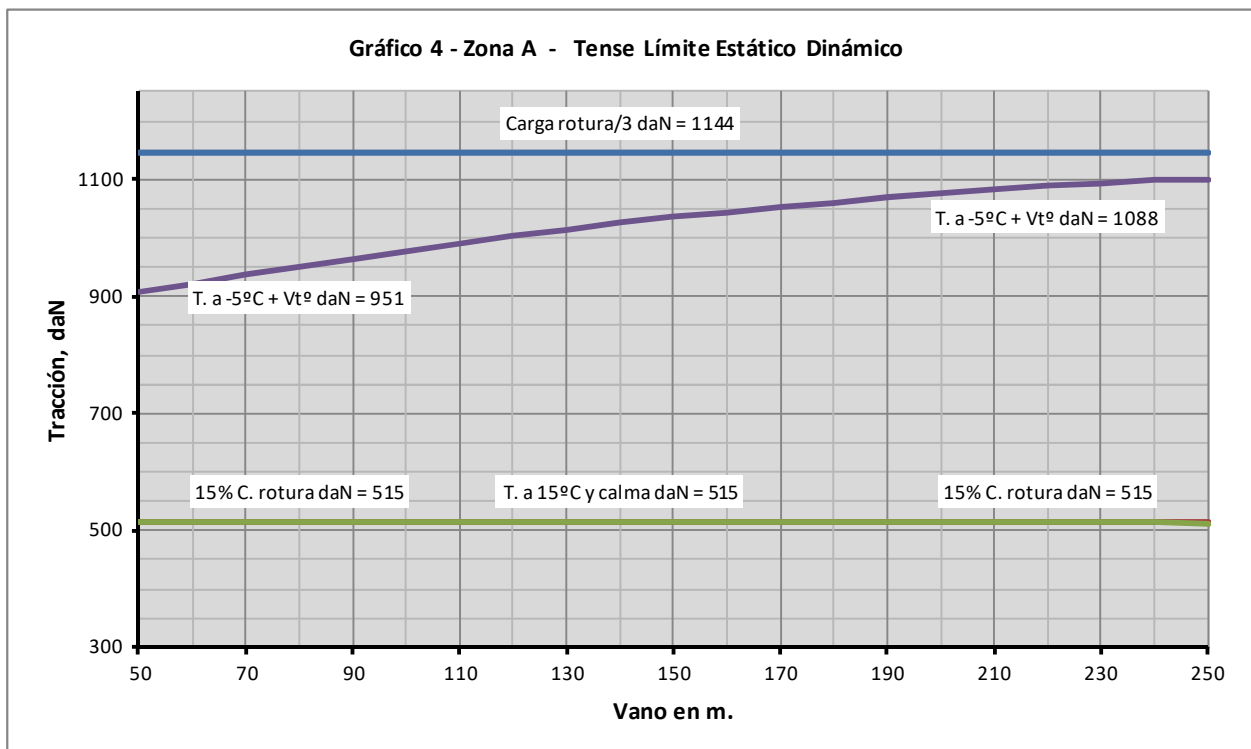
<b>ZONA B</b>					
<b>Hipótesis</b>	<b>VIENTO</b>				
Tracción Máxima	Presión daN/m <sup>2</sup>	Sobrecarga daN/m	Peso daN/m	Peso + sobrecarga daN/m	Temperatura °C
	60	0,828	0,396	0,918	-10
Flecha máx. Viento	60	0,828	0,396	0,918	15
Flecha máx. Calma				0,396	85
<b>Hipótesis</b>	<b>HIELO</b>				
Tracción Máxima 1100	Sobrecarga $0,18 \cdot \sqrt{d}$ daN/m		Peso daN/m	Peso + sobrecarga daN/m	Temperatura °C
	0,669		0,396	1,065	-15
Flecha máx. Hielo	0,669		0,396	1,065	0
<b>ZONA C</b>					
<b>Hipótesis</b>	<b>VIENTO</b>				
Tracción Máxima	Presión daN/m <sup>2</sup>	Sobrecarga daN/m	Peso daN/m	Peso + sobrecarga daN/m	Temperatura °C
	60	0,828	0,396	0,918	-10
Flecha máx. Viento	60	0,828	0,396	0,918	15
Flecha máx. Calma				0,396	85
<b>Hipótesis</b>	<b>HIELO</b>				
Tracción Máxima 1100	Sobrecarga $0,36 \cdot \sqrt{d}$ daN/m		Peso daN/m	Peso + sobrecarga daN/m	Temperatura °C
	1,337		0,396	1,734	-20
Flecha máx. Hielo	1,337		0,396	1,734	0

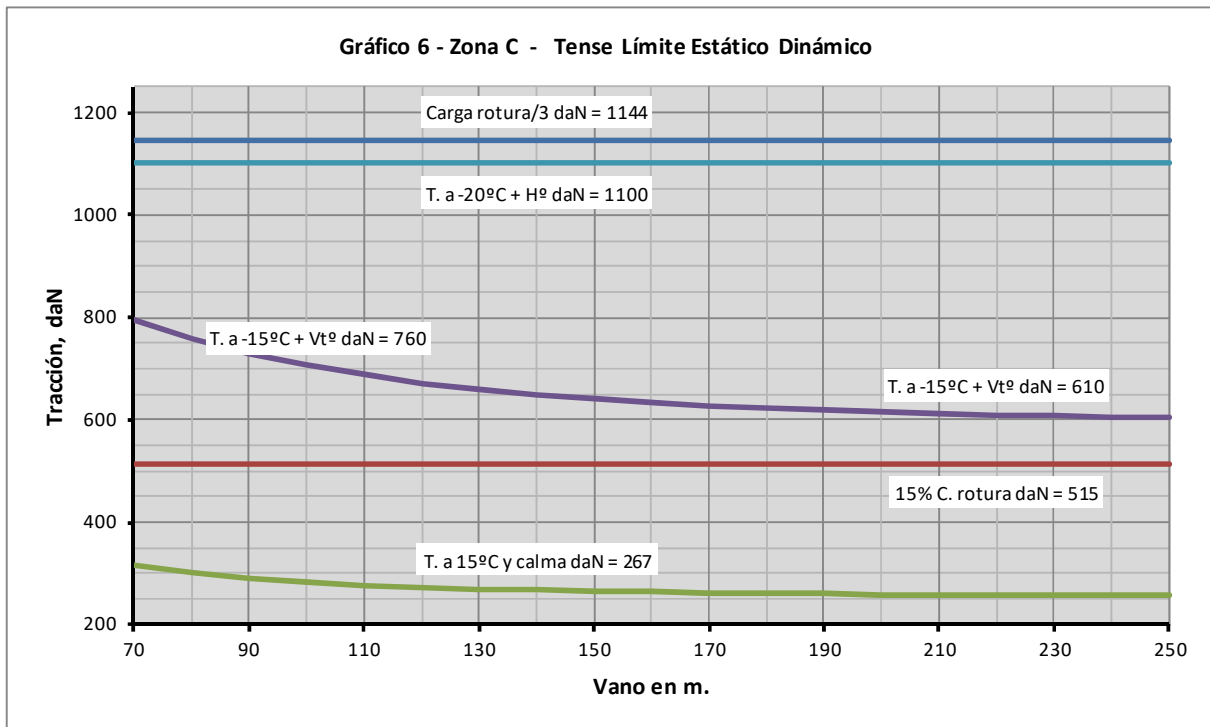
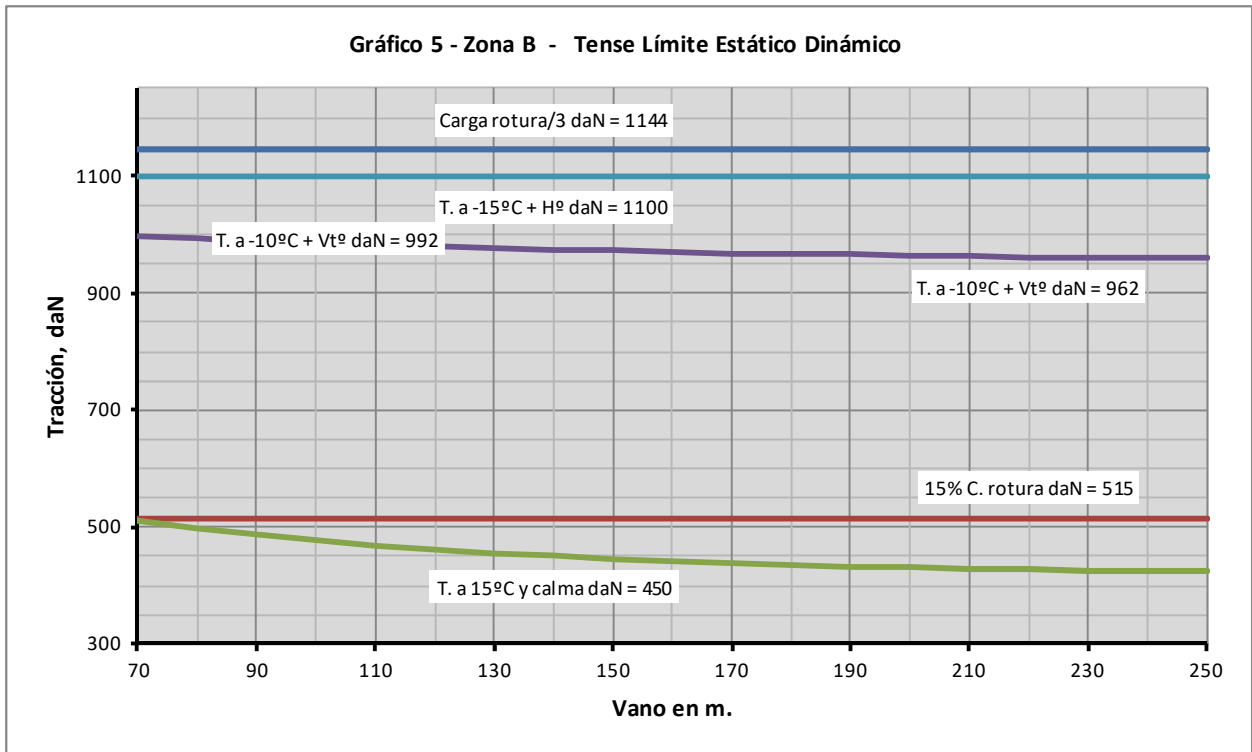
### 6.2.1 Tablas de tendido

En el Anexo C, se incluyen seis tablas de tendido, correspondientes a otros tantos estados de tendidos diferentes, las cuales permitirán al proyectista elegir en cada caso el tense más adecuado.

Las que corresponden, a la tracción máxima, en las tres distintas zonas de altitud A, B, C, definidas en el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07. En ellas se trata de aprovechar al máximo las características de resistencia mecánica en los conductores, teniendo en cuenta las cuatro condiciones indicadas en el apartado anterior.

Como puede observarse en los Gráficos 4, 5 y 6, para zonas A, B y C, respectivamente, la tracción mecánica cumple suficientemente las condiciones a) y c);







En el caso de las tablas correspondientes a tenses reducidos las condiciones expuestas en el apartado 7.2, se cumplen sobradamente, por ello omitimos representar los gráficos correspondientes.

En las tablas de tendido, en la primera columna de cada una de ellas se indican una serie de vanos reguladores; en las columnas siguientes, las tracciones máximas, según la hipótesis de sobrecarga reglamentaria y los coeficientes de seguridad resultantes, en función de la zona (apartados 3.1.2 y 3.1.3 de la ITC-LAT 07); en las siguientes, las flechas máximas y mínimas según las hipótesis fijadas para cada zona en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, a continuación de cada una de las flechas máximas y mínimas se dan los parámetros de catenaria, que deberán utilizarse para la distribución de apoyos en el perfil longitudinal, seguidamente se dan los valores de tracciones y flechas a aplicar en el cálculo de oscilación de cadenas de suspensión, para determinar las distancias entre conductores y a partes puestas a tierra (apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07), bajo una sobrecarga de viento mitad a las temperaturas de -5°C, -10°C y -15°C según sea en Zona A, B o C respectivamente, también se indica el porcentaje de la tracción a 15° C sin sobrecarga (apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07). Finalmente se dan las tablas de tendido, tracciones y flechas para diferentes temperaturas a aplicar en el tendido de los conductores.

En las tablas del cálculo del conductor, anteriormente indicadas, también está incluida la tabla de tendido, en las que vienen representadas para diferentes longitudes de vano regulador, ar, las tracciones en daN y flechas de regulado en m para las temperaturas de 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C y 40°C. Para la obtención de estas tracciones y flechas, se ha considerado una fluencia del conductor de 15°C, esto significa que al conductor en la operación de tendido se le dará la tracción o la flecha correspondiente a una temperatura menor en 15°C a la temperatura ambiente. Normalmente con el paso de 24 horas el conductor sometido a la tracción correspondiente a 15°C menos en el momento del tendido, adopta los valores correctos.

## 6.2.2 Determinación de la tracción de los conductores

Para la obtención de los valores de las tablas de tendido, mencionadas anteriormente, se ha utilizado de la ecuación de cambio de condiciones, cuya expresión es:

$$L_0 - L_1 = L_1 \cdot \left[ \frac{T_0 - T_1}{E \cdot S} + \alpha \cdot (\theta_0 - \theta_1) \right]$$

Siendo:  $L_0$  = Longitud en m de conductor en un vano  $L$ , bajo unas condiciones iniciales de tracción  $T_0$ , peso más sobrecarga  $P_0$  y temperatura  $\theta_0$  °C  
 $L_1$  = Longitud en m de conductor en un vano  $L$ , bajo unas condiciones de tracción  $T_1$ , peso más sobrecarga  $P_1$  y temperatura  $\theta_1$  °C  
 $E$  = Módulo de elasticidad del conductor en daN/ mm<sup>2</sup>  
 $S$  = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal del conductor /°C

## 6.2.3 Determinación de la flecha de los conductores

Una vez determinado el valor de  $T_1$ , el valor de la flecha se obtiene por la expresión:

$$F_1 = h_1 \cdot \left[ \cosh\left(\frac{a}{2 \cdot h_1}\right) - 1 \right]$$

Siendo:  $h_1$  = Parámetro de la catenaria =  $T_1/P_1$

$P_1$  = Peso aparente del conductor (peso propio + sobrecarga)  
 $A$  = Longitud en m del vano.

#### 6.2.4 Plantillas de replanteo

Para el dibujo de la catenaria se empleará la expresión:

$$F = h \cdot \left[ \cosh\left(\frac{x}{h}\right) - 1 \right]$$

Siendo  $x$  valor del semivano

#### 6.2.5 Vano de regulación

El vano ideal de regulación, correspondiente al conjunto de vanos limitado por dos apoyos con cadenas de amarre (cantón), viene dado por:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}}$$

Siendo:  $a_r$  = Vano ideal de regulación ideal en metros  
 $a_i$  = Longitud de cada uno de los vanos con aislamiento suspendido comprendidos entre dos apoyos de amarre, en metros.

NOTA: El empleo de catenaria de un parámetro determinado implica el conocer que si se emplea como flecha máxima, para vanos superiores al de regulación la flecha real siempre es menor a la que nos da la catenaria adoptada, y si se emplea como flecha mínima, para vanos inferiores al de regulación la flecha real siempre es menor a la que nos da la catenaria adoptada.

La flecha,  $f_i$ , correspondiente a cada uno de los vanos,  $a_i$ , pertenecientes al vano de regulación  $a_r$ , se puede determinar a partir de la flecha obtenida para el vano de regulación,  $f_r$ , mediante la expresión:

$$f_i = f_r \cdot \left( \frac{a_i}{a_r} \right)^2$$

## 7 NIVEL DE AISLAMIENTO Y FORMACIÓN DE CADENAS

Este capítulo da los niveles de aislamiento mínimo correspondientes a la tensión más elevada de la línea, 24 kV, así como los elementos que integran las cadenas de aisladores en el presente Proyecto Tipo.

Se establecen dos niveles (Nivel II – Medio y Nivel IV – Muy fuerte) en lo que afecta al entorno en que han de instalarse los aisladores.

Con los aisladores seleccionados en el presente proyecto, se cumplen en ambos casos, las prescripciones reglamentarias dadas en el la tabla 12 de la ITC-LAT 07, de 125 kV y 50 kV, a onda de choque y frecuencia industrial, respectivamente.

En la tabla 14 de la ITC-LAT 07, se indican niveles de contaminación, ejemplos de entornos típicos y líneas de fuga mínimas recomendadas, los valores de las líneas de fuga, lo son para aisladores de

vidrio y porcelana, en nuestro caso por tratarse de aisladores compuestos, para determinar los aisladores en función del nivel de contaminación, se ha aplicado lo indicado en las Normas UNE 21909 y UNE-EN 62217 y en el documento NI 48.08.01.

### **NIVEL II - Medio**

- Zonas con industrias que no produzcan humos especialmente contaminantes y/o con una densidad media de viviendas equipadas con calefacción.
- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o de industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvias.
- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa cercanas al mar, pero alejadas algunos kilómetros de la costa (al menos distantes bastantes kilómetros). (Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento).

Este nivel se aplicará tanto en nivel I como en nivel II.

### **NIVEL IV - Muy Fuerte**

- Zonas generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que producen depósitos conductores particularmente espesos.
- Zonas generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos las nieblas o a vientos muy fuertes y contaminantes provenientes del mar.
- Zonas desérticas caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a una condensación regular.

Este nivel se aplicara tanto en nivel III como en nivel IV.

### **7.1 Niveles de aislamiento, para zonas de nivel de polución medio (II)**

Se emplearan aisladores compuestos, se puede tomar como referencia para los mismos el documento NI 48.08.01. Las características son:

#### Aislador tipo U 70 YB 20

- |  |                |
|--|----------------|
| • Material.....  | Compuesto      |
| • Carga de rotura.....                                       | 7.000 daN      |
| • Línea de fuga.....   | 480 mm         |
| • Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto. | 70 kV eficaces |
| • Tensión a impulso tipo rayo, valor cresta.....             | 165 kV         |

### **7.2 Niveles de aislamiento, para zonas de nivel de polución muy fuerte (IV)**

Se emplearan aisladores compuestos, se puede tomar como referencia para los mismos el documento NI 48.08.01. Las características son:

#### Aislador tipo U 70 YB 20 P

- |                 |           |
|-----------------|-----------|
| • Material..... | Compuesto |
|-----------------|-----------|

- Carga de rotura..... 7.000 daN
- Línea de fuga..... 740 mm
- Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto. 70 kV eficaces
- Tensión a impulso tipo rayo, valor cresta..... 165 kV

### 7.3 Formación de cadenas

De acuerdo con el documento informativo MT 2.23.15 (se podrán tomar otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista) en las figuras 1 a 2 se indican la formación de cadenas.

	<u>NIVEL DE POLUCIÓN</u> <u>MEDIO (II)</u>		<u>NIVEL DE POLUCIÓN</u> <u>MUY FUERTE (IV)</u>	
	<b>Suspensión normal</b>		<b>Suspensión normal</b>	
	<b>Marca</b>	<b>Denominación</b>	<b>Marca</b>	<b>Denominación</b>
	1	Aislador compuesto U70 YB 20	1	Aislador compuesto U70 YB 20 P
	2	Alojamiento de rótula R16/17	2	Alojamiento de rótula R16/17
	3	Grapa de suspensión GS- 2	3	Grapa de suspensión GS-2-I
	L = 480 mm		L = 480 mm	
	<b>Suspensión reforzada</b>		<b>Suspensión reforzada</b>	
	1	Aislador compuesto U70 YB 20	1	Aislador compuesto U70 YB 20 P
	2	Alojamiento de rótula R16/17	2	Alojamiento de rótula R16/17
	3	Grapa de suspensión GS- 3	3	Grapa de suspensión GS-3-I
	4	Varillas de protección VPP-110	4	Varillas de protección VPP-110
	L = 484 mm		L = 484 mm	

Figura 1. Cadena de suspensión normal y reforzada, para niveles de polución II y IV

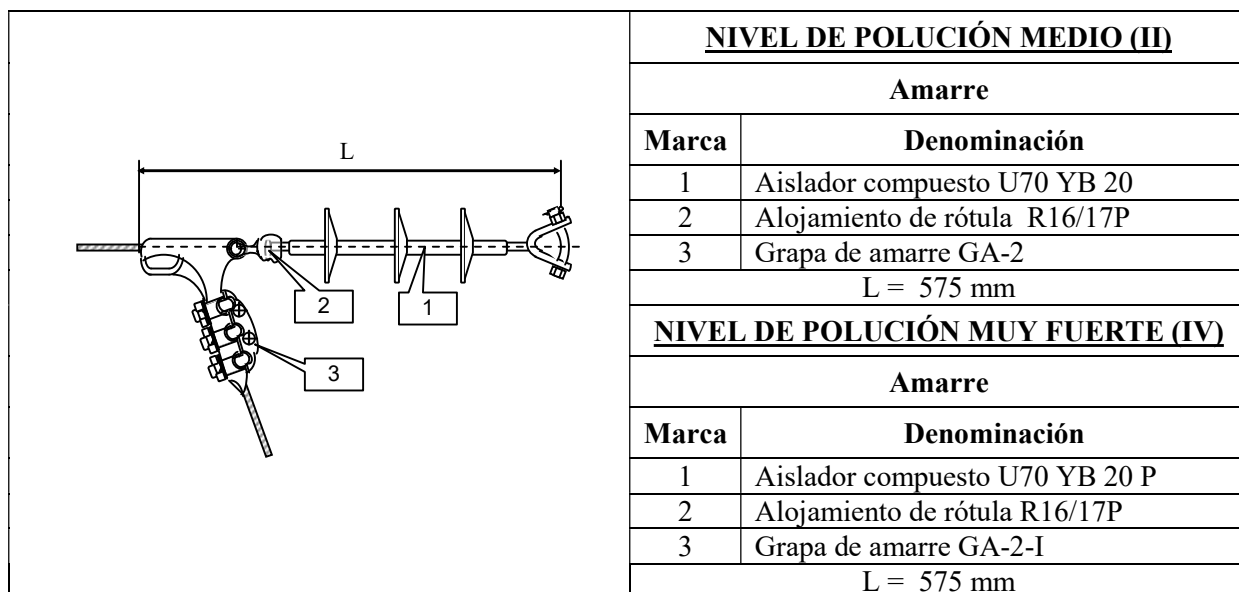
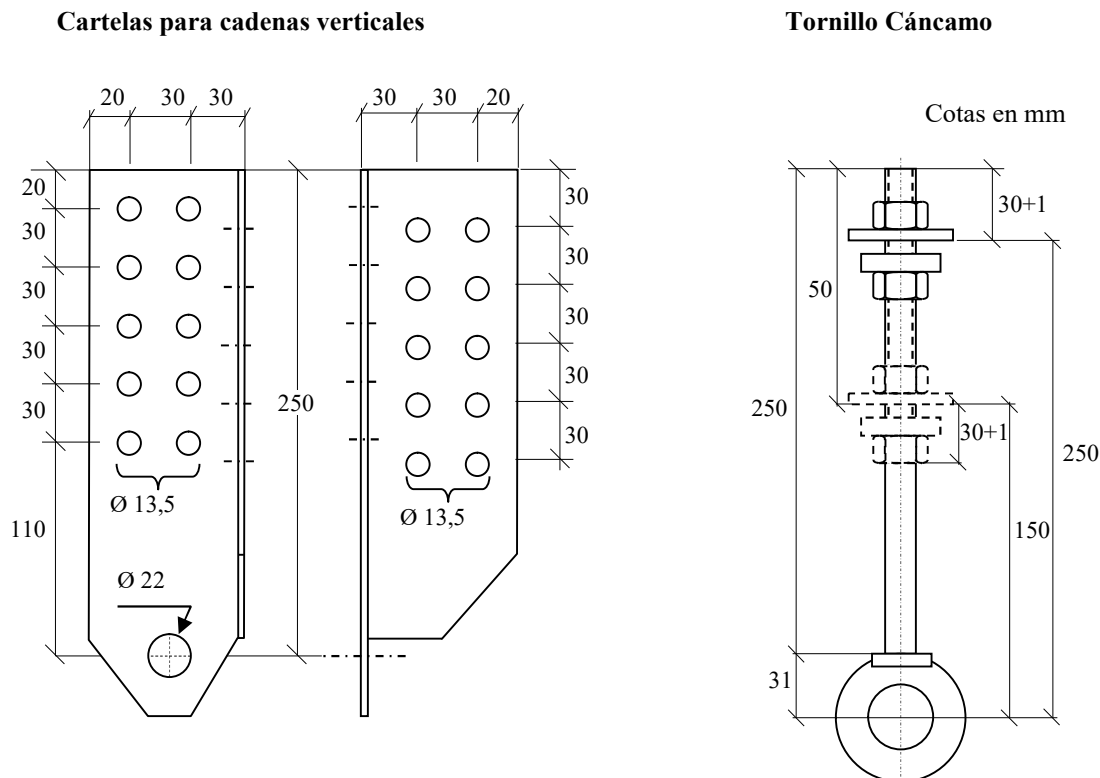


Figura 2. Cadena de amare, para niveles de polución II y IV

### 7.3.1 Cartela para cadenas verticales y tornillos cáncamo

Las distancias indicadas en 7.3, con la instalación de cartelas para cadenas verticales o tornillos cáncamo podrán incrementarse la longitud de la cadena (L), en función de la instalación de las piezas indicadas, que se representan en la siguiente figura.



Designación	Documento informativo	Peso aproximado, daN
CCVH	NI 52.31.02	1

Designación	Documento informativo	Peso aproximado, daN
TC 16x250	NI 18.90.01	1

## 8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

De acuerdo con la ITC-LAT 07, las separaciones entre conductores, entre éstos y los apoyos, así como las distancias respecto al terreno y obstáculos a tener en cuenta en este proyecto, son las que se indican en los apartados siguientes.

### 8.1 Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07, la mínima distancia de los conductores en su posición de máxima flecha, a cualquier punto del terreno, es:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ metros}$$

Siendo  $D_{el}$ , la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, correspondiente a la tensión más elevada de la red, de valor 0,22 m.

Si bien en la ITC-LAT 07, se indica con un mínimo de 6 m, i-DE establece un mínimo de 7 m, lo cual implica estar del lado de la seguridad.

### 8.2 Distancias entre conductores

De acuerdo con el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07, la separación mínima entre conductores viene dada por la fórmula:

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

Siendo:  $D$  = Separación entre conductores en metros

$K$  = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 de ITC-LAT 07, en nuestro caso al ser el ángulo de oscilación de  $52^\circ 50'$  con lo que  $K = 0,6$ .

$F$  = Flecha máxima en metros

$L$  = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de aislamiento de amarre  $L = 0$

$K'$  = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea. En nuestro caso,  $K' = 0,75 \text{ m}$

$D_{pp}$  = Distancia mínima aérea especificada, para evitar una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Según tabla 15 de ITC-LAT 07:  $D_{pp} = 0,25 \text{ m}$

El valor de la tangente del ángulo de oscilación de los conductores viene dado por el cociente de la sobrecarga de viento por peso propio del conductor.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{q \cdot d}{P} = 2,089 \quad \text{Con lo que:} \quad \alpha = 64^\circ 25'$$

Siendo:

$q$  = Presión del viento provocada por un viento de 120 km/h, sobre conductores de diámetro igual o menor de 16 mm. = 60 daN/m<sup>2</sup>.

$d$  = Diámetro de los conductores = 0,0138 m

$P$  = Peso del conductor = 0,3963 daN/m

El valor de la flecha, despejada de la expresión anterior, es:

$$F = \left[ \frac{D - k'.D_{pp}}{K} \right]^2 - L \quad \text{metros}$$

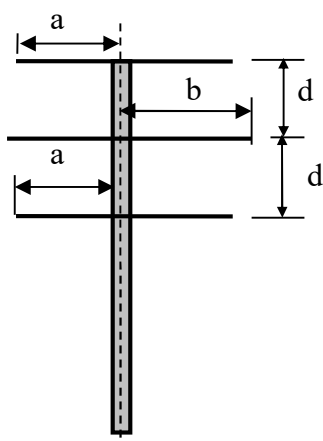
La longitud en metros de las cadenas de suspensión son variables y dependen de la formación de las mismas. En el cuadro siguiente, indicamos las longitudes aproximadas de cada una de ellas.

Longitudes de las cadenas en suspensión

Nivel de contaminación	Tipo de Aislamiento Compuesto	
	Suspensión normal mm	Suspensión protegida mm
II y IV	480	484

A efecto del presente proyecto y dado que las longitudes indicadas son aproximadas se tomará el valor de  $L=500$  mm, lo cual implica estar siempre del lado de la seguridad, en lo que se refiere al vano máximo por separación de conductores y a distancias a partes puestas a tierra.

De acuerdo con las características dimensionales de las crucetas a emplear en este Proyecto Tipo, serán para las fases superiores e inferiores, las RC-10 o RC-12,5 y para las fases centrales las RC-12,5 o RC-15, pudiendo tomar como referencia para las mismas el documento informativo NI 52.30.22, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista, con distanciamientos verticales de 1,80 y 2,40 m. Con estos armados, tanto para aislamiento suspendido o de amarre, las distancias mínimas entre conductores, se indican en la tabla siguiente:



a	b	d	Distancias mínimas entre conductores, D en m		
			Horizontal	Inclinada	Considerada (*)
1,00	1,25	1,80	2,00	1,82	1,82
1,00	1,25	2,40	2,00	2,41	2,00

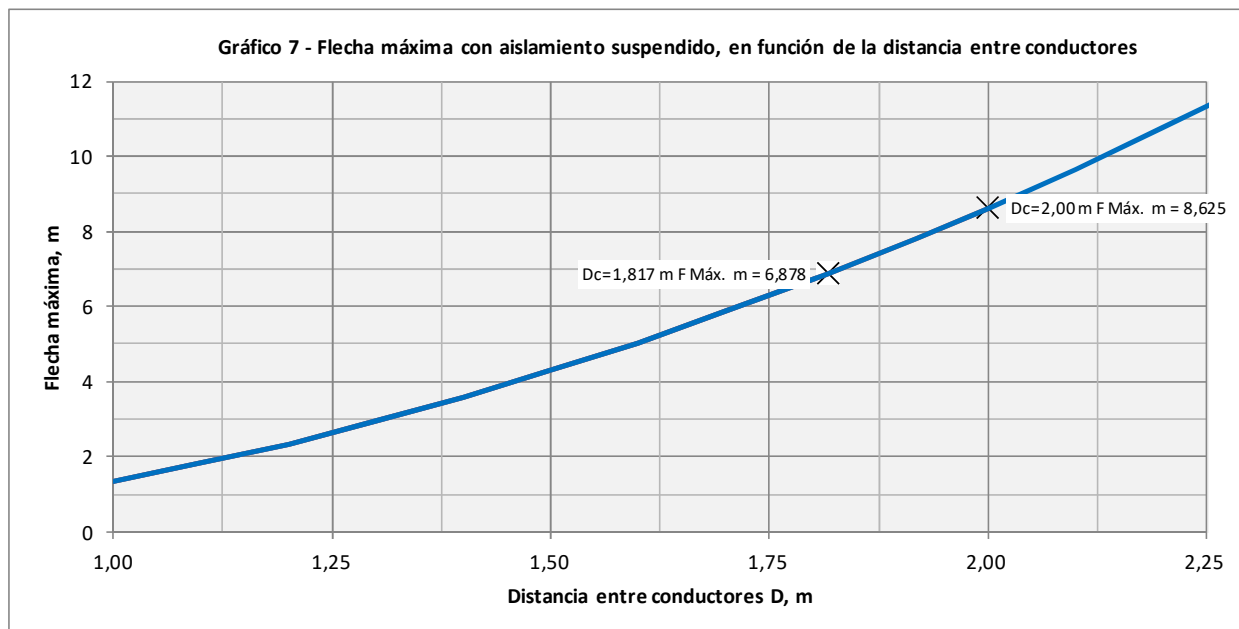
(\*) La distancia considerada es la menor de entre la horizontal y la inclinada.

Para aislamiento suspendido, las flechas máximas, para las distancias entre conductores son:

D, m	1,82	2,00
U, en kV	20	20

F máx., m	6,88	8,625
-----------	------	-------

En el Gráfico 7, se dan las flechas máximas en función de la distancia entre conductores con aislamiento suspendido.



Los valores de la distancia entre conductores en apoyos de ángulo se reducen en función del valor de este, pasando a valer:

Los valores de la distancia horizontal entre conductores en apoyos de ángulo se reducen en función del valor de este, pasando a valer:

$$Dh = 2.a.Cos \alpha/2 \quad (\text{siendo } \alpha, \text{ el valor del ángulo de desviación de la traza}).$$

Al permanecer constante la distancia vertical (d) entre crucetas, el valor de la distancia entre conductores para el cálculo de la flecha máxima será el menor de los valores siguientes:

$$\text{Si } \sqrt{\left[ (b-a)^2 \cdot \text{Cos}^2 \frac{\alpha}{2} + d^2 \right]} > 2.a.Cos \frac{\alpha}{2}; \quad D' = 2.a.Cos \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Si } \sqrt{\left[ (b-a)^2 \cdot \text{Cos}^2 \frac{\alpha}{2} + d^2 \right]} < 2.a.Cos \frac{\alpha}{2}; \quad D' = \sqrt{\left[ (b-a)^2 \cdot \text{Cos}^2 \frac{\alpha}{2} + d^2 \right]}$$

El valor de la flecha para apoyos de ángulo con aislamiento de amarre, pasa a ser:

$$F = \left[ \frac{D' - k'.D_{pp}}{K} \right]^2 \quad \text{metros}$$



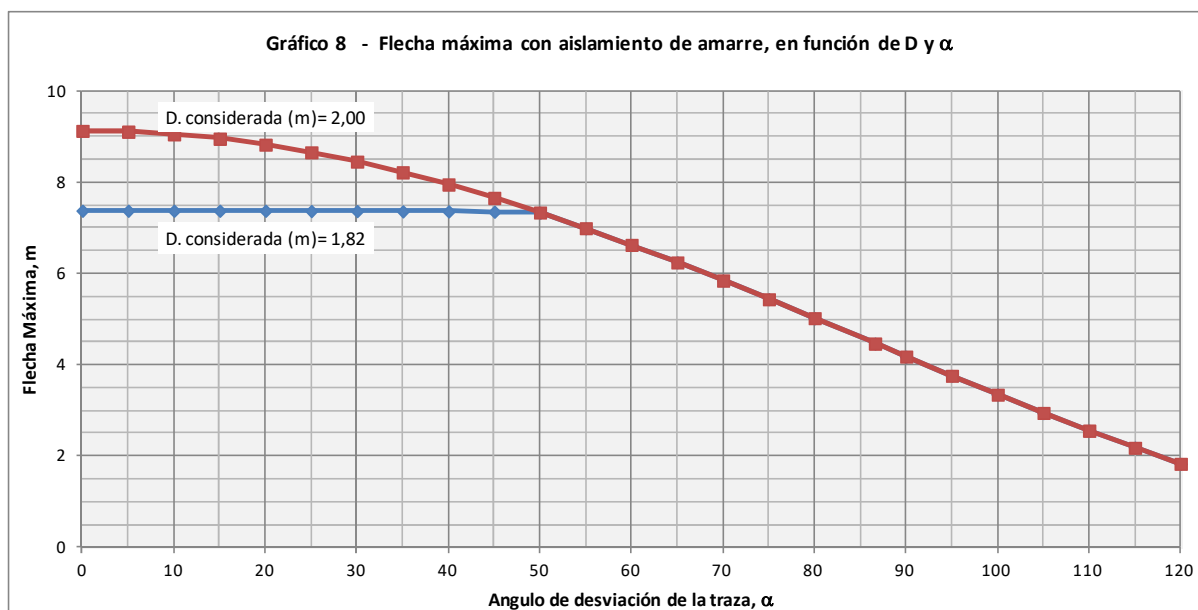
La distancia vertical entre conductores permanece constante.

Dando valores a  $\alpha$ , tendremos:

**Tabla de flechas máximas para diferentes separaciones entre conductores (D)  
Ángulo de desviación de la traza ( $\alpha$ ), para vanos con cadenas de amarre (L=0)**

Ángulo de desviación $\alpha$ , en °	D, en m = 1,82		D, en m = 2,00	
	D' m	F. Máxima m	D' m	F. Máxima m
0	1,817	7,378	2,000	9,125
10	1,817	7,377	1,992	9,049
20	1,817	7,374	1,970	8,822
30	1,816	7,368	1,932	8,452
40	1,815	7,360	1,879	7,951
50	1,813	7,336	1,813	7,336
60	1,732	6,627	1,732	6,627
70	1,638	5,847	1,638	5,847
80	1,532	5,022	1,532	5,022
90	1,414	4,180	1,414	4,180
100	1,286	3,349	1,286	3,349
110	1,147	2,558	1,147	2,558
120	1,000	1,834	1,000	1,834

En el Gráfico 8, se dan las flechas máximas en función de la distancia entre conductores D, de 1,50, 1,75 y 2,00 m, respectivamente, para aislamiento de amarre.



Conocido el valor de  $F_{Máx}$ , T y P, el valor de  $L_{Máx}$ , será aquel que haga cero la ecuación:

$$F_{Máx} - a \cdot \left[ \cosh\left(\frac{L_{Máx}}{2 \cdot a}\right) - 1 \right] = 0$$

Esta fórmula da lugar a familias de valores según sea el vano de regulación y, en los apoyos de ángulo, según sea el valor del ángulo.

La aplicación de la fórmula puede resultar complicada por ello puede emplearse la expresión aproximada de:

$$L_{M\acute{a}x} = \sqrt{8 \cdot a \cdot F_{M\acute{a}x}} \quad \text{metros}$$

Siendo:

- a = Parámetro de la catenaria = T/P  
 $L_{M\acute{a}x}$  = Vano máximo (m)  
 T = Tense correspondiente al vano de regulación en la condición de máxima flecha (daN)  
 $F_{M\acute{a}x}$  = Flecha máxima (m)  
 P = Peso del conductor con la sobrecarga correspondiente a la condición seleccionada para T (daN/m)

### 8.2.1 Vanos máximos por separación entre conductores, con aislamiento suspendido

Dependiendo del armado (tipo y disposición de las crucetas), del ángulo de desviación de la traza y del vano de regulación, los vanos máximos por separación de conductores se indican en las tablas siguientes.

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona A						Tense Reducido - Zona A					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			120	140	160	180	200	100	120	140	160	180
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		651	721	781	835	881	507	564	611	649	680	
0	1,817	6,878	189,1	199,0	207,2	214,2	220,1	166,9	176,0	183,1	188,7	193,2
1	1,817	6,878	189,1	199,0	207,2	214,1	220,1	166,9	176,0	183,1	188,7	193,2
2	1,817	6,876	189,1	198,9	207,2	214,1	220,0	166,9	176,0	183,1	188,7	193,2
3	1,817	6,873	189,1	198,9	207,1	214,1	220,0	166,8	175,9	183,1	188,7	193,1
4	1,816	6,868	189,0	198,8	207,0	214,0	219,9	166,8	175,9	183,0	188,6	193,1

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona A						Tense Reducido - Zona A					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			160	180	220	260	300	160	180	200	220	240
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		781	835	922	984	1024	649	680	705	726	744	
0	2,000	8,625	211,8	222,8	232,0	239,8	246,4	211,3	216,3	220,4	223,7	226,4
1	2,000	8,625	211,7	222,7	232,0	239,8	246,4	211,3	216,3	220,4	223,7	226,4
2	2,000	8,622	211,7	222,7	231,9	239,7	246,4	211,3	216,3	220,3	223,6	226,4
3	1,999	8,619	211,7	222,7	231,9	239,7	246,3	211,2	216,2	220,3	223,6	226,3
4	1,999	8,613	211,6	222,6	231,8	239,6	246,2	211,2	216,2	220,2	223,5	226,2

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona B						Tense Reducido - Zona B					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			120	140	160	180	200	100	120	140	160	180
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		623	678	725	764	797	459	508	547	579	604	
0	1,817	6,878	184,9	193,0	199,6	204,9	209,3	158,7	167,0	173,4	178,3	182,2
1	1,817	6,878	184,9	193,0	199,6	204,9	209,3	158,7	167,0	173,3	178,3	182,2

2	1,817	6,876	184,9	193,0	199,5	204,9	209,2	158,7	167,0	173,3	178,3	182,1
3	1,817	6,873	184,8	193,0	199,5	204,8	209,2	158,6	166,9	173,3	178,2	182,1
4	1,816	6,868	184,8	192,9	199,4	204,8	209,1	158,6	166,9	173,2	178,2	182,0

<b>Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m</b>												
Angulo desviación traza, °	<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona B</b>						<b>Tense Reducido - Zona B</b>					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			160	180	220	260	300	160	180	200	220	240
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
			725	764	825	869	901	579	604	625	642	656
0	2,000	8,625	207,0	216,1	223,4	229,4	234,3	199,6	204,0	207,4	210,2	212,5
1	2,000	8,625	207,0	216,1	223,4	229,4	234,3	199,6	203,9	207,4	210,2	212,5
2	2,000	8,622	207,0	216,1	223,4	229,4	234,3	199,6	203,9	207,4	210,2	212,5
3	1,999	8,619	207,0	216,0	223,4	229,3	234,2	199,5	203,9	207,3	210,1	212,4
4	1,999	8,613	206,9	216,0	223,3	229,2	234,1	199,5	203,8	207,3	210,1	212,3

<b>Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m</b>												
Angulo desviación traza, °	<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona C</b>						<b>Tense Reducido - Zona C</b>					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			120	140	160	180	200	100	120	140	160	180
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
			489	516	537	554	566	358	382	398	411	420
0	1,817	6,878	163,8	168,4	171,8	174,3	176,3	140,1	144,7	147,8	150,1	151,8
1	1,817	6,878	163,8	168,3	171,8	174,3	176,3	140,1	144,7	147,8	150,1	151,8
2	1,817	6,876	163,7	168,3	171,7	174,3	176,3	140,1	144,6	147,8	150,1	151,7
3	1,817	6,873	163,7	168,3	171,7	174,3	176,3	140,1	144,6	147,8	150,0	151,7
4	1,816	6,868	163,6	168,2	171,6	174,2	176,2	140,0	144,6	147,7	150,0	151,7

<b>Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m</b>												
Angulo desviación traza, °	<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona C</b>						<b>Tense Reducido - Zona C</b>					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			160	180	220	260	300	160	180	200	220	240
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
			537	554	576	591	601	411	420	427	432	436
0	2,000	8,625	183,3	188,5	192,3	195,2	197,4	168,0	169,9	171,3	172,4	173,2
1	2,000	8,625	183,3	188,5	192,3	195,2	197,4	168,0	169,9	171,3	172,4	173,2
2	2,000	8,622	183,3	188,4	192,3	195,2	197,4	168,0	169,9	171,3	172,4	173,2
3	1,999	8,619	183,3	188,4	192,2	195,1	197,3	168,0	169,8	171,2	172,3	173,2
4	1,999	8,613	183,2	188,3	192,2	195,0	197,3	167,9	169,8	171,2	172,3	173,1

## 8.2.2 Vanos máximos por separación entre conductores, con aislamiento de amarre

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona A						Tense Reducido - Zona A					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			130	150	170	190	220	100	120	140	160	180
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		651	721	781	835	881	507	564	611	649	680	
0	1,817	9,125	217,8	229,1	238,6	246,6	253,4	192,2	202,7	210,9	217,3	222,5
4	1,817	9,113	217,6	229,0	238,4	246,4	253,3	192,0	202,5	210,7	217,2	222,3
8	1,817	9,076	217,2	228,5	238,0	245,9	252,7	191,6	202,1	210,3	216,8	221,9
12	1,817	9,015	216,5	227,7	237,2	245,1	251,9	191,0	201,5	209,6	216,0	221,2
16	1,817	8,930	215,5	226,7	236,0	244,0	250,7	190,1	200,5	208,6	215,0	220,1
20	1,817	8,822	214,1	225,3	234,6	242,5	249,2	188,9	199,3	207,3	213,7	218,8
24	1,817	8,691	212,5	223,6	232,9	240,7	247,3	187,5	197,8	205,8	212,1	217,1
28	1,816	8,537	210,7	221,6	230,8	238,5	245,1	185,9	196,0	204,0	210,2	215,2
32	1,816	8,362	208,5	219,3	228,4	236,1	242,6	184,0	194,0	201,9	208,1	213,0
36	1,816	8,166	206,1	216,8	225,7	233,3	239,8	181,8	191,8	199,5	205,6	210,5
40	1,815	7,951	203,3	213,9	222,7	230,2	236,6	179,4	189,2	196,9	202,9	207,7
44	1,815	7,718	200,3	210,7	219,5	226,8	233,1	176,8	186,4	194,0	199,9	204,7
48	1,814	7,467	197,1	207,3	215,9	223,1	229,3	173,9	183,4	190,8	196,6	201,3
52	1,798	7,201	193,5	203,6	212,0	219,1	225,2	170,8	180,1	187,4	193,1	197,7
56	1,766	6,920	189,7	199,6	207,8	214,8	220,7	167,4	176,6	183,7	189,3	193,8
60	1,732	6,627	185,7	195,3	203,4	210,2	216,0	163,8	172,8	179,8	185,3	189,7
64	1,696	6,322	181,3	190,8	198,7	205,3	211,0	160,0	168,8	175,6	181,0	185,3
68	1,658	6,007	176,8	186,0	193,7	200,2	205,7	156,0	164,5	171,2	176,4	180,6
72	1,618	5,685	172,0	180,9	188,4	194,7	200,1	151,7	160,0	166,5	171,6	175,7
76	1,576	5,356	166,9	175,6	182,9	189,0	194,2	147,3	155,4	161,6	166,6	170,5
80	1,532	5,022	161,6	170,0	177,1	183,0	188,1	142,6	150,4	156,5	161,3	165,1
84	1,486	4,686	156,1	164,3	171,1	176,8	181,7	137,8	145,3	151,2	155,8	159,5
88	1,439	4,348	150,4	158,2	164,8	170,3	175,0	132,8	140,0	145,7	150,1	153,7
92	1,389	4,012	144,5	152,0	158,3	163,6	168,1	127,5	134,5	139,9	144,2	147,6
96	1,338	3,678	138,4	145,6	151,6	156,7	161,0	122,1	128,8	134,0	138,1	141,4
100	1,286	3,349	132,0	138,9	144,6	149,5	153,6	116,5	122,9	127,9	131,8	134,9
104	1,231	3,027	125,5	132,0	137,5	142,1	146,0	110,8	116,8	121,5	125,3	128,2
108	1,176	2,712	118,8	125,0	130,2	134,5	138,2	104,9	110,6	115,1	118,6	121,4
112	1,118	2,407	112,0	117,8	122,6	126,7	130,2	98,8	104,2	108,4	111,7	114,4
116	1,060	2,114	104,9	110,4	114,9	118,8	122,1	92,6	97,6	101,6	104,7	107,2
120	1,000	1,834	97,7	102,8	107,0	110,6	113,7	86,2	91,0	94,6	97,5	99,8

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona A						Tense Reducido - Zona A					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			220	240	260	280	300	180	200	220	240	260
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
			922	958	984	1005	1024	680	705	726	744	759
0	2,000	7,378	233,2	237,7	240,8	243,4	245,7	200,1	203,9	206,9	209,4	211,5
4	1,999	7,378	233,2	237,7	240,8	243,4	245,7	200,1	203,9	206,9	209,4	211,5
8	1,995	7,378	233,2	237,7	240,8	243,4	245,6	200,1	203,8	206,9	209,4	211,5
12	1,989	7,377	233,1	237,6	240,8	243,4	245,6	200,1	203,8	206,9	209,4	211,5
16	1,981	7,375	233,1	237,6	240,7	243,4	245,6	200,1	203,8	206,9	209,4	211,5
20	1,970	7,374	233,1	237,6	240,7	243,3	245,6	200,0	203,8	206,8	209,3	211,4
24	1,956	7,372	233,1	237,6	240,7	243,3	245,5	200,0	203,8	206,8	209,3	211,4
28	1,941	7,369	233,0	237,5	240,6	243,3	245,5	200,0	203,7	206,8	209,3	211,4
32	1,923	7,366	233,0	237,5	240,6	243,2	245,5	200,0	203,7	206,7	209,2	211,3
36	1,902	7,363	232,9	237,4	240,6	243,2	245,4	199,9	203,6	206,7	209,2	211,3
40	1,879	7,360	232,9	237,4	240,5	243,1	245,4	199,9	203,6	206,6	209,2	211,2
44	1,854	7,356	232,8	237,3	240,4	243,0	245,3	199,8	203,6	206,6	209,1	211,2
48	1,827	7,353	232,8	237,3	240,4	243,0	245,2	199,8	203,5	206,5	209,0	211,1
52	1,798	7,201	230,3	234,8	237,9	240,5	242,7	197,7	201,4	204,4	206,9	208,9
56	1,766	6,920	225,8	230,2	233,2	235,7	237,9	193,8	197,4	200,4	202,8	204,8
60	1,732	6,627	221,0	225,3	228,2	230,7	232,8	189,7	193,2	196,1	198,5	200,5
64	1,696	6,322	215,8	220,0	222,9	225,3	227,4	185,3	188,7	191,5	193,9	195,8
68	1,658	6,007	210,4	214,5	217,3	219,7	221,7	180,6	184,0	186,7	189,0	190,9
72	1,618	5,685	204,7	208,6	211,4	213,7	215,7	175,7	179,0	181,6	183,8	185,7
76	1,576	5,356	198,7	202,5	205,2	207,4	209,3	170,5	173,7	176,3	178,5	180,2
80	1,532	5,022	192,4	196,1	198,7	200,9	202,7	165,1	168,2	170,7	172,8	174,5
84	1,486	4,686	185,9	189,5	191,9	194,0	195,8	159,5	162,5	164,9	166,9	168,6
88	1,439	4,348	179,0	182,5	184,9	186,9	188,6	153,7	156,6	158,9	160,8	162,4
92	1,389	4,012	172,0	175,3	177,6	179,5	181,2	147,6	150,4	152,6	154,5	156,0
96	1,338	3,678	164,7	167,9	170,1	171,9	173,5	141,4	144,0	146,2	147,9	149,4
100	1,286	3,349	157,2	160,2	162,3	164,1	165,6	134,9	137,4	139,5	141,2	142,6
104	1,231	3,027	149,4	152,3	154,3	156,0	157,4	128,2	130,6	132,6	134,2	135,5
108	1,176	2,712	141,4	144,2	146,0	147,6	149,0	121,4	123,7	125,5	127,0	128,3
112	1,118	2,407	133,2	135,8	137,6	139,1	140,4	114,4	116,5	118,2	119,7	120,9
116	1,060	2,114	124,9	127,3	128,9	130,3	131,5	107,2	109,2	110,8	112,2	113,3
120	1,000	1,834	116,3	118,5	120,1	121,4	122,5	99,8	101,7	103,2	104,5	105,5

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona B						Tense Reducido - Zona B					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			130	150	170	190	220	90	110	130	150	170
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
			623	678	725	764	797	426	459	482	498	511
0	1,817	9,125	212,9	222,3	229,8	236,0	241,0	430	485	529	564	592
4	1,817	9,113	212,8	222,1	229,7	235,8	240,8	176,8	187,8	196,2	202,6	207,7
8	1,817	9,076	212,4	221,7	229,2	235,3	240,4	176,7	187,7	196,0	202,5	207,5
12	1,817	9,015	211,7	220,9	228,4	234,5	239,5	176,4	187,3	195,7	202,1	207,1
16	1,817	8,930	210,7	219,9	227,4	233,4	238,4	175,8	186,7	195,0	201,4	206,4
20	1,817	8,822	209,4	218,6	226,0	232,0	237,0	174,9	185,8	194,1	200,5	205,4
24	1,817	8,691	207,8	216,9	224,3	230,3	235,2	173,9	184,7	192,9	199,2	204,2
28	1,816	8,537	206,0	215,0	222,3	228,2	233,1	172,6	183,3	191,5	197,8	202,7
32	1,816	8,362	203,9	212,8	220,0	225,9	230,7	171,1	181,7	189,8	196,0	200,9
36	1,816	8,166	201,5	210,3	217,4	223,2	228,0	169,3	179,8	187,8	194,0	198,8
40	1,815	7,951	198,8	207,5	214,5	220,3	225,0	167,3	177,7	185,6	191,7	196,5
44	1,815	7,718	195,9	204,5	211,4	217,0	221,7	165,1	175,4	183,2	189,2	193,9
48	1,814	7,467	192,7	201,1	207,9	213,5	218,0	162,7	172,8	180,5	186,4	191,0
52	1,798	7,201	189,2	197,5	204,2	209,6	214,1	160,0	170,0	177,5	183,3	187,9
56	1,766	6,920	185,5	193,6	200,2	205,5	209,9	157,1	166,9	174,3	180,0	184,5
60	1,732	6,627	181,5	189,5	195,9	201,1	205,4	154,1	163,6	170,9	176,5	180,9
64	1,696	6,322	177,3	185,1	191,3	196,4	200,6	150,8	160,1	167,2	172,7	177,0
68	1,658	6,007	172,8	180,4	186,5	191,5	195,6	147,3	156,4	163,4	168,7	172,9
72	1,618	5,685	168,1	175,5	181,5	186,3	190,3	143,6	152,5	159,2	164,5	168,6
76	1,576	5,356	163,2	170,4	176,1	180,8	184,7	139,7	148,3	154,9	160,0	164,0
80	1,532	5,022	158,1	165,0	170,6	175,1	178,9	135,6	144,0	150,4	155,3	159,2
84	1,486	4,686	152,7	159,4	164,8	169,2	172,8	131,3	139,4	145,6	150,4	154,1
88	1,439	4,348	147,1	153,5	158,7	163,0	166,4	126,8	134,7	140,7	145,3	148,9
92	1,389	4,012	141,3	147,5	152,5	156,5	159,9	122,2	129,8	135,5	140,0	143,4
96	1,338	3,678	135,3	141,2	146,0	149,9	153,1	117,4	124,6	130,2	134,5	137,8
100	1,286	3,349	129,1	134,8	139,3	143,0	146,1	112,4	119,4	124,7	128,8	131,9
104	1,231	3,027	122,7	128,1	132,4	136,0	138,9	107,3	113,9	119,0	122,9	125,9
108	1,176	2,712	116,2	121,3	125,4	128,7	131,5	102,0	108,3	113,1	116,8	119,7
112	1,118	2,407	109,5	114,3	118,1	121,3	123,9	96,5	102,5	107,1	110,6	113,3
116	1,060	2,114	102,6	107,1	110,7	113,6	116,1	90,9	96,6	100,9	104,2	106,8
120	1,000	1,834	95,5	99,7	103,1	105,9	108,1	85,2	90,5	94,5	97,6	100,0

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona B						Tense Reducido - Zona B					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			200	220	240	260	280	160	180	200	220	240
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		797	825	849	869	886	579	604	625	642	656	
0	2,000	7,378	216,7	220,5	223,6	226,3	228,5	184,6	188,7	191,9	194,5	196,6
4	1,999	7,378	216,7	220,5	223,6	226,3	228,5	184,6	188,7	191,9	194,5	196,6
8	1,995	7,378	216,7	220,5	223,6	226,3	228,5	184,6	188,7	191,9	194,4	196,5
12	1,989	7,377	216,7	220,5	223,6	226,3	228,5	184,6	188,6	191,9	194,4	196,5
16	1,981	7,375	216,7	220,5	223,6	226,2	228,5	184,6	188,6	191,8	194,4	196,5
20	1,970	7,374	216,7	220,4	223,6	226,2	228,4	184,6	188,6	191,8	194,4	196,5
24	1,956	7,372	216,6	220,4	223,5	226,2	228,4	184,6	188,6	191,8	194,4	196,5
28	1,941	7,369	216,6	220,4	223,5	226,1	228,4	184,5	188,6	191,8	194,3	196,4
32	1,923	7,366	216,6	220,3	223,5	226,1	228,3	184,5	188,5	191,7	194,3	196,4
36	1,902	7,363	216,5	220,3	223,4	226,1	228,3	184,5	188,5	191,7	194,3	196,4
40	1,879	7,360	216,5	220,2	223,4	226,0	228,2	184,4	188,4	191,6	194,2	196,3
44	1,854	7,356	216,4	220,2	223,3	225,9	228,2	184,4	188,4	191,6	194,2	196,3
48	1,827	7,353	216,4	220,1	223,2	225,9	228,1	184,3	188,3	191,5	194,1	196,2
52	1,798	7,201	214,1	217,8	220,9	223,6	225,8	182,4	186,4	189,6	192,1	194,2
56	1,766	6,920	209,9	213,6	216,6	219,2	221,3	178,8	182,7	185,8	188,3	190,4
60	1,732	6,627	205,4	209,0	212,0	214,5	216,6	175,0	178,8	181,9	184,3	186,3
64	1,696	6,322	200,6	204,1	207,0	209,5	211,5	170,9	174,7	177,6	180,0	182,0
68	1,658	6,007	195,6	199,0	201,8	204,2	206,2	166,6	170,3	173,2	175,5	177,4
72	1,618	5,685	190,3	193,6	196,3	198,7	200,6	162,1	165,6	168,5	170,7	172,6
76	1,576	5,356	184,7	187,9	190,6	192,8	194,7	157,4	160,8	163,5	165,7	167,5
80	1,532	5,022	178,9	182,0	184,5	186,7	188,6	152,4	155,7	158,3	160,5	162,2
84	1,486	4,686	172,8	175,8	178,3	180,4	182,2	147,2	150,4	153,0	155,0	156,7
88	1,439	4,348	166,4	169,3	171,7	173,8	175,5	141,8	144,9	147,4	149,3	151,0
92	1,389	4,012	159,9	162,7	165,0	166,9	168,6	136,2	139,2	141,6	143,5	145,0
96	1,338	3,678	153,1	155,7	158,0	159,8	161,4	130,4	133,3	135,5	137,4	138,9
100	1,286	3,349	146,1	148,6	150,7	152,5	154,0	124,5	127,2	129,3	131,1	132,5
104	1,231	3,027	138,9	141,3	143,3	145,0	146,4	118,3	120,9	123,0	124,6	126,0
108	1,176	2,712	131,5	133,7	135,6	137,2	138,6	112,0	114,5	116,4	118,0	119,2
112	1,118	2,407	123,9	126,0	127,8	129,3	130,6	105,5	107,8	109,7	111,1	112,3
116	1,060	2,114	116,1	118,1	119,8	121,2	122,4	98,9	101,1	102,8	104,2	105,3
120	1,000	1,834	108,1	110,0	111,6	112,9	114,0	92,1	94,1	95,7	97,0	98,1



Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona C						Tense Reducido - Zona C					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			130	150	170	190	220	80	100	120	140	160
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		489	516	537	554	566	325	358	382	398	411	
0	1,817	9,125	188,6	193,8	197,8	200,7	203,0	153,6	161,3	166,6	170,2	172,8
4	1,817	9,113	188,4	193,7	197,6	200,6	202,9	153,5	161,2	166,4	170,1	172,7
8	1,817	9,076	188,1	193,3	197,2	200,2	202,5	153,2	160,9	166,1	169,7	172,3
12	1,817	9,015	187,4	192,7	196,6	199,5	201,8	152,6	160,4	165,6	169,2	171,8
16	1,817	8,930	186,5	191,8	195,7	198,6	200,9	151,9	159,6	164,8	168,4	171,0
20	1,817	8,822	185,4	190,6	194,5	197,4	199,6	151,0	158,6	163,8	167,4	169,9
24	1,817	8,691	184,0	189,2	193,0	195,9	198,2	149,9	157,5	162,6	166,1	168,7
28	1,816	8,537	182,4	187,5	191,3	194,2	196,4	148,6	156,1	161,1	164,6	167,2
32	1,816	8,362	180,5	185,6	189,3	192,2	194,4	147,0	154,5	159,5	163,0	165,4
36	1,816	8,166	178,4	183,4	187,1	189,9	192,1	145,3	152,6	157,6	161,0	163,5
40	1,815	7,951	176,0	181,0	184,6	187,4	189,6	143,4	150,6	155,5	158,9	161,3
44	1,815	7,718	173,4	178,3	181,9	184,7	186,8	141,3	148,4	153,2	156,6	159,0
48	1,814	7,467	170,6	175,4	179,0	181,6	183,7	139,0	146,0	150,7	154,0	156,4
52	1,798	7,201	167,6	172,3	175,7	178,4	180,4	136,5	143,4	148,0	151,3	153,6
56	1,766	6,920	164,3	168,9	172,3	174,9	176,9	133,8	140,6	145,1	148,3	150,6
60	1,732	6,627	160,7	165,3	168,6	171,1	173,1	131,0	137,6	142,0	145,1	147,3
64	1,696	6,322	157,0	161,4	164,7	167,2	169,1	127,9	134,4	138,7	141,7	143,9
68	1,658	6,007	153,1	157,4	160,5	163,0	164,8	124,7	131,0	135,2	138,2	140,3
72	1,618	5,685	148,9	153,1	156,2	158,5	160,3	121,3	127,4	131,6	134,4	136,5
76	1,576	5,356	144,5	148,6	151,6	153,9	155,6	117,8	123,7	127,7	130,5	132,5
80	1,532	5,022	140,0	143,9	146,8	149,0	150,7	114,0	119,8	123,7	126,4	128,3
84	1,486	4,686	135,2	139,0	141,8	143,9	145,6	110,2	115,7	119,5	122,1	123,9
88	1,439	4,348	130,3	133,9	136,6	138,7	140,3	106,1	111,5	115,1	117,6	119,4
92	1,389	4,012	125,1	128,6	131,2	133,2	134,7	102,0	107,1	110,6	113,0	114,7
96	1,338	3,678	119,8	123,2	125,7	127,6	129,0	97,6	102,6	105,9	108,2	109,8
100	1,286	3,349	114,3	117,5	119,9	121,7	123,1	93,2	97,9	101,0	103,2	104,8
104	1,231	3,027	108,7	111,7	114,0	115,7	117,0	88,6	93,0	96,0	98,1	99,6
108	1,176	2,712	102,9	105,8	107,9	109,5	110,8	83,9	88,1	90,9	92,9	94,3
112	1,118	2,407	97,0	99,7	101,7	103,2	104,4	79,0	83,0	85,7	87,5	88,9
116	1,060	2,114	90,9	93,4	95,3	96,7	97,8	74,0	77,8	80,3	82,0	83,3
120	1,000	1,834	84,6	87,0	88,8	90,1	91,1	69,0	72,4	74,8	76,4	77,6

Vano máximo admisible por separación entre conductores en m, con aislamiento de amarre y crucetas distanciadas verticalmente 2,40 m												
Angulo desviación traza, °	Tense Límite Estático Dinámico - Zona C						Tense Reducido - Zona C					
	D m	Flecha Máxima m	Vano Regulación, m					Vano Regulación, m				
			140	160	180	200	240	120	140	160	180	200
			Parámetro flecha máxima, m					Parámetro flecha máxima, m				
		516	537	554	566	584	382	398	411	420	427	
0	2,000	7,378	174,4	177,9	180,6	182,6	185,5	149,8	153,1	155,4	157,2	158,5
4	1,999	7,378	174,4	177,9	180,6	182,6	185,5	149,8	153,1	155,4	157,2	158,5
8	1,995	7,378	174,3	177,9	180,5	182,6	185,5	149,8	153,1	155,4	157,2	158,5
12	1,989	7,377	174,3	177,9	180,5	182,6	185,5	149,8	153,1	155,4	157,2	158,5
16	1,981	7,375	174,3	177,8	180,5	182,6	185,5	149,8	153,1	155,4	157,1	158,4
20	1,970	7,374	174,3	177,8	180,5	182,6	185,5	149,8	153,0	155,4	157,1	158,4
24	1,956	7,372	174,3	177,8	180,5	182,5	185,4	149,8	153,0	155,4	157,1	158,4
28	1,941	7,369	174,2	177,8	180,4	182,5	185,4	149,7	153,0	155,3	157,1	158,4
32	1,923	7,366	174,2	177,7	180,4	182,5	185,4	149,7	153,0	155,3	157,0	158,3
36	1,902	7,363	174,2	177,7	180,4	182,4	185,3	149,7	152,9	155,3	157,0	158,3
40	1,879	7,360	174,1	177,7	180,3	182,4	185,3	149,6	152,9	155,3	157,0	158,3
44	1,854	7,356	174,1	177,6	180,3	182,4	185,3	149,6	152,9	155,2	156,9	158,2
48	1,827	7,353	174,0	177,6	180,2	182,3	185,2	149,6	152,8	155,2	156,9	158,2
52	1,798	7,201	172,3	175,7	178,4	180,4	183,3	148,0	151,3	153,6	155,3	156,6
56	1,766	6,920	168,9	172,3	174,9	176,9	179,7	145,1	148,3	150,6	152,2	153,5
60	1,732	6,627	165,3	168,6	171,1	173,1	175,8	142,0	145,1	147,3	149,0	150,2
64	1,696	6,322	161,4	164,7	167,2	169,1	171,8	138,7	141,7	143,9	145,5	146,7
68	1,658	6,007	157,4	160,5	163,0	164,8	167,4	135,2	138,2	140,3	141,9	143,0
72	1,618	5,685	153,1	156,2	158,5	160,3	162,9	131,6	134,4	136,5	138,0	139,1
76	1,576	5,356	148,6	151,6	153,9	155,6	158,1	127,7	130,5	132,5	134,0	135,1
80	1,532	5,022	143,9	146,8	149,0	150,7	153,1	123,7	126,4	128,3	129,7	130,8
84	1,486	4,686	139,0	141,8	143,9	145,6	147,9	119,5	122,1	123,9	125,3	126,4
88	1,439	4,348	133,9	136,6	138,7	140,3	142,5	115,1	117,6	119,4	120,7	121,7
92	1,389	4,012	128,6	131,2	133,2	134,7	136,9	110,6	113,0	114,7	116,0	116,9
96	1,338	3,678	123,2	125,7	127,6	129,0	131,1	105,9	108,2	109,8	111,1	112,0
100	1,286	3,349	117,5	119,9	121,7	123,1	125,1	101,0	103,2	104,8	106,0	106,9
104	1,231	3,027	111,7	114,0	115,7	117,0	118,9	96,0	98,1	99,6	100,8	101,6
108	1,176	2,712	105,8	107,9	109,5	110,8	112,6	90,9	92,9	94,3	95,4	96,2
112	1,118	2,407	99,7	101,7	103,2	104,4	106,0	85,7	87,5	88,9	89,9	90,6
116	1,060	2,114	93,4	95,3	96,7	97,8	99,4	80,3	82,0	83,3	84,2	84,9
120	1,000	1,834	87,0	88,8	90,1	91,1	92,6	74,8	76,4	77,6	78,4	79,1

### 8.3 Distancia mínima entre los conductores y partes puestas a tierra.

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, esta distancia no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,20 m.

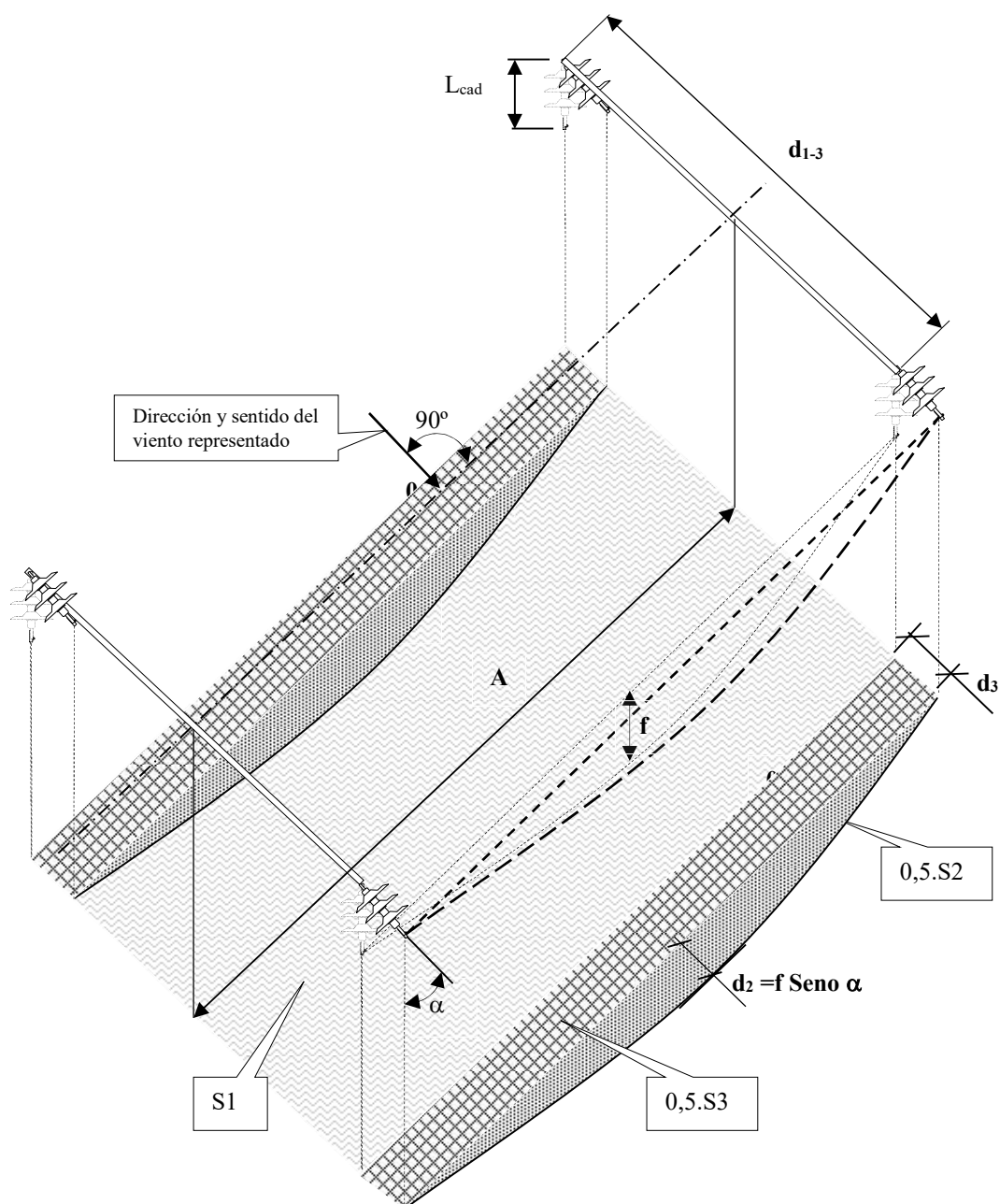
En nuestro caso;  $D_{el} = 0,22$  m.

En el presente Proyecto Tipo, con cadena suspendida, el ángulo máximo de desviación para respetar esa distancia mínima, es de 70°.

#### 8.4 Paso por zonas. Servidumbres de vuelo

La implantación de una línea aérea como las que corresponden al presente proyecto tipo requiere establecer la correspondiente servidumbre de vuelo, definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos de la línea. La superficie creada en un vano de  $A$  m., de longitud, es igual a la la distancia extremas entre conductores  $d_{13}=2b$ , (véase tabla del apdo. 6.1.3) multiplicada por  $A$ , a esta superficie se le denomina  $S_1$ . El efecto del viento sobre la línea provoca que los conductores se desplacen, volando superficies de  $0,5S_2$ , o  $0,5S_2$  y  $0,5S_3$ , dependiendo del tipo de aislamiento, para el cálculo de  $0,5S_2$  y  $0,5S_3$  y de acuerdo apartado 5.12 de la ITC-LAT 07, se considerara los conductores desplazados por un viento de 120 km/h a la temperatura de 15°C. Para determinar la servidumbre total, se tiene en cuenta al viento en una dirección perpendicular a la traza de la línea y en ambos sentidos.

En figura siguiente se indican las disposiciones definidas anteriormente.



En la figura anterior:

- $d_{1-3}$  = Distancia entre fases extremas en metros
- $A$  = Longitud del vano en estudio, metros
- $S_1$  = Superficie de vuelo con los conductores sin viento, en  $m^2 = d_{1-3} \times A$
- $L_{cad}$  = Longitud cadena de suspensión en m. = 0,50 (Apdo. 8.2)
- $f$  = Flecha a  $15^\circ + V$ , metros
- $d_2$  = Producto de la flecha a  $15^\circ + V$ , por seno  $\alpha = f \times \text{Seno } \alpha$
- $d_3$  = Proyección sobre plano horizontal de la desviación de la cadena de aisladores igual a  $L_{cad} \times \text{Seno } \alpha$ , para  $L_{cad} = 0,50$ ;  $d_3 = 0,47$
- $\alpha$  = Angulo de oscilación de los conductores (Apdo. 8.2) =  $64^\circ 25'$  y  $\text{Seno } \alpha = 0,9019$
- $S_2$  = Superficie proyectada sobre el terreno de la flecha inclinada a  $+15^\circ + V$ , en  $m^2$
- $S_3$  = Superficie proyectada sobre el terreno provocada por el desvío de cadenas,  $m^2$

Se presentan tres posibles casos:

Caso 1: Vano delimitado por apoyos con cadenas de amarre.

Caso 2: Vano delimitado por apoyos con cadenas de suspensión.

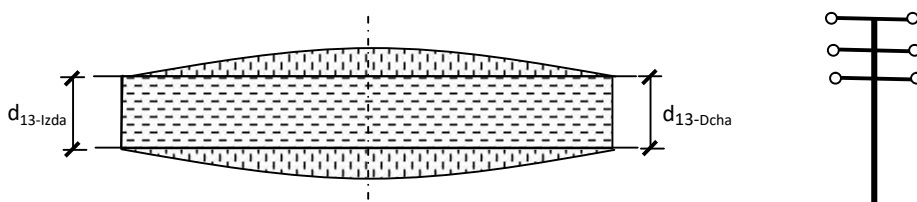
Caso 3: Vano delimitado por un apoyo con cadenas de amarre y otro apoyo con cadenas de suspensión.

En el Caso 1,  $d_3$  es cero dado que las cadenas siguen la dirección del conductor. Consecuentemente el valor de  $S_3$  es cero.

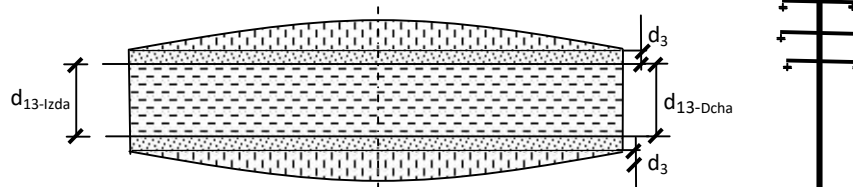
En el Caso 2,  $d_3$  es  $L_{cad} \times \text{Seno } \alpha$  para  $L_{cad} = 0,50$ ;  $d_3 = 0,47$ . Consecuentemente el valor de  $S_3$  es igual a:  $2 \times L_{cad} \times \text{Seno } \alpha \times A$ .

En el Caso 3,  $d_3$  es en el apoyo con cadenas de suspensión igual que en el caso 2, y cero en apoyo con cadenas de amarre. Consecuentemente el valor de  $S_3$  es igual a:  $L_{cad} \times \text{Seno } \alpha \times A$ .

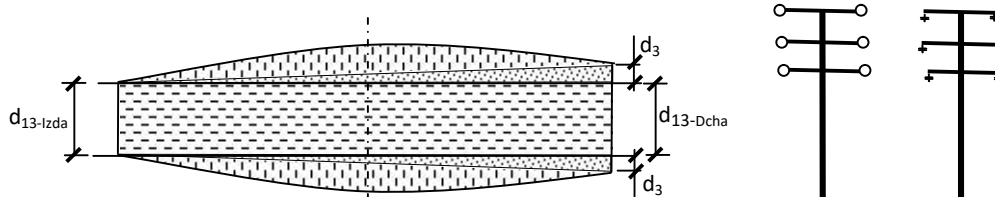
Caso 1, Vano delimitado por apoyos con cadenas de amarre



Caso 2, Vano delimitado por apoyos con cadenas de suspensión



Caso 3, Vano delimitado por apoyo con cadenas de amarre y apoyo con cadenas de suspensión



El valor de  $S_2$  se obtiene por la expresión siguiente;

$$S_2 = 2 \times \left( A \times h \times \text{Cosh} \left( \frac{A}{2 \times h} \right) - 2 \times h^2 \times \text{Senh} \left( \frac{A}{2 \times h} \right) \right)$$

Donde  $h$ , es el parámetro de la catenaria proyectada sobre el terreno.

Aplicando valores, para los diferentes tenses adoptados y zonas de ubicación se tiene:

Conductor 117-AL3 (D 110) Tense Reducido Zona A (Altitud menor de 500 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senα d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
50	519,2	0,541	577,4	0,5056	618,0	200	234	47	280	23	257
55	530,2	0,642	589,5	0,5992	631,1	220	244	51	295	26	270
60	540,6	0,749	601,1	0,6994	643,4	240	256	56	312	28	284
65	550,4	0,863	612,0	0,8062	655,0	260	270	61	331	30	300
70	559,6	0,985	622,3	0,9196	666,0	280	286	65	351	33	319
75	568,3	1,113	632,0	1,0395	676,4	300	304	70	374	35	339
80	576,5	1,248	641,1	1,1660	686,1	320	324	75	399	37	362
85	584,2	1,391	649,6	1,2990	695,2	340	347	79	427	40	387
90	591,4	1,540	657,6	1,4386	703,8	360	373	84	457	42	415
95	598,2	1,697	665,2	1,5848	711,8	380	401	89	490	44	445
100	604,6	1,860	672,2	1,7376	719,4	400	432	93	525	47	478
105	610,5	2,031	678,9	1,8970	726,5	420	466	98	564	49	515
110	616,1	2,209	685,1	2,0631	733,1	440	503	103	606	51	554
115	621,4	2,394	691,0	2,2360	739,3	460	543	107	650	54	597
120	626,3	2,586	696,5	2,4155	745,2	480	587	112	699	56	643
145	647,0	3,656	719,4	3,4152	769,5	580	861	135	996	68	929
170	662,2	4,911	736,4	4,5874	787,5	680	1241	159	1400	79	1320
195	673,7	6,354	749,1	5,9348	800,9	780	1745	182	1927	91	1836
220	682,5	7,986	758,9	7,4595	811,0	880	2392	205	2598	103	2495
245	689,3	9,810	766,4	9,1633	818,8	980	3200	229	3429	114	3314
270	694,7	11,827	772,4	11,047	824,9	1080	4188	252	4440	126	4314

Conductor 117-AL3 (D 110) Tense Reducido Zona B (Altitud entre 500 y 1000 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senα d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
50	433,4	0,649	481,9	0,6059	515,8	200	240	47	287	23	264
55	447,0	0,761	497,1	0,7107	532,1	220	252	51	304	26	278
60	459,7	0,881	511,2	0,8225	547,1	240	266	56	322	28	294
65	471,5	1,008	524,3	0,9412	561,1	260	282	61	342	30	312
70	482,4	1,142	536,5	1,0668	574,1	280	300	65	365	33	332
75	492,6	1,284	547,7	1,1995	586,2	300	320	70	390	35	355
80	502,0	1,434	558,2	1,3392	597,4	320	343	75	418	37	380
85	510,8	1,591	568,0	1,4859	607,8	340	368	79	448	40	408
90	518,9	1,756	577,0	1,6397	617,5	360	397	84	481	42	439
95	526,5	1,928	585,5	1,8008	626,5	380	428	89	517	44	473
100	533,6	2,108	593,3	1,9690	634,8	400	463	93	556	47	509
105	540,2	2,296	600,6	2,1445	642,6	420	500	98	599	49	549
110	546,3	2,492	607,5	2,3273	649,9	440	542	103	644	51	593
115	552,0	2,695	613,8	2,5174	656,7	460	586	107	694	54	640
120	557,4	2,907	619,8	2,7149	663,0	480	635	112	747	56	691
145	579,3	4,084	644,2	3,8147	689,0	580	938	135	1074	68	1006
170	595,3	5,465	661,9	5,1045	707,7	680	1359	159	1517	79	1438
195	607,1	7,053	675,1	6,5880	721,5	780	1916	182	2098	91	2007
220	616,0	8,851	685,0	8,2673	731,8	880	2631	205	2836	103	2733
245	622,9	10,861	692,6	10,145	739,6	980	3523	229	3752	114	3637
270	628,3	13,085	698,6	12,222	745,6	1080	4614	252	4866	126	4740

Conductor 117-AL3 (D 110)											
Tense Reducido											
Zona C (Altitud mayor de 1000 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senoz d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
50	331,6	0,848	368,7	0,7920	394,6	200	253	47	300	23	276
55	338,1	1,006	376,0	0,9398	402,3	220	269	51	320	26	295
60	343,7	1,178	382,2	1,1002	409,0	240	288	56	344	28	316
65	348,6	1,363	387,6	1,2733	414,8	260	310	61	371	30	341
70	352,8	1,562	392,3	1,4592	419,7	280	336	65	402	33	369
75	356,5	1,775	396,4	1,6580	424,1	300	366	70	436	35	401
80	359,7	2,002	400,0	1,8698	427,8	320	400	75	474	37	437
85	362,5	2,243	403,1	2,0946	431,2	340	438	79	517	40	477
90	365,0	2,497	405,8	2,3327	434,1	360	480	84	564	42	522
95	367,2	2,766	408,3	2,5838	436,6	380	528	89	616	44	572
100	369,1	3,049	410,4	2,8482	438,9	400	580	93	674	47	627
105	370,8	3,347	412,4	3,1258	440,9	420	638	98	736	49	687
110	372,4	3,658	414,1	3,4169	442,7	440	702	103	805	51	753
115	373,8	3,984	415,6	3,7212	444,2	460	772	107	879	54	825
120	375,0	4,324	417,0	4,0389	445,7	480	847	112	959	56	903
145	379,7	6,241	422,2	5,8292	450,9	580	1330	135	1465	68	1398
170	382,6	8,520	425,4	7,9577	454,0	680	2010	159	2169	79	2089
195	384,6	11,163	427,6	10,427	455,8	780	2923	182	3106	91	3015
220	386,0	14,175	429,2	13,240	457,0	880	4106	205	4312	103	4209
245	387,0	17,556	430,3	16,398	457,6	980	5595	229	5824	114	5710
270	387,7	21,311	431,1	19,905	457,8	1080	7428	252	7681	126	7554

Conductor 117-AL3 (D 110)											
Tense Límite Estático Dinámico											
Zona A (Altitud menor de 500 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senoz d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
60	663,5	0,610	737,7	0,5698	789,7	240	286	56	342	28	314
70	694,4	0,793	772,2	0,7410	826,6	280	309	65	375	33	342
80	724,5	0,993	805,6	0,9278	862,3	320	339	75	414	37	376
90	753,4	1,209	837,7	1,1292	896,7	360	376	84	460	42	418
100	781,1	1,440	868,6	1,3446	929,7	400	419	93	513	47	466
110	807,7	1,685	898,2	1,5734	961,3	440	471	103	574	51	522
120	833,2	1,944	926,5	1,8153	991,5	480	531	112	643	56	587
130	844,8	2,250	939,4	2,1013	1005,3	520	604	121	726	61	665
140	854,8	2,579	950,5	2,4088	1017,1	560	690	131	821	65	755
150	864,0	2,929	960,7	2,7357	1028,1	600	787	140	928	70	857
160	872,6	3,300	970,3	3,0823	1038,2	640	898	149	1047	75	973
170	880,5	3,692	979,1	3,4485	1047,5	680	1022	159	1181	79	1102
180	887,8	4,105	987,2	3,8346	1056,2	720	1161	168	1329	84	1245
190	894,6	4,540	994,7	4,2404	1064,2	760	1315	177	1493	89	1404
200	900,9	4,996	1001,7	4,6661	1071,6	800	1485	187	1672	93	1579
225	914,5	6,229	1016,9	5,8183	1087,6	900	1987	210	2198	105	2092
250	925,9	7,598	1029,5	7,0968	1100,8	1000	2609	234	2842	117	2725
275	935,3	9,103	1040,0	8,5028	1111,8	1100	3362	257	3619	128	3491
300	943,1	10,746	1048,7	10,037	1120,8	1200	4262	280	4542	140	4402
325	949,7	12,527	1056,0	11,701	1128,4	1300	5321	304	5625	152	5473
350	955,3	14,448	1062,2	13,495	1134,7	1400	6553	327	6880	163	6716

Conductor 117-AL3 (D 110)											
Tense Límite Estático Dinámico											
Zona B (Altitud entre 500 y 1000 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senα d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
60	639,2	0,633	710,7	0,5915	760,8	240	287	56	343	28	315
70	659,1	0,836	732,8	0,7808	784,4	280	313	65	378	33	346
80	677,7	1,062	753,6	0,9919	806,6	320	346	75	421	37	383
90	694,9	1,311	772,7	1,2242	827,1	360	387	84	471	42	429
100	710,8	1,582	790,4	1,4776	846,0	400	437	93	530	47	484
110	725,4	1,876	806,6	1,7521	863,3	440	497	103	600	51	548
120	738,8	2,192	821,5	2,0475	879,1	480	568	112	680	56	624
130	751,0	2,531	835,1	2,3641	893,6	520	650	121	771	61	711
140	762,1	2,893	847,5	2,7018	906,8	560	745	131	875	65	810
150	772,3	3,277	858,8	3,0609	918,8	600	853	140	993	70	923
160	781,6	3,684	869,1	3,4414	929,9	640	975	149	1124	75	1049
170	790,1	4,115	878,6	3,8435	939,9	680	1112	159	1271	79	1191
180	797,9	4,569	887,3	4,2672	949,1	720	1265	168	1433	84	1349
190	805,0	5,046	895,2	4,7129	957,5	760	1435	177	1613	89	1524
200	811,6	5,546	902,4	5,1805	965,2	800	1623	187	1810	93	1716
225	825,7	6,901	918,1	6,4462	981,7	900	2176	210	2387	105	2281
250	837,1	8,406	930,8	7,8515	995,0	1000	2861	234	3095	117	2978
275	846,4	10,062	941,2	9,3980	1005,9	1100	3692	257	3949	128	3821
300	854,2	11,870	949,8	11,087	1014,7	1200	4684	280	4965	140	4824
325	860,6	13,831	956,9	12,918	1022,0	1300	5852	304	6156	152	6004
350	866,0	15,946	962,9	14,894	1028,1	1400	7211	327	7538	163	7374

Conductor 117-AL3 (D 110)											
Tense Límite Estático Dinámico											
Zona C (Altitud mayor de 1000 m)											
Vano A m	15°C + Viento			F Senα d <sub>2</sub> m	Parám. proyect m	Sup S <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	Caso 1 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	Caso 2		Caso 3	
	T daN	F m	Parámetro m					S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
60	503,9	0,803	560,3	0,7503	599,7	240	300	56	356	28	328
70	509,4	1,082	566,4	1,0104	606,2	280	334	65	400	33	367
80	513,9	1,401	571,4	1,3082	611,5	320	380	75	454	37	417
90	517,6	1,760	575,5	1,6441	615,9	360	437	84	521	42	479
100	520,6	2,161	578,9	2,0181	619,4	400	509	93	603	47	556
110	523,1	2,602	581,7	2,4305	622,3	440	597	103	699	51	648
120	525,2	3,085	584,0	2,8813	624,7	480	701	112	814	56	757
130	527,0	3,609	586,0	3,3709	626,7	520	825	121	946	61	886
140	528,4	4,175	587,6	3,8992	628,3	560	969	131	1100	65	1034
150	529,7	4,782	589,0	4,4664	629,7	600	1135	140	1275	70	1205
160	530,7	5,431	590,1	5,0726	630,8	640	1324	149	1473	75	1399
170	531,6	6,122	591,1	5,7179	631,8	680	1538	159	1697	79	1618
180	532,4	6,854	592,0	6,4022	632,6	720	1780	168	1948	84	1864
190	533,1	7,629	592,8	7,1258	633,3	760	2049	177	2227	89	2138
200	533,7	8,446	593,4	7,8887	633,8	800	2349	187	2536	93	2442
225	534,9	10,672	594,7	9,9682	634,8	900	3240	210	3450	105	3345
250	535,7	13,163	595,7	12,295	635,4	1000	4354	234	4588	117	4471
275	536,4	15,920	596,4	14,869	635,7	1100	5718	257	5975	128	5846
300	536,9	18,943	597,0	17,694	635,8	1200	7357	280	7637	140	7497
325	537,3	22,235	597,5	20,769	635,7	1300	9299	304	9602	152	9450
350	537,6	25,797	597,8	24,095	635,5	1400	11570	327	11897	163	11733

## 8.5 Prescripciones especiales

Para aquellas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismo con otras líneas, con vías de comunicación, o con ríos o canales navegables o flotables, conducciones de gas, pasos sobre bosques o sobre zonas urbanas y proximidades a edificios y aeropuertos, deberán seguirse las prescripciones indicadas en el Capítulo 5 de la ITC-LAT 07, y documentos establecidas en cada caso por los organismos afectados u otras normas oficiales al respecto.

## 9 UTILIZACIÓN DE APOYOS Y CRUCETAS

En este capítulo se definen los diferentes tipos de apoyos y crucetas a utilizar en el diseño de las líneas a que se refiere el presente Proyecto Tipo.

### 9.1 Clasificación de los apoyos

De acuerdo con el apartado 2.4.1 de la ITC-LAT 07, los apoyos, atendiendo al tipo de cadena de aislamiento se clasifican según su función en:

- a) **Apoyo de suspensión:** Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- b) **Apoyo de amarre:** Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- c) **Apoyo de anclaje:** Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará en ese punto, la prolongación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.
- d) **Apoyo de principio o fin de línea:** Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
- e) **Apoyos especiales:** Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

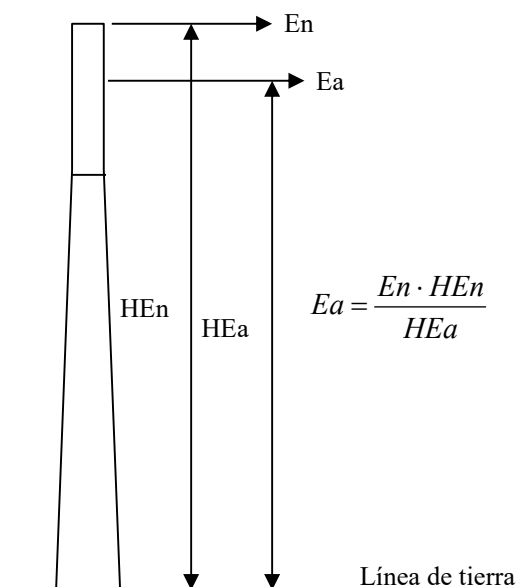
- f) **Apoyo de alineación:** Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- g) **Apoyo de ángulo:** Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

En el tipo de línea que se contempla en el presente Proyecto Tipo, para los apoyos de ángulo con aislamiento suspendido, no es aconsejable emplearlos para ángulos de desviación de la traza mayores de 4°.

### 9.2 Características resistentes y dimensiones de los apoyos

Los apoyos previstos para el tipo de línea que nos ocupa serán de perfiles metálicos según el documento NI 52.10.01, según la disposición de los armados, al producirse las solicitaciones sobre los mismos en cota inferior a la definida para el esfuerzo nominal, los apoyos son capaces de soportar mayores esfuerzos. Este valor se obtiene igualando momentos sobre la línea de tierra.





Siendo:

En = Esfuerzo nominal apoyo, en daN

HEn = Altura en m, para la que está definido En

Ea = Esfuerzo admisible del armado, en daN

HEa = Altura en m, para la que está definido Ea

$$Ea = \frac{En \cdot HEn}{HEa}$$

Aplicando valores, para armados con crucetas distanciadas verticalmente 1,80 o 2,40 m, tendremos:

Incremento del esfuerzo nominal para crucetas distanciadas verticalmente 1,80, m			
HEn, m	HEa, m	Ea/En	Δ%
10	8,2	1,22	21,95%
12	10,2	1,18	17,65%
14	12,2	1,15	14,75%
16	14,2	1,13	12,68%
18	16,2	1,11	11,11%
20	18,2	1,10	9,89%
22	20,2	1,09	8,91%
24	22,2	1,08	8,11%
26	24,2	1,07	7,44%

Incremento del esfuerzo nominal para crucetas distanciadas verticalmente 2,40, m			
HEn, m	HEa, m	Ea/En	Δ%
10	8,8	1,14	13,64%
12	10,8	1,11	11,11%
14	12,8	1,09	9,38%
16	14,8	1,08	8,11%
18	16,8	1,07	7,14%
20	18,8	1,06	6,38%
22	20,8	1,06	5,77%
24	22,8	1,05	5,26%
26	24,8	1,05	4,84%

Vemos que a medida que aumenta el valor de HEn, el porcentaje disminuye, por ello y situándonos del lado de la seguridad adoptamos para todos los casos un incremento del 7,44% y 4,84% para separaciones verticales de crucetas de 1,80 y 2,40 m respectivamente.

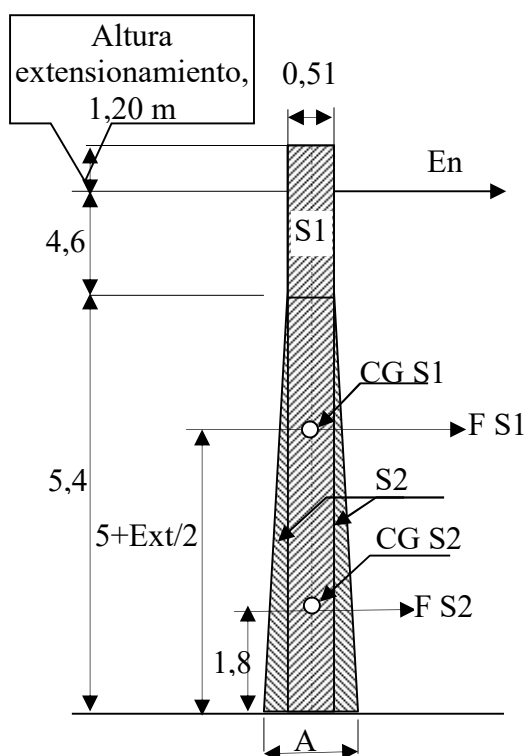
Teniendo en cuenta lo anterior:

Ecuación General Apoyos tipo C							
VALORES ESPECIFICADOS			Cruceas distanciadas verticalmente, 1,80 m			Cruceas distanciadas verticalmente, 2,40 m	
Apoyo Tipo	T - L daN	V daN	T - L daN	Ecuación Resistente	T - L daN	Ecuación Resistente	
C-1000	1000	600	1074	V + 5.T = 5972	1048	V + 5.T = 5842	
C-2000	2000	600	2149	V + 5.T = 11344	2097	V + 5.T = 11084	
C-3000	3000	800	3223	V + 5.T = 16916	3145	V + 5.T = 16526	
C-4500	4500	800	4835	V + 5.T = 24974	4718	V + 5.T = 24389	
C-7000	7000	1200	7521	V + 5.T = 38803	7339	V + 5.T = 37894	
C-9000	9000	1200	9669	V + 5.T = 49547	9435	V + 5.T = 48377	

Los esfuerzos T y L, se consideran aplicados a nivel de la cruceta intermedia.

El valor de V podrá variar en función de la ecuación resistente, siempre y cuando el valor de T o L, no superen el esfuerzo nominal del apoyo y el valor de la carga vertical no supere en tres veces la carga vertical especificada.

Los valores, para los que están especificados los esfuerzos nominales, lo son con viento de 120 km/h y una presión de 170 daN/m<sup>2</sup>, en las hipótesis de hielo, los esfuerzos que pueden soportar los apoyos son iguales al nominal más el viento sobre la estructura, estos incrementos son mayores cuanto mayor es la altura del apoyo. Siguiendo el mismo criterio que en los casos anteriores, consideramos un altura mínima de HEn = 10 m.



Fuerza de viento aplicada en cabeza, la obtenemos tomando momentos respecto a la línea de tierra.

$$F_v = \frac{F_{S1} \cdot 5 + F_{S2} \cdot 1,8}{4,6 + 5,4}$$

Aplicando valores, para apoyos de 10 y 20 m de altura libre, tenemos:

Apoyos de 10 m de altura libre, con cabeza de 0,51m de ancho x 4,60 m de largo

Apoyo Tipo	Conicidad mm/m	A m	Superficie silueta, m <sup>2</sup>		Superficie proyectada m <sup>2</sup>		Fuerza Viento, daN		
			S1	S2	%	Total	S1	S2	Cogolla
C-1000	35,00	0,70	5,10	0,51	30,00%	1,68	260,1	26,0	134,7
C-2000	37,50	0,71	5,10	0,55	32,50%	1,84	281,8	30,2	146,3
C-3000	40,00	0,73	5,10	0,58	35,00%	1,99	303,5	34,7	158,0
C-4500	42,50	0,74	5,10	0,62	37,50%	2,14	325,1	39,5	169,7
C-7000	45,00	0,75	5,10	0,66	40,00%	2,30	346,8	44,6	181,4
C-9000	47,50	0,77	5,10	0,69	42,50%	2,46	368,5	50,0	193,2

Apoyos de 20 m de altura libre, con cabeza de 0,51m de ancho x 4,60 m de largo

Apoyo Tipo	Conicidad	A	Superficie silueta, m <sup>2</sup>		Superficie proyectada considerada (m <sup>2</sup> ) *		Fuerza Viento, daN		
			S1	S2	%	Total	S1	S2	Cogolla
C-1000	35,00	1,05	10,20	4,15	30,00%	4,31	520,2	211,7	628,9
C-2000	37,50	1,09	10,20	4,45	32,50%	4,76	563,6	245,7	689,7
C-3000	40,00	1,13	10,20	4,74	35,00%	5,23	606,9	282,2	751,8
C-4500	42,50	1,16	10,20	5,04	37,50%	5,71	650,3	321,3	815,2
C-7000	45,00	1,20	10,20	5,34	40,00%	6,21	693,6	362,9	879,9
C-9000	47,50	1,24	10,20	5,63	42,50%	6,73	737,0	407,0	945,9

\* Se indica un porcentaje menor del previsible.

Ateniéndonos a lo anterior y en la seguridad de que los incrementos deducidos sobre los esfuerzos nominales son siempre menores a los reales tenemos:

Ecuación General Apoyos tipo C						
VALORES ESPECIFICADOS			HIPOTESIS DE VIENTO		HIPOTESIS DE HIELO (*)	
Apoyo Tipo	T - L daN	V daN	T - L daN	Ecuación Resistente	T - L daN	Ecuación Resistente
C-1000	1000	600	1000	V+5T = 5600	1135	V+5T = 6274
C-2000	2000	600	2000	V+5T = 10600	2146	V+5T = 11332
C-3000	3000	800	3000	V+5T = 15800	3158	V+5T = 16590
C-4500	4500	800	4500	V+5T = 23300	4670	V+5T = 24148
C-7000	7000	1200	7000	V+5T = 36200	7181	V+5T = 37107
C-9000	9000	1200	9000	V+5T = 46200	9193	V+5T = 47166

Siendo: T = Suma de cargas horizontales que actúan sobre el apoyo, en daN.

V = Suma de cargas verticales que actúan sobre el apoyo, en daN.

Dado que para los armados previstos, el punto de aplicación de las cargas transmitidas por conductores, viento sobre aisladores y crucetas, se producen por debajo de la cogolla del apoyo y a nivel de la cruceta intermedia, lógicamente las cargas que pueden soportar los apoyos son mayores a los indicados en la tabla anterior.

Teniendo en cuenta las anteriores conclusiones, aplicadas a los armados tenemos:

En armados con crucetas distanciadas verticalmente 1,80 m, las ecuaciones resistentes en hipótesis de viento y hielo, serán las siguientes:

APOYOS TIPO C: ARMADOS DOBLE CIRCUITO						
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m						
Apoyo Tipo	HIPOTESIS DE VIENTO			HIPOTESIS DE HIELO		
	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente
C-1000	1074	600	V+5T = 5972	1219	600	V+5T = 6696
C-2000	2149	600	V+5T = 11344	2306	600	V+5T = 12130
C-3000	3223	800	V+5T = 16916	3393	800	V+5T = 17764
C-4500	4835	800	V+5T = 24974	5017	800	V+5T = 25885
C-7000	7521	1200	V+5T = 38803	7716	1200	V+5T = 39778
C-9000	9669	1200	V+5T = 49547	9877	1200	V+5T = 50585

APOYOS TIPO C: ARMADOS DOBLE CIRCUITO						
Armado con extensionamiento de 1,20 m. Distancia vertical entre crucetas, 2,40 m						
Apoyo Tipo	HIPOTESIS DE VIENTO			HIPOTESIS DE HIELO		
	H máx daN	V daN	Ecuación Resistente	H máx daN	V daN	Ecuación Resistente
C-1000	990	500	V+5T = 5451	1190	500	V+5T = 6448
C-2000	2039	500	V+5T = 10693	2250	500	V+5T = 11751
C-3000	3087	700	V+5T = 16134	3311	700	V+5T = 17254
C-4500	4659	700	V+5T = 23997	4896	700	V+5T = 25178
C-7000	7280	1100	V+5T = 37502	7529	1100	V+5T = 38745
C-9000	9377	1100	V+5T = 47986	9638	1100	V+5T = 49290

En los esfuerzos trasversales, se ha deducido el esfuerzo de viento provocado sobre el extensionamiento considerando una superficie proyectada del 50%, en los esfuerzos verticales se ha deducido el peso aproximado del extensionamiento, para el cual se ha considerado 100 daN.

### 9.3 Características resistentes de las crucetas

En todos los tipos de apoyos independientemente de su función dentro de la línea se utilizarán crucetas rectas, pudiendo tomar como referencia para las mismas el documento informativo NI 52.31.02, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista. Responden a las características siguientes:

#### Crucetas rectas para apoyos de celosía. Esfuerzos nominales y casos de carga, por punto de fijación de conductor.

Designación	Casos de carga	Carga de trabajo más sobrecarga, en daN			Coeficiente de seguridad	Carga de ensayo, en daN			Tiempo de ensayo, en segundos
		V	L	T		V	L	T	
RC2 y SC2	A B	650 650	 1500	1500 ---	1,50	975 975	 2250	2250  	60

Estas crucetas dan separaciones entre fases contiguas de 10 dm (10-S), 12,5 dm (12,5-S), 15 dm (15-S), 17,5 dm (17,5-S) y 20 dm (20-S).

#### Guía de utilización de crucetas

En la tabla siguiente, se indican los vanos medios máximos que admiten las crucetas, en función de la pendiente y el tense de los conductores.

Zona A (Altitud de 0 a 500 m)						
Pendiente	Tense Máximo Estático dinámico			Tense reducido		
	Cruceta CR-2			Cruceta CR-2		
N	Seguridad			Seguridad		
	Normal	Reforzada		Normal	Reforzada	
0	1615	1292		1615	1292	
0,1	1495	1172		1528	1205	
0,2	1375	1052		1441	1118	
0,3	1255	932		1353	1030	
Zona B (Altitud entre 500 y 1000m)						
0	601	481		601	481	
0,1	498	377		526	406	
0,2	394	274		451	331	
0,3	291	171		376	255	
Zona C (Altitud mayor de 1000m)						
0	369	295		601	481	
0,1	498	232		526	406	
0,2	394	168		451	331	

0,3	291	105	376	255
-----	-----	-----	-----	-----

## 9.4 Cargas permanentes

Las crucetas, en su caso los extensionamientos y el aislamiento, transmiten al apoyo, siempre su peso y en el caso de hipótesis de viento, la fuerza que genera sobre ellos la presión de viento, cuyo valor está especificado en el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07.

### 9.4.1 Crucetas y aislamiento

El valor de la fuerza del viento sobre las crucetas rectas, según el apartado 3.1.2.4 de ITC-LAT 07 es igual:

$$F_C = q_{sp} \cdot A_{p-cru} \approx 8,5 \text{ daN}$$

Siendo:  $q_{sp}$  = Presión provocada por un viento de 120 km/h, sobre superficies planas = 100 daN/ m<sup>2</sup>

$$A_{p-cru} = 0,930 \cdot 0,090 = 0,0837 \approx 0,085 \text{ m}^2.$$

Se ha considerado el área proyectada de la cruceta correspondiente a la barra extrema en la que se instalan los aisladores. Esta barra es de 930 mm de máxima longitud y angular de L90.9 o menor.

El valor de la fuerza del viento sobre la cadena de aisladores, según el apartado 3.1.2.2 de ITC-LAT 07 es igual:

$$F_C = q_{ais} \cdot A_i \approx 2,10 \text{ daN}$$

Siendo:  $q_{ais}$  = Presión provocada por un viento de 120 km/h = 70 daN/m<sup>2</sup>

$A_i$  = Área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores, en m<sup>2</sup>. Para una longitud de cadena de 0,5 m y un ancho de cadena medio de 0,06 m.

A efectos de cálculos se adopta, un peso por cadena de 5 daN.

Agregando los esfuerzos del viento los esfuerzos transversales de aisladores y cruceta serán

Apoyos con aislamiento suspendido o de principio o fin de línea:  $8,5 + 2 \cdot 2,10 = 12,70$  daN/cruceta

Resto de apoyos:  $8,5 + 4 \cdot 2,10 = 16,90$  daN/cruceta

Dado que cada apoyo incorpora tres crucetas con su correspondiente aislamiento, el esfuerzo total será:

Apoyos con aislamiento suspendido o de principio o fin de línea:  $3 \cdot 12,70 = 38,10$  daN

Resto de apoyos:  $3 \cdot 16,90 = 50,70$  daN

Peso aproximados de crucetas en daN, inclusive en su caso con cartelas para cadenas verticales o tornillos cáncamo.

RC2-10S - 41 daN

RC2-12,5S - 51 daN

Siguiendo los criterios establecidos anteriormente, adoptamos las cargas verticales de las crucetas RC2. Con ello, las cargas verticales de crucetas y aislamiento serán:

Composición armados			Peso Crucetas	Peso aislamiento		Total, crucetas y aislamiento	
a	b	d		Suspendido o fin de línea	Amarre	Suspendido o fin de línea	Amarre
m	m	m	daN	daN	daN	daN	daN
1,00	1,25	1,80	133	30	60	163	193
1,00	1,25	2,40	133	30	60	163	193

A continuación se indica, para los armados indicados, las cargas permanentes, transversales y verticales que las crucetas y aisladores transmiten al apoyo.

Armado	a, m	b, m	d, m
	100	1,25	1,80

Cargas permanentes	Apoyos con aislamiento suspendido o de principio o fin de línea	Resto de apoyos
Cargas verticales, daN	163	193
Cargas transversales, daN	38,1	50,7

A efecto de cálculo mecánico de los apoyos, se aplicarán los valores de 193 y 51 daN.

Atendiendo a lo indicado anteriormente, en función de los armados, los esfuerzos útiles de los apoyos deducidas cargas permanentes verticales y transversales son:

<b>APOYOS TIPO C: ARMADOS DOBLE CIRCUITO</b>						
<b>Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m</b>						
<b>Esfuerzos admisibles y ecuación de los apoyos, deducidas cargas permanentes.</b>						
Apoyo Tipo	HIPOTESIS DE VIENTO			HIPOTESIS DE HIELO		
	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente
C-1000	1023	407	V+5T = 5524	1219	407	V+5T = 6503
C-2000	2098	407	V+5T = 10896	2306	407	V+5T = 11937
C-3000	3172	607	V+5T = 16468	3393	607	V+5T = 17571
C-4500	4784	607	V+5T = 24526	5017	607	V+5T = 25692
C-7000	7470	1007	V+5T = 38355	7716	1007	V+5T = 39585
C-9000	9618	1007	V+5T = 49099	9877	1007	V+5T = 50392

<b>APOYOS TIPO C: ARMADOS DOBLE CIRCUITO</b>						
<b>Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.</b>						
<b>Esfuerzos admisibles y ecuación de los apoyos, deducidas cargas permanentes.</b>						
Apoyo Tipo	HIPOTESIS DE VIENTO			HIPOTESIS DE HIELO		
	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente	T - L daN	V daN	Ecuación Resistente
C-1000	939	307	V+5T = 5003	1190	307	V+5T = 6255
C-2000	1988	307	V+5T = 10245	2250	307	V+5T = 11558
C-3000	3036	507	V+5T = 15686	3311	507	V+5T = 17061
C-4500	4608	507	V+5T = 23549	4896	507	V+5T = 24985
C-7000	7229	907	V+5T = 37054	7529	907	V+5T = 38552
C-9000	9326	907	V+5T = 47538	9638	907	V+5T = 49097

Cuando se den las condiciones descritas en los apartados 3.5.3 y 5.3 de la ITC-LAT 07, los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas en el caso de hipótesis normales y en 3ª hipótesis, deberán ser un 25% superior (seguridad reforzada).

## 9.5 Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de suspensión

Las cargas verticales, transversales y longitudinales que afectan a crucetas y apoyos, se calculan siguiendo los procedimientos siguientes:

### 1ª Hipótesis (viento). Aplicable en Zonas A, B y C

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

Cargas permanentes = Peso de cruceta + peso de aislamiento + Peso conductores =  $P_c + P_a + P_{cond}$

$$P_{cond} = n \cdot P \cdot \left[ L + T_V \cdot \left( \frac{h_0 - h_1}{L_1} + \frac{h_0 - h_2}{L_2} \right) / P_{ap-v} \right] = n \cdot P \cdot \left( L + \frac{T_V \cdot N}{P_{ap-v}} \right) \quad daN$$

Siendo:

$P_c$  = Peso de cruceta, daN (Ver 10.3.1).

$P_a$  = Peso cadenas de aislamiento, daN (Ver 10.3.1).

$P_{cond}$  = Peso de conductor con sobrecarga de viento de 120 km/h, daN

$n$  = Número de conductores = 6

$P$  = Peso del conductor, en daN/m = 0,396

$P_{ap-v}$  = Peso aparente con presión de viento de 60 daN/ m<sup>2</sup>

$$P_{ap-v} = \sqrt{P^2 + (q \cdot d)^2} = \sqrt{0,396^2 + 0,8285^2} = 0,918 \quad daN/m$$

$d$  = Diámetro de los conductores en m. = 0,0138

$q$  = Presión viento, sobre conductores de diámetro inferior a 16 mm, en daN/m<sup>2</sup> = 60

$T_V$  = Tracción de los conductores con sobrecarga de viento a -5°C, en Zona A, -10°C en Zona B y -15°C en zona C, en daN.

$h_0$  = Altura del apoyo en estudio respecto a un plano horizontal, en metros

$h_1$  = Altura del apoyo anterior al de estudio, respecto al mismo plano horizontal, en m.

$h_2$  = Altura del apoyo posterior al de estudio, respecto al mismo plano horizontal, en m.

$L_1$  = Longitud vano anterior al de estudio, en metros

$L_2$  = Longitud vano posterior al de estudio, en metros

$L$  = Vano medio =  $(L_1 + L_2) / 2$ , en metros

$N$  = Pendiente.

Las cargas verticales, que deberán soportar las crucetas por cada punto de fijación de los conductores, es igual,  $P_{cond}/n$  más el peso del aislamiento.

Las cargas trasversales, que deben soportar los apoyos provocadas por los conductores son:

$$F_T = n \cdot q \cdot \phi \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot n \cdot T_V \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad daN$$

Siendo:  $\alpha$  = Ángulo de desviación de la traza, en grados

Las cargas trasversales, que se transmiten al apoyo, por crucetas y aislamiento, se indican en el apartado 10.3.1.

Las cargas, transversales que deberán soportar las crucetas, son las mismas que para los apoyos menos el esfuerzo de viento sobre las mismas.

## 2ª Hipótesis (hielo). Aplicable en Zonas B y C

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

Cargas permanentes = Peso de cruceta + peso de aislamiento + Peso conductores =  $P_c + P_a + P_{cond}$

$$P_{cond} = n \cdot P_{ap-h} \left[ L + T_h \cdot \left( \frac{h_0 - h_1}{L_1} + \frac{h_0 - h_2}{L_2} \right) / P_{ap-h} \right] = n \cdot P_{ap-h} \left( L + \frac{T_h \cdot N}{P_{ap-h}} \right) \quad daN$$

Siendo:

$P_{ap-h}$  = Peso aparente con sobrecarga de hielo de = 0,180.√d, en Zona B, = 0,360.√d, en Zona C, daN/m.

Peso + sobrecarga hielo; Zona B =  $P + 0,18 \cdot \sqrt{d} = 1,337 \text{ daN/m}$

Peso + sobrecarga hielo en Zona C =  $P + 0,36 \cdot \sqrt{d} = 1,733 \text{ daN/m}$

$T_h$  = Tracción de los conductores con sobrecarga de hielo a -15°C, en Zona B y a -20°C en Zona C, en daN.

Las cargas verticales, que deberán soportar las crucetas por cada punto de fijación de los conductores, es igual,  $P_{cond}/n$  más el peso del aislamiento.

Las cargas trasversales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = 2 \cdot n \cdot T_h \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad daN$$

## 3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones). Aplicable en Zonas A, B y C

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos y crucetas, según zona, serán las deducidas anteriormente.

Las cargas longitudinales, en daN, que deben soportar los apoyos son:

Apoyos con seguridad:	Zona A	Zonas B y C
Normal	$F_L = 8 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100}$	$F_L = 8 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100}$
Reforzada	$F_L = 1,25 \cdot 8 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100} = \frac{n \cdot T_V}{10}$	$F_L = 1,25 \cdot 8 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100} = \frac{n \cdot T_h}{10}$

Las cargas trasversales serán las que genera el ángulo para 1ª o 2ª hipótesis, según el caso.

## 4ª Hipótesis (rotura de conductores)

Esta hipótesis no se aplica en el tipo de apoyo en estudio, según lo indicado en 6.2.



## Guía de utilización de apoyos

El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados, es el C-1000, tanto con seguridad normal como reforzada.

En el Anexo B, se incluyen los gráficos de utilización de los apoyos.

### 9.6 Apoyo de alineación o ángulo y cadenas de amarre

Salvo en 3ª hipótesis (desequilibrio de tracciones), para la determinación de los esfuerzos sobre los apoyos y crucetas, según el caso, se calculan igual a lo indicado en 9.4.

#### 3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones). Aplicable en Zonas A, B y C

De acuerdo el apartado 3.1.4.2 de la ITC-LAT 07, el desequilibrio a considerar, será del 15% de las tracciones unilaterales de todos los conductores, El esfuerzo resultante se podrá considerar distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores. En los apoyos de ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

Las cargas longitudinales, en daN, que deben soportar los apoyos son:

Apoyos con seguridad:	Zona A	Zonas B y C
Normal	$F_L = 15 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100}$	$F_L = 15 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100}$
Reforzada	$F_L = 1,25 \cdot 15 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100} = 18,75 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100}$	$F_L = 1,25 \cdot 15 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100} = 18,75 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100}$

#### 4ª Hipótesis (rotura de conductores)

Esta hipótesis no se aplica en el tipo de apoyo en estudio, según lo indicado en 6.2.

## Guía de utilización de apoyos

### En Zona A:

El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados, es el C-1000, con seguridad normal. Con seguridad reforzada, el apoyo mínimo que cumple es el C-2000. Con tense reducido todos los apoyos cumplen con el apartado 3.1.4.2 de la ITC-LAT 07.

### En Zonas B y C:

El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados, es el C-1000, con seguridad normal. Con seguridad reforzada, el apoyo mínimo que cumple es el C-2000. Con tense reducido todos los apoyos cumplen con el apartado 3.1.4.2 de la ITC-LAT 07.

En el Anexo B, se incluyen los gráficos de utilización de los apoyos.

Las cargas transversales serán las que genera el ángulo para 1ª o 2ª hipótesis, según el caso.

## 9.7 Apoyos de anclaje

En 1ª y 2ª hipótesis el procedimiento de cálculo es el mismo a los descritos en 9.6.

En el tipo de proyecto que nos ocupa, deberán existir, dependiendo de la longitud de la línea, apoyos de anclaje cada 3000 m como máximo.

### 3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones). Aplicable en Zonas A, B y C

De acuerdo el apartado 3.1.4.3 de la ITC-LAT 07, el desequilibrio a considerar, será del 50% de las tracciones unilaterales de todos los conductores, El esfuerzo resultante se podrá considerar distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores. En los apoyos de ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

Las cargas longitudinales, en daN, que deben soportar los apoyos son:

Apoyos con seguridad:	Zona A	Zonas B y C
Normal	$F_L = 50 \cdot \frac{n \cdot T_v}{100}$	$F_L = 50 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100}$
Reforzada	$F_L = 1,25 \cdot 50 \cdot \frac{n \cdot T_v}{100} = 62,5 \cdot \frac{n \cdot T_v}{100}$	$F_L = 1,25 \cdot 50 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100} = 62,5 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100}$

### Guía de utilización de apoyos

El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados, es el C-4500, tanto con seguridad normal como con seguridad reforzada. El apoyo mínimo que cumple con tense reducido es el C-3000 tanto con seguridad normal como con seguridad reforzada.

### 4ª Hipótesis (rotura de conductores). Aplicable en Zonas A, B y C

Se considerará los efectos que produce la rotura de un conductor, concretamente aquel, o uno de los, que se encuentra a mayor distancia del eje del apoyo. Esta circunstancia genera un momento torsor que deberán soportar los apoyos. En los apoyos de ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

El valor del momento torsor será:

$$\text{Para Zona A} \quad Mt = T_v \cdot Bc \quad \text{m.daN}$$

$$\text{Para Zona B y C} \quad Mt = T_h \cdot Bc \quad \text{m.daN}$$

Siendo:

$$Bc = \text{Brazo cruceta o distancia de las fases al eje del apoyo.}$$

Se recomienda para estos apoyos, emplear crucetas de 1,00 y 1,25 m de brazo.

## 9.8 Apoyos de principio o final de línea

Las cargas permanentes serán las ya indicadas en apartados anteriores referentes a los pesos de todos los elementos y del conductor con la sobrecarga correspondiente.

Las cargas transversales, que se transmiten al apoyo, por crucetas y aislamiento, se indican en el apartado 10.3.1.

Las cargas transversales, que deben soportar los apoyos provocadas por los conductores son:

$$F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{L}{2} \quad daN$$

El esfuerzo que deberá soportar el apoyo será el mismo que el de los apoyos de alineación, y además el esfuerzo longitudinal (desequilibrio) equivalente al 100 por 100 de las tracciones unilaterales de todos los conductores en condiciones de viento o hielo reglamentario.

Las cargas longitudinales, en daN, que deben soportar los apoyos son:

Apoyos con seguridad:	Zona A	Zonas B y C
Normal	$F_L = 100 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100} = n \cdot T_V$	$F_L = 100 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100} = n \cdot T_h$
Reforzada	$F_L = 1,25 \cdot 100 \cdot \frac{n \cdot T_V}{100} = 1,25 \cdot n \cdot T_V$	$F_L = 1,25 \cdot 100 \cdot \frac{n \cdot T_h}{100} = 1,25 \cdot n \cdot T_h$

Se recomienda para estos apoyos, emplear crucetas de 1,00 y 1,25 m de brazo. El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados, es el C-7000, con seguridad normal y el C-9000 con seguridad reforzada.

#### 4ª Hipótesis (rotura de conductores). Aplicable en Zonas A, B y C

Igual a lo indicado para los apoyos de anclaje.

#### Guía de utilización de apoyos

El apoyo mínimo dentro de los indicados para los tenses máximos adoptados con seguridad normal, es el C-7000, con seguridad reforzada el apoyo mínimo que cumple es el C-9000. Con tense reducido y seguridad normal el apoyo mínimo que cumple es el C-4500 y con seguridad reforzada es el C-7000.

Las cargas transversales serán las que genera el ángulo para 1ª o 2ª hipótesis, según el caso.

## 9.9 Apoyos de derivación. Hipótesis de cálculo

### Hipótesis de cálculo

Los apoyos de derivación deberán calcularse como si fuese un apoyo principio de línea correspondiente a la línea derivada con tense flojo (hasta una tensión máxima de 50 daN) de una longitud máxima de 25 metros de vano y además se debe de tener en cuenta la función del apoyo dentro de la línea principal.

Como norma general deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El apoyo fin de línea, correspondiente a la línea destensada, se instalará preferentemente siguiendo la recta definida por la bisectriz del ángulo si lo hubiera o bien por la dirección definida por la cruceta del apoyo de derivación.  
En esta disposición no se transmiten esfuerzos longitudinales al apoyo de derivación.

<u>Casos de derivación</u>	
	<p><b>Caso 1.-</b> Línea derivada de un apoyo sin ángulo de desviación de la traza.</p> <p>Se comprobarán los esfuerzos que debe soportar el apoyo de derivación aplicando a la línea principal la hipótesis de viento y mínima temperatura, y a la línea derivada se calculará como fin de línea en la misma hipótesis. Normalmente el valores así obtenido será el valor más desfavorable, no obstante debe comprobarse en zonas B y C, el resultado de las tracciones con hipótesis de hielo y mínima temperatura.</p>
	<p><b>Caso 2.-</b> Línea derivada de un apoyo con ángulo de desviación de la traza con resultante en el sentido de la derivación.</p> <p>Se seguirán las mismas pautas indicadas en los casos anteriores.</p>
	<p><b>Caso 3.-</b> Línea derivada de un apoyo con ángulo de desviación de la traza con resultante contraria al sentido de la derivación.</p> <p>Se comprobarán los esfuerzos que debe soportar el apoyo de la línea principal en la hipótesis de viento y mínima temperatura, a la línea derivada se le aplicará como apoyo de fin de línea la tracción a la mínima temperatura sin sobrecarga de viento. Normalmente el valores así obtenido será el valor más desfavorable, no obstante debe comprobarse en zonas B y C, el resultado de las tracciones con hipótesis de hielo y mínima temperatura.</p> <p>Si se construye una línea nueva y a la vez la derivación, en ningún caso deberá considerarse reducción de esfuerzos en función de que el apoyo de la línea principal tenga un ángulo que equilibre o disminuya el esfuerzo que sobre el mismo ejerce la línea derivada, dado que una posible eliminación de la derivación dejaría la instalación deficiente.</p>

- b) El vano destensado de la derivación será de una longitud tal que durante las operaciones de izado, nunca llegue a aproximarse a los conductores de la línea principal, por ello se aconseja que la longitud de este vano sea superior a vez y media la altura libre del nuevo apoyo, siendo recomendable una distancia igual o superior a 15 m pero no superior a 25 m.
- c) Los vanos de derivación se realizarán con tense flojo, generalmente con conductor tipo 47-SL1/8-ST1A (LA56), o bien con conductor igual al de la línea principal.

Para el cálculo de los esfuerzos que se transmiten al apoyo de derivación (considerado como apoyo principio de línea correspondiente a la línea derivada destensada) se aplicarán las siguientes hipótesis:

**Hipótesis de viento:** Además de las cargas permanentes, se comprobarán los esfuerzos provocados por el viento sobre los conductores de la línea existente junto con el desequilibrio de tracciones provocado por los conductores de la línea destensada. Para el cálculo de dicho desequilibrio de empleará la tracción del conductor, sin viento, a la mínima temperatura de viento reglamentaria.

**Hipótesis de Hielo:** Además de las cargas permanentes, se comprobarán los esfuerzos provocados por el desequilibrio de tracciones provocado por los conductores de la línea destensada. Para el cálculo de dicho desequilibrio de empleará la tracción del conductor con hielo a la mínima temperatura de hielo reglamentaria.

En el caso de que se instale el apoyo de derivación tal y como se ha indicado al inicio de este apartado, no se producirán esfuerzos longitudinales sobre el apoyo de derivación. Si se instala desplazado de las trazas definidas se tendrá:

Casos de derivación	
<p>Línea Principal Vano derivación Apoyo Fin de línea derivación</p>	<p><math>F_L = F.Sen \beta</math> <math>F_T = F.Cos \beta</math></p>
	<p><math>F_L = F.Sen \beta</math> <math>F_T = F.Cos \beta</math></p>
	<p><math>F_L = F.Sen \beta</math> <math>F_T = F.Cos \beta</math></p>
<p><b>Caso 1 B.-</b> El apoyo fin de línea de la derivación esta desplazado de la bisectriz del apoyo de alineación de la línea principal. Se calculará el desequilibrio de tracciones longitudinal provocado por el ángulo <math>\beta</math>.</p>	
<p><b>Caso 2B.-</b> El apoyo fin de línea de la derivación esta desplazado de la bisectriz del apoyo de ángulo de la línea principal. Se calculará el desequilibrio de tracciones longitudinal provocado por el ángulo <math>\beta</math>.</p>	
<p><b>Caso 3B.-</b> El apoyo fin de línea de la derivación esta desplazado de la bisectriz del apoyo de ángulo de la línea principal. Se calculará el desequilibrio de tracciones longitudinal provocado por el ángulo <math>\beta</math>.</p>	

**Hipótesis de rotura de conductores:** Dado lo reducido de los tenses adoptados y la poca envergadura de las barras a las que se fijan las cadenas de amarre de los conductores, todos los apoyos que se incluyen en el presente Proyecto Tipo, son capaces de absorber sin problemas las solicitaciones que puedan producirse por este concepto.

## 10 CIMENTACIONES

En el documento informativo MT 2.23.30 (se podrán tomar otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista), se desarrolla el cálculo y tablas para los apoyos que se contemplan, como referencia informativa, en el presente documento, cuyos resultados se recogen en el ANEXO E.

## 11 TOMAS DE TIERRA

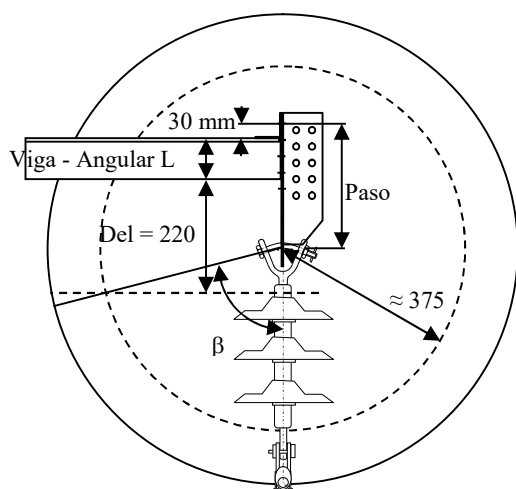
Para el diseño de la puesta a tierra de los apoyos se seguirá lo indicado en el apartado 7 de la ITC-LAT 07, que se desarrolla en el MT 2.23.35.

En el Anexo E se dan las configuraciones de tomas de tierra recomendadas.

## 12 CÁLCULO INCLINACIÓN DE CADENAS

Para determinar el ángulo de inclinación de las cadenas, depende de la posición en la que se instale la cartela para cadenas verticales o tornillo cáncamo según lo indicado en 8.3.1, y de las dimensiones de la viga de la cruceta.

Aplicando valores para diferentes valores del paso que se da a la cartela y de la dimensión de la viga de la cruceta tenemos:



Angular	Paso en mm, en la cartela o tornillo cáncamo para cadenas verticales			
	230	200	170	140
Viga	Angulo de inclinación de la cadena, $\beta$ °			
L-60	77° 40'	72° 56'	68° 4'	63° 2'
L-70	76° 6'	71° 20'	66° 26'	61° 18'
L-80	74° 32'	69° 42'	64° 44'	59° 33'
L-90	72° 56'	68° 4'	63° 2'	57° 46'

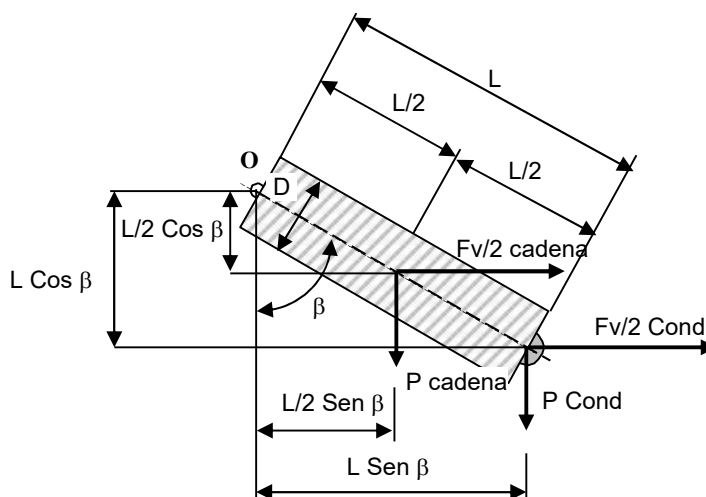
Como norma general en apoyos en los que se presenten tiros verticales ascendentes, siempre se instalarán las cartelas en su paso máximo.

Con los tornillos cáncamo los ángulos son algo mayores, dado que tiene pasos hasta 250 mm, en su instalación al igual que en caso anterior en apoyos en los que se presenten tiros verticales ascendentes, siempre se instalarán con un paso de 230 mm.

Dada la variación de posibilidades, a efecto de cálculos de inclinación de cadenas adoptamos el valor de 70°.

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la distancia entre conductores y partes puestas a tierra, bajo una presión de viento mitad a  $-5^{\circ}\text{C}$  sobre conductores y cadenas de suspensión no deberá ser inferior a  $Del$ ; en nuestro caso según el apartado 5.2 de la citada ITC, el valor de  $Del = 0,22 \text{ m}$ .

La tracción a aplicar para esta hipótesis será la del vano de regulación con presión de viento mitad a  $-5^{\circ}\text{C}$  en Zona A, a  $-10^{\circ}\text{C}$  en Zona B y a  $-15^{\circ}\text{C}$  en Zona C.



Se considera, que aisladores y herrajes están contenidos en un cilindro de longitud  $L$  y diámetro  $D$ , si sobre el esquema siguiente se toman momentos respecto a "O" que es el punto de giro de la cadena, tendremos:

Cargas Verticales (daN)		Momento de cargas verticales (daN.m)
Peso de cadena	Peso conductor	$M_{cv} = L \cdot \left[ \frac{P_{cad}}{2} + P_{cond} \right] \cdot \sin \beta$
$P_{cad} \approx 5$	$P_{cond} = P \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{V/2} \cdot N}{P a p_{V/2}} \right]$	

Cargas Horizontales (daN)		Momento de cargas horizontales (daN.m)
Fuerza viento sobre:		$M_{ch} = L \cdot \left[ \frac{F_{cad_{V/2}}}{2} + F_{cond_{V/2}} \right] \cdot \cos \beta$
Cadena	Conductor	
$F_{cad_{V/2}} = q_{ais \ V/2} \cdot A_i$	$F_{cond_{V/2}} = q_{V/2} \cdot \phi \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} \right] \cdot \cos^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right) + 2 \cdot T_{V/2} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \right)$	

En la situación de equilibrio se tiene:

$$L \cdot \left[ \frac{P_{cad}}{2} + P_{cond} \right] \cdot \operatorname{sen} \beta = L \cdot \left[ \frac{F_{cad_{V/2}}}{2} + F_{cond_{V/2}} \right] \cdot \operatorname{cos} \beta$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{sen} \beta}{\operatorname{cos} \beta} = \frac{\frac{F_{cad_{V/2}}}{2} + F_{cond_{V/2}}}{\frac{P_c}{2} + P_{cond}}$$

El valor máximo del ángulo de inclinación de cadena  $\beta$ , con las crucetas previstas es de  $72^\circ 56'$ .

En las expresiones anteriores:

$P$  = Peso del conductor sin sobrecarga = 0,396 daN/m

$\frac{L_1 + L_2}{2}$  = Vano medio en metros

$T_{V/2}$  = Tracción del conductor con presión de viento mitad, a -5, -10 o -15°C, en zonas A, B o C, respectivamente, en daN

$P_{ap_{V/2}}$  = Peso aparente del conductor con viento presión mitad =  $\sqrt{(q_{V/2} \cdot d)^2 + P^2} = 0,5731$  daN/m

$N$  = Pendiente

$L$  = Longitud de cadena  $\approx 0,50$  m

$F_{cad_{V/2}}$  = Fuerza de viento de presión mitad sobre cadena de aislador =  $0,5 \cdot 2,10 = 1,05$  daN

$q_{ais_{V/2}}$  = Presión viento mitad, sobre aisladores =  $70/2 = 35$  daN/m<sup>2</sup>

$F_{con_{V/2}}$  = Fuerza sobre conductores con presión de viento mitad, a -5, -10 o -15°C, en zonas A, B o C, respectivamente, en daN

$q_{V/2}$  = Presión viento mitad sobre los conductores =  $60/2 = 25$  daN/m<sup>2</sup>

$d$  = Diámetro del conductor = 0,0138 m

$\alpha$  = Ángulo de desviación de la traza, en grados

### Guía de utilización de apoyos

El valor de  $\beta$ , es el mismo independientemente de la distancia vertical entre crucetas. Dependiendo del tense y Zona en la que se sitúe la línea, en las tablas siguientes se dan las longitudes mínimas que tienen que tener los vanos medios, para no superar el ángulo  $\beta$  establecido de  $70^\circ$ .



<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona A</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	-2	25	53	80	107	134	161	189	216
<b>2</b>	38	65	93	120	147	174	201	229	256
<b>4</b>	78	105	132	160	187	214	241	268	296

<b>Tense Límite Reducido - Zona A</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	11	29	47	65	83	101	118	136	154
<b>2</b>	37	55	73	91	109	127	145	163	181
<b>4</b>	64	82	99	117	135	153	171	189	207

<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona B</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	16	39	61	84	107	129	152	175	198
<b>2</b>	49	72	95	117	140	163	186	208	231
<b>4</b>	83	105	128	151	173	196	219	242	264

<b>Tense Límite Reducido - Zona B</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	9	24	39	54	69	84	100	115	130
<b>2</b>	31	46	61	76	92	107	122	137	152
<b>4</b>	53	68	83	99	114	129	144	159	174

<b>Tense Límite Estático Dinámico - Zona C</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	26	38	51	63	76	89	101	114	126
<b>2</b>	44	57	69	82	94	107	119	132	144
<b>4</b>	63	75	88	100	113	125	138	150	163

<b>Tense Límite Reducido - Zona C</b>									
<b>Vano mínimo por inclinación de cadenas, en función de la pendiente y ángulo de desviación de la traza, m</b>									
<b>Angulo desv. °</b>	<b>Pendiente N</b>								
	<b>0</b>	<b>-0,0125</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,0375</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,0625</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,0875</b>	<b>-0,1</b>
<b>0</b>	6	15	24	34	43	52	61	70	79
<b>2</b>	20	29	38	47	56	65	75	84	93
<b>4</b>	33	42	51	60	70	79	88	97	106

### **13 CAMPOS ELECTROMAGNETICOS**

El campo magnético producido por los conductores de la línea, para las distintas configuraciones empleadas viene indicado en el informe “Campos eléctricos y magnéticos provocados por LLAA de distribución eléctrica”, donde se puede comprobar su valor que es muy inferior al límite especificado de 100  $\mu$ T, según RD 1066/2001 de 28 de septiembre.

### **14 REQUISITOS MEDIOAMBIENTALES**

Con el fin de seguir colaborando en la preservación del medio ambiente y dar respuesta a las reglamentaciones correspondientes, R D 1432/2008 de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en LAAT y Decretos autonómicos correspondientes, i-DE ha desarrollado el documento informativo MT 2.22.01”Instalación de elementos para la protección de la avifauna en LAAT en zonas protegidas”, en donde se recogen las distintas soluciones con material normalizado a utilizar (se podrán tomar otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista).

### **15 REDES INTELIGENTES. TELECOMUNICACIONES**

Las líneas deben estar preparadas para el desarrollo de redes inteligentes. A tal fin se podrán instalar elementos de telecomunicaciones, tales como cables de fibra óptica, aprovechando las estructuras propias de la red eléctrica, una vez que se hayan comprobado que dichas estructuras soportan los esfuerzos a los que van a estar sometidas.

## **Anexo A - Documentación de cada proyecto.**

Cada proyecto concreto, diseñado en base al presente Proyecto Tipo, deberá aportar los siguientes documentos característicos del mismo:

### **1 MEMORIA**

En ella se justificará la finalidad de la instalación, razonando su necesidad o conveniencia.

A continuación se describirá el trazado de la línea, destacando aquellos motivos fundamentales que hayan influido en su determinación.

Se pondrá de manifiesto el número de alineaciones, la longitud y el vano regulador en cada una de ellas y la longitud total.

Se citará, asimismo, la potencia a transportar y la caída de tensión y pérdidas de potencia que se produzcan.

Se incluirá una relación de cruzamientos, paralelismos y demás situaciones que regula el capítulo 5 de la ITC-LAT 07, con los datos necesarios para su localización y para la identificación del propietario, entidad y organismo afectado. Cuando se pretenda declarar la Utilidad Pública en concreto de una línea, se debe incluir relación de propietarios y relación concreta individualizada de bienes o derechos a expropiar, de acuerdo con la Ley del Sector Eléctrico (LSE). En el Reglamento para su aplicación, aprobado por Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Se incluirá una relación en la que se cite el apoyo de entronque y los apoyos más significativos de la línea.

No será necesario describir los elementos constructivos, ni incluir cálculos eléctricos ni mecánicos, bastando citar que todo ello se ajusta al presente Proyecto Tipo, e indicar la tabla de tendido utilizada.

Aquellas situaciones que no se ajusten al Proyecto Tipo, se deberán justificar o describir.

### **2 PLANO DE SITUACIÓN**

El trazado de la línea se representará en un plano a escala suficiente para que el emplazamiento de la misma sea perfectamente identificable y localizable.

### **3 PLANOS DE PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA**

Se representará en un solo plano, el perfil y planta de la línea.

Las escalas a utilizar serán:

Horizontal: 1:2.000  
Vertical: 1:500

Se situarán en planta todos los cultivos, arbolados y servicios que existan en una franja de terreno de 50m. de anchura a cada lado del eje de la línea, tales como carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas, de telecomunicación, teleféricos y edificios, conducciones de gas y todo aquello que se estime de interés, indicándose en el perfil la altura de arbolado y servicios, que disten menos de 10m del eje de la línea.

En cuanto a los apoyos, se indicará, en primer lugar, la naturaleza del mismo: (A) metálicos, y a continuación su tipo, alineación, ángulo, etc., seguido de una cifra que indique la longitud total del apoyo y separando una barra, una cifra siguiente que indicará el esfuerzo útil del apoyo y las letras que designarán el sistema de fijación de los conductores, todo ello de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

### Apoyos

Apoyo de suspensión de alineación.....	SAL
Apoyo de suspensión de ángulo.....	SAG
Apoyo de amarre y alineación.....	AAL
Apoyo de amarre y ángulo.....	AAG
Apoyo de amarre y anclaje.....	AAN
Apoyo de amarre, principio o final de línea....	FL

### Cadenas de aisladores

	Polución media	Polución fuerte
• Suspensión seguridad normal.....	II	IV
• Suspensión seguridad reforzada.....	II	IV
• Amarre.....	II	IV

### Crucetas

En cuanto a las crucetas se indicará, en primer lugar, la situación y tipo de la misma: (BP) bóveda de alineación, (BC) bóveda de celosía para ángulo o anclaje, (RC y RH) cruceta recta, seguida de una cifra que indique el esfuerzo nominal de la cruceta, y separada por una barra que identificará la separación entre conductores.

• Bóveda de alineación	BP
• Bóveda ángulo-anclaje	BC
• Cruceta recta para apoyos de perfiles metálicos	RC
• Cruceta recta para postes	RH

## 4 PLANO DE PASO POR TERRENOS DE ORGANISMOS

Estos planos estarán constituidos por el tramo de perfil y planta afectado. Se numerarán correlativamente cada uno de ellos. Además, llevarán señalado explícita y numéricamente, cada uno de ellos, el cumplimiento de las separaciones mínimas reglamentarias.

Las escalas preferentes a utilizar en estos planos serán:

Horizontal: 1: 2.000

Vertical: 1: 500

Estos planos se utilizarán, asimismo en la confección de las distintas separatas del proyecto.

## **5 OTROS PLANOS**

A igual que en la Memoria, no será necesario incluir planos de ningún elemento constructivo, apoyos aisladores, etc., por ser los correspondientes al presente Proyecto Tipo.

## **6 PRESUPUESTOS**

Este capítulo constará de los siguientes apartados:

### **6.1 Estado de mediciones**

Consistirá en una relación que especifique la cantidad de cada una de las distintas unidades compatibles de proyecto que componen la totalidad de la obra, pudiendo tomarse como referencia para la misma los documentos informativos MT 2.23.05 y MT 2.23.08, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) justificadas por el proyectista.

### **6.2 Precios unitarios**

En este apartado se relacionarán las distintas unidades de proyecto que integran la obra, indicando el precio unitario de cada una de ellas, que esté vigente en el momento de la ejecución.

### **6.3 Presupuesto general**

Se obtendrá el Presupuesto de Ejecución Material, por la aplicación de los precios unitarios de cada unidad de proyecto al número de ellas, figurado en el Estado de Mediciones.

Se obtendrá el Presupuesto de Ejecución por Contrata, incrementando el de Ejecución Material en aquellos otros conceptos como Gastos Generales, Beneficio Industrial, etc., según los porcentajes legalmente vigentes.

Además de estos Presupuestos Generales, se incluirán los Presupuestos individuales de las partes de obra sometidas a intervención de los diversos organismos afectados.

Estos presupuestos se podrán obtener proporcionalmente al Presupuesto de Ejecución por Contrata, en la misma relación que la longitud del tramo a que afecta y la longitud total de la línea.

## 7 PLIEGO DE CONDICIONES

El Pliego de Condiciones Técnicas contendrá la información necesaria para que queden perfectamente definidos todos los materiales y equipos que constituyen el proyecto, así como las especificaciones para el correcto montaje de los mismos. Para ello se podrá hacer referencia a las NI que se indican a continuación.

<b>Material</b>	<b>NI</b>
Conductor	NI 54.63.01
Aislador	NI 48.08.01
Apoyos hormigón armado	NI 52.04.01
Apoyos chapa metálica	NI 52.10.10
Apoyos de celosía	NI 52.10.01

## 8 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL, PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Se observarán todas las disposiciones legales vigentes, tanto administrativas, técnicas como de seguridad y salud laboral. También en las diferentes fases tanto del proyecto como de la ejecución, con el fin de garantizar la correcta evaluación de los riesgos laborales y su prevención para asegurar al máximo la seguridad y salud de las personas.

Es en este sentido que tanto del coordinador de seguridad como la dirección facultativa, deberán formalizar, según corresponda, el Plan de Seguridad y Salud Laboral, en base al Estudio de Seguridad y Salud, donde se reflejarán las diferentes evaluaciones de riesgos que se presenten, en cada fase de prestación del servicio, los medios de prevención y protección, así como de medios necesarios, para velar por la seguridad y salud laboral del personal que los ejecuta.

## 9 PROTECCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE

Se tendrán en cuenta todas las disposiciones medioambientales vigentes (europeas, estatales, autonómicas y locales), exigidas para cada zona y circunstancia, con el fin de preservar al máximo el medioambiente (flora y fauna).

En este sentido, la dirección de obra, elaborará un documento que recoja la evaluación de riesgos medioambientales existentes en cada fase del servicio y las acciones a tener en cuenta para evitar el riesgo potencial de incidentes por vertidos, incendios, ruidos molestos, almacenamiento de equipos y materiales, y la gestión de materiales (residuos, escombros,...).

En los casos que se requiera, se elaborará el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental teniendo en cuenta todas las disposiciones medioambientales vigentes que aplican en cada caso.

**Anexo B - Gráficos de utilización de apoyos****INDICE**

	Página
1 Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de suspensión.....	63
2 Apoyos con cadenas de amarre, de alineación, ángulo, anclaje o fin de línea.	64
Gráficos de Utilización de apoyos Zona A.....	65
Gráficos de Utilización de apoyos Zona B.....	82
Gráficos de Utilización de apoyos Zona C.....	99

## Gráficos de utilización de apoyos y crucetas

En la Memoria del presente documento se dan las fórmulas necesarias para el cálculo de los diferentes tipos de apoyos y crucetas. En el presente anexo se dan los gráficos de utilización de los mismos.

### 1 Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de suspensión

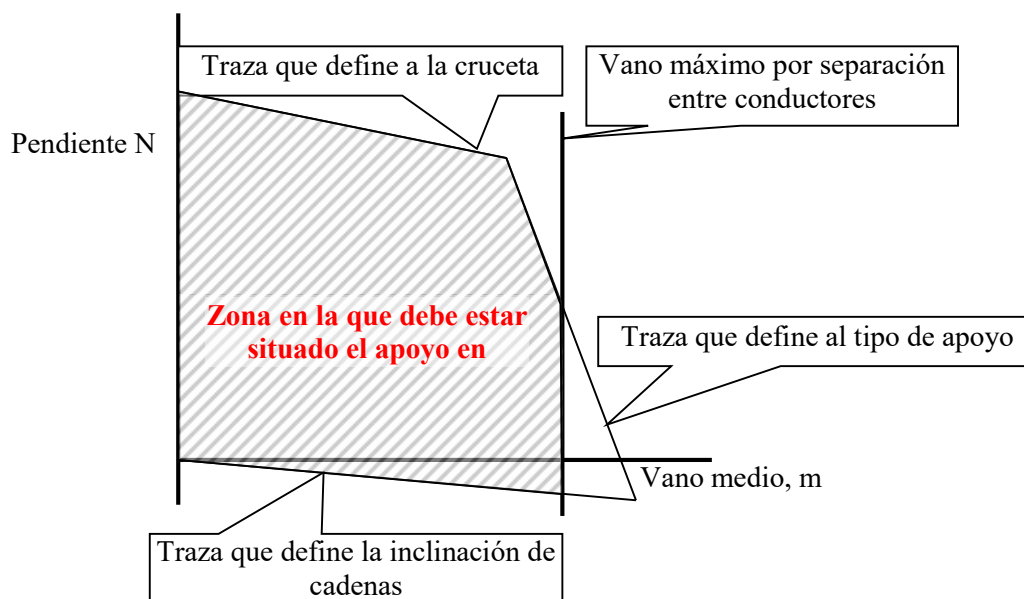
En este tipo de apoyos, deben comprobarse, los fustes de los apoyos, crucetas y posible inclinación de las cadenas de aisladores, en función del vano, pendiente y en su caso ángulo de desviación de la traza. Para el tipo de apoyo que nos ocupa, se recomienda que el ángulo de desviación de la traza no supere el valor de  $4^\circ$ , además del cumplimiento de la separación entre conductores.

#### 1.1. Gráficos

Las crucetas que se contemplan en el presente proyecto tipo son las CR-1 y las CR-2, cuyas características se indican en la Memoria. En los gráficos siguientes no se representan, dado que su resistencia de cargas verticales (conjunto de tres crucetas) en la CR-1, supera ampliamente el triple de la resistencia por cargas verticales que puede soportar el apoyo considerado para este fin, que es el C-1000.

Los apoyos para alineación o ángulo con cadenas de suspensión, será el C-1000, cuyas características se indican en la Memoria. Un apoyo en estudio, definido por el vano medio y pendiente, el tipo de apoyo mínimo que cumple es aquel cuya traza queda en el gráfico a la derecha del punto que define al apoyo

El empleo de cadenas de suspensión requiere, que cuando la pendiente del apoyo respecto a los colindantes sea negativa, comprobar la inclinación de las mismas. Un apoyo en estudio, definido por el vano medio y pendiente, no tendrá una inclinación excesiva, siempre que el punto que lo define quede por encima de la traza que define la inclinación de cadenas.





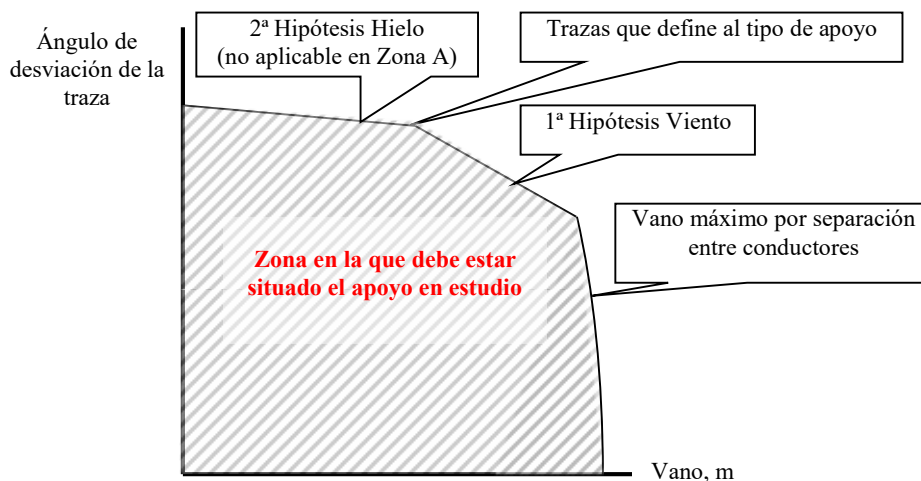
En este tipo de apoyos, deben comprobarse, los fustes de los apoyos, crucetas y posible inclinación de las cadenas de aisladores, en función del vano, pendiente y en su caso ángulo de desviación de la traza, para el tipo de apoyo que nos ocupa, se recomienda que el ángulo de desviación de la traza no supere el valor de  $4^\circ$ .

## 2 Apoyos con cadenas de amarre, de alineación, ángulo, anclaje o fin de línea

En este tipo de apoyos, deben comprobarse, los fustes de los apoyos, crucetas y posible inclinación de las cadenas de aisladores, en función del vano, pendiente y en su caso ángulo de desviación de la traza, para el tipo de apoyo que nos ocupa, se recomienda que el ángulo de desviación de la traza no supere el valor de  $4^\circ$ .

### 2.1 Gráficos

En este caso los gráficos de los apoyos se representan en la forma siguiente:

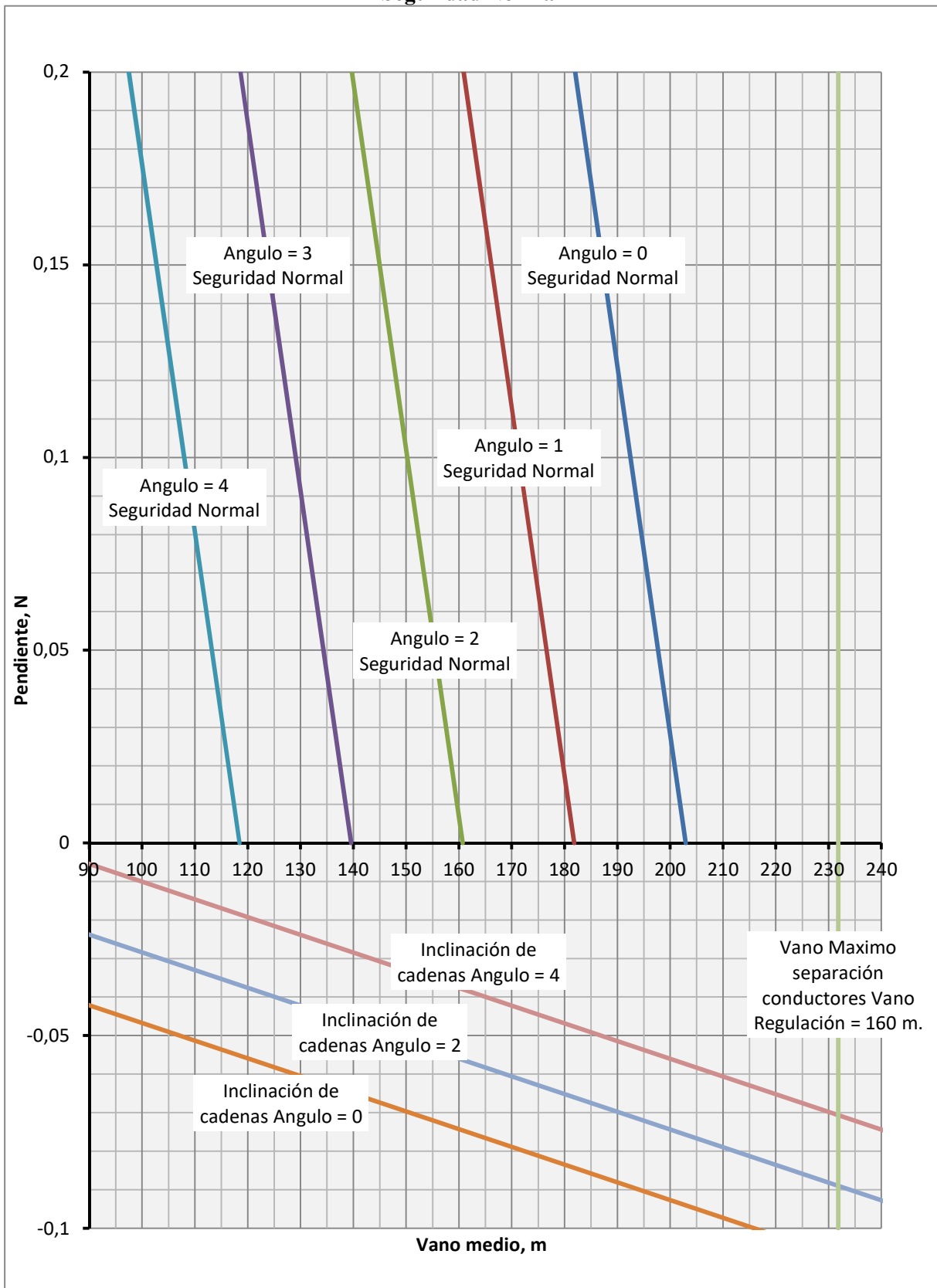


Los límites de utilización de las crucetas seleccionadas, CR-1 y CR-2, superan holgadamente los esfuerzos longitudinales y trasversales a los que estarán, sometidas en 1ª, 2ª, 3ª y 4ª hipótesis, dado que son capaces de soportar 2000 daN, siendo la tracción de conductores máxima de 1100 daN en zona A y 1200 daN en zonas B o C por cargas verticales.

## **Gráficos de Utilización de apoyos Zona A**

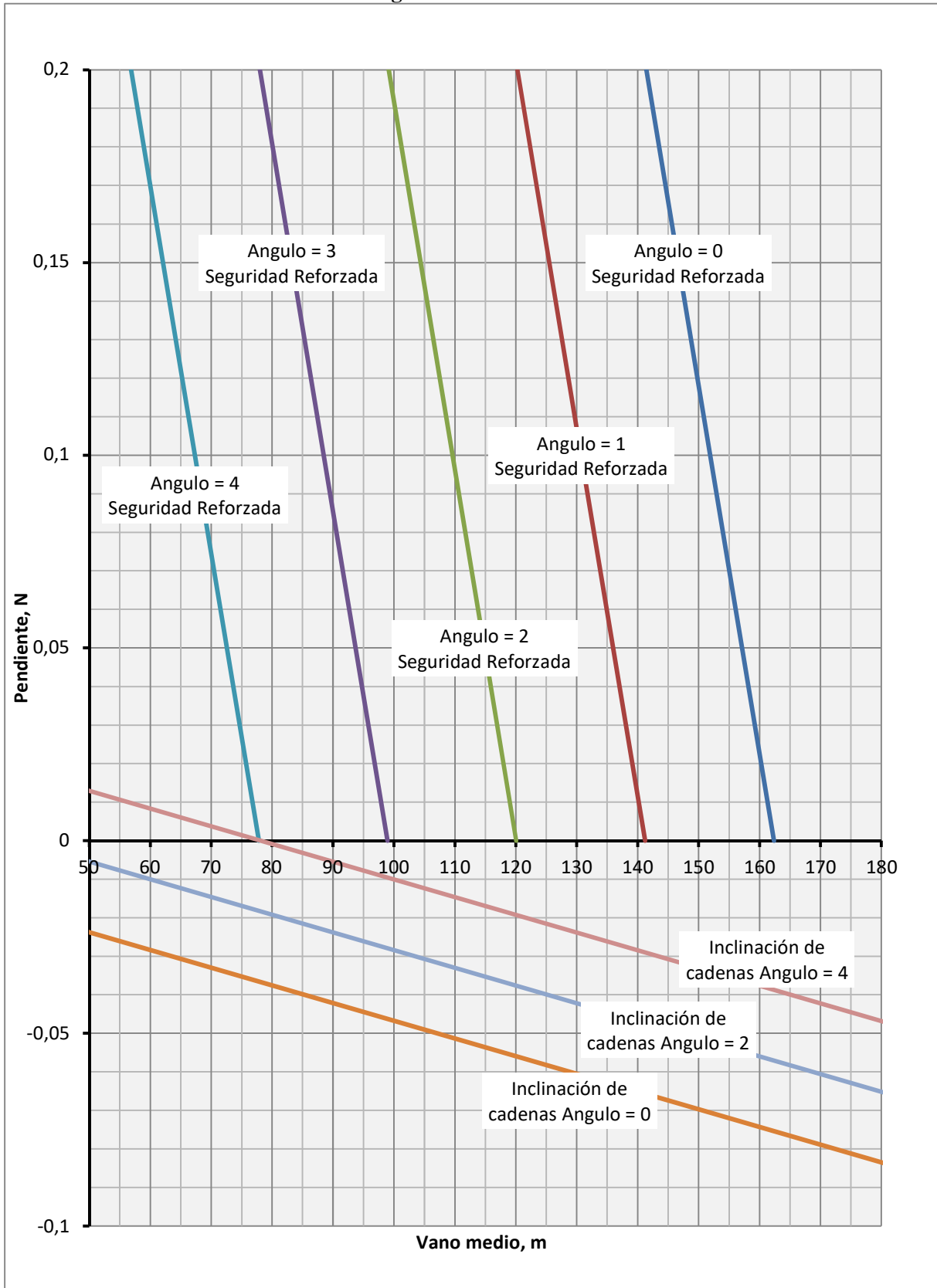
- Apoyos con Cadenas de Suspensión, alineación o ángulo.
- Apoyos con Cadenas de Amarre, alineación, ángulo, anclaje o fin de línea.

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona A  
Seguridad Normal**



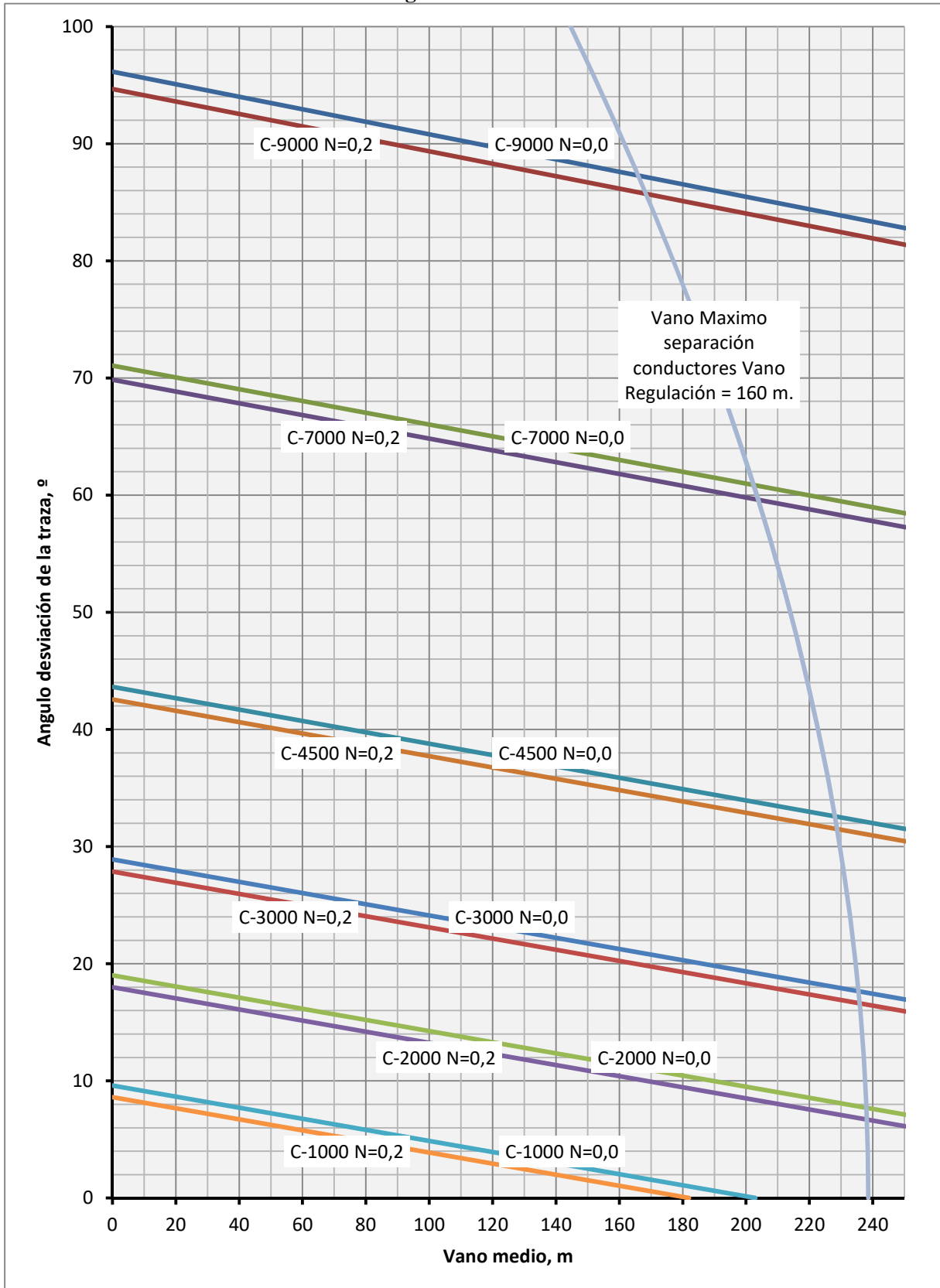
La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona A  
Seguridad Reforzada**

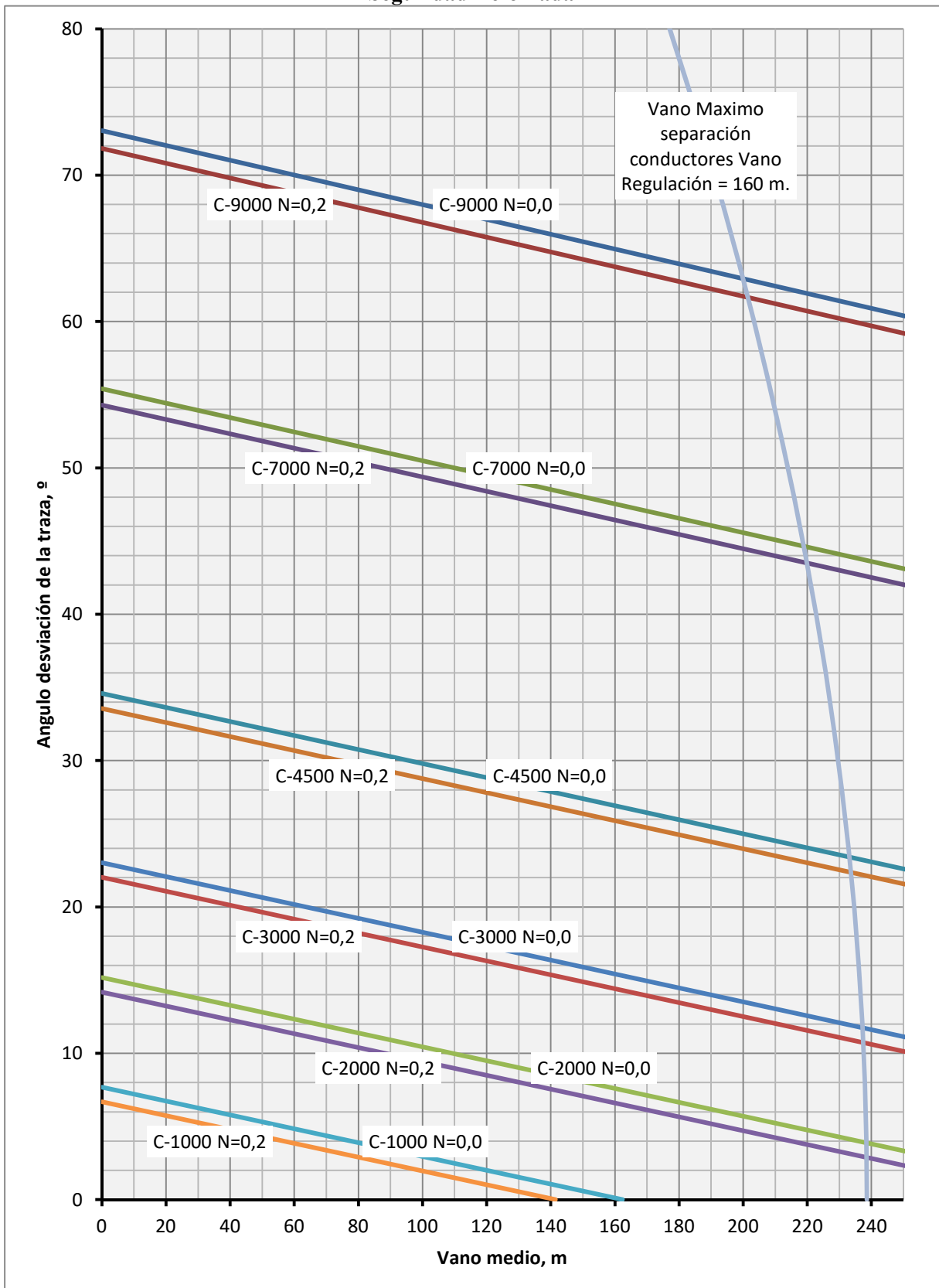


La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m  
Seguridad Normal**

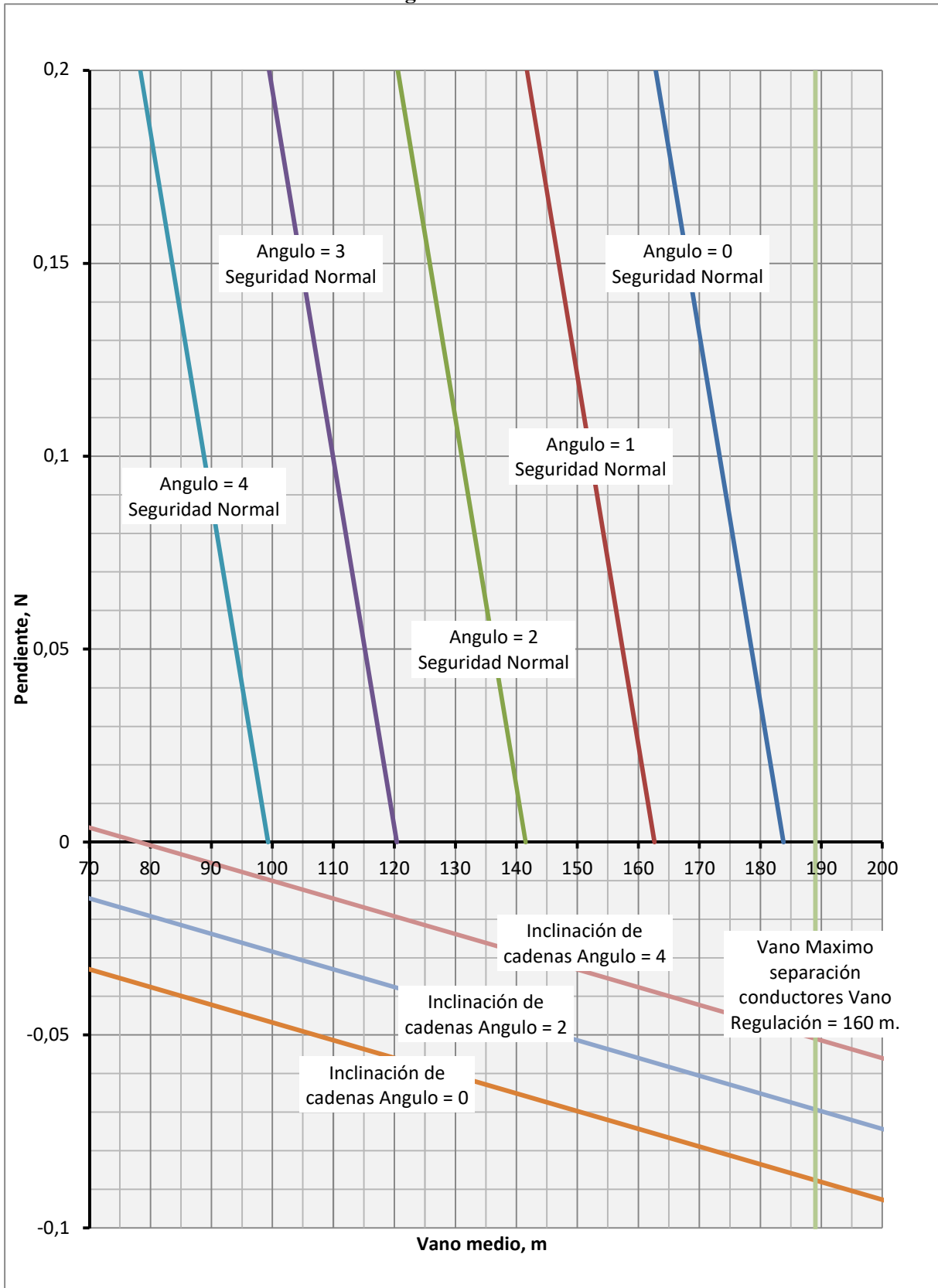


**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Límite Estático Dinámico**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Reforzada**



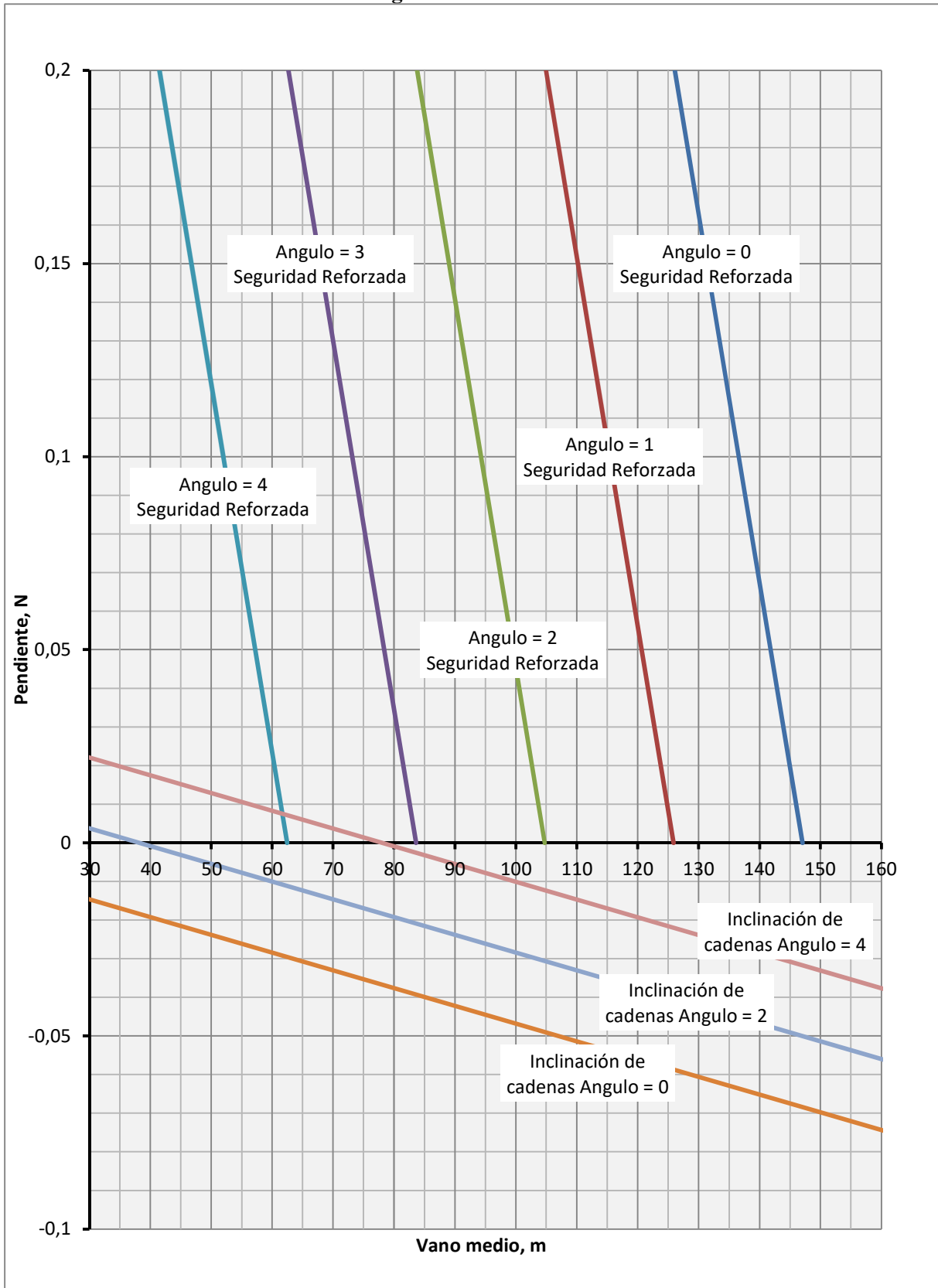
Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis con seguridad reforzada

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona A  
Seguridad Normal**



La separación entre conductores, no limita.

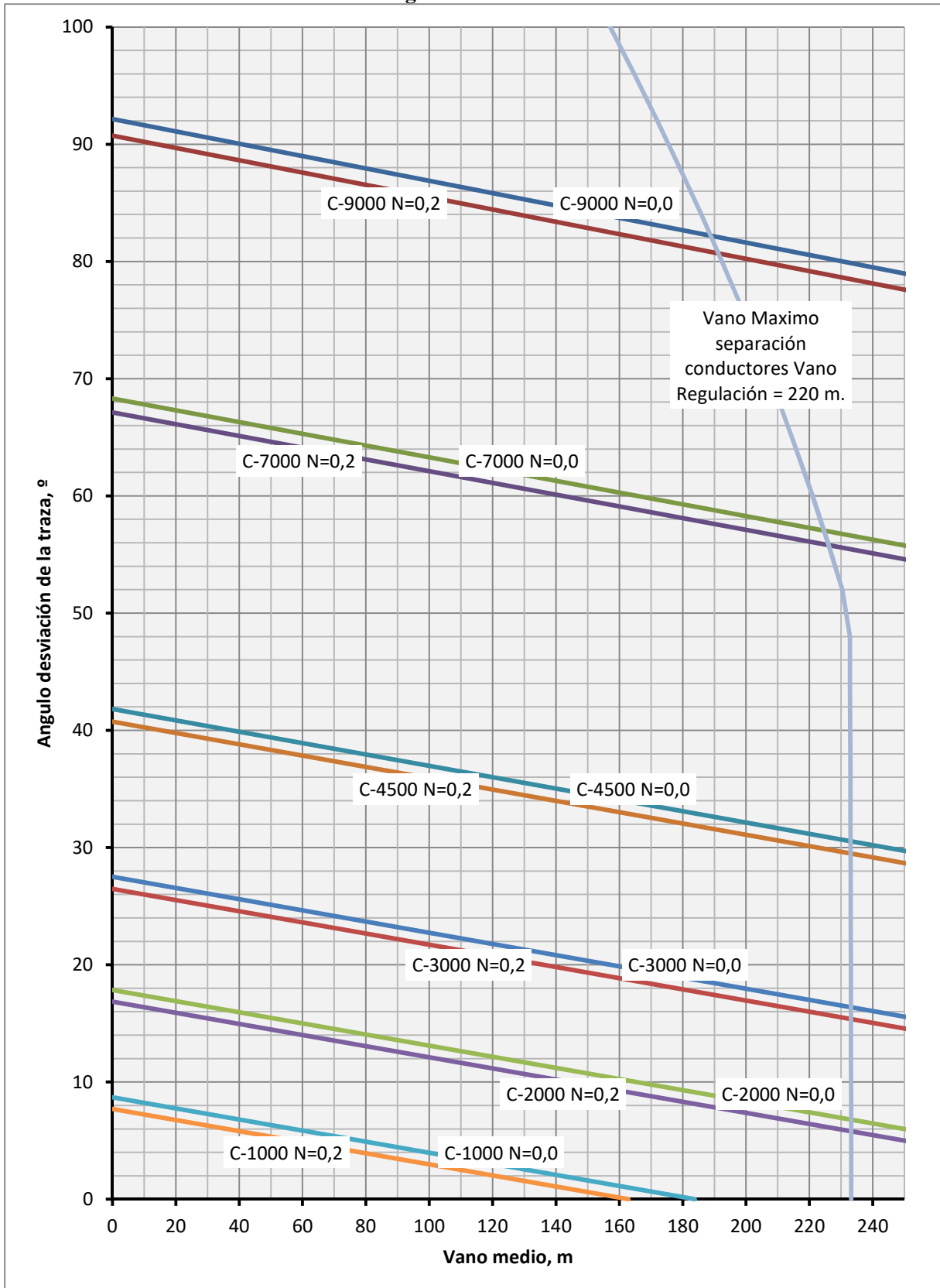
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona A  
Seguridad Reforzada**



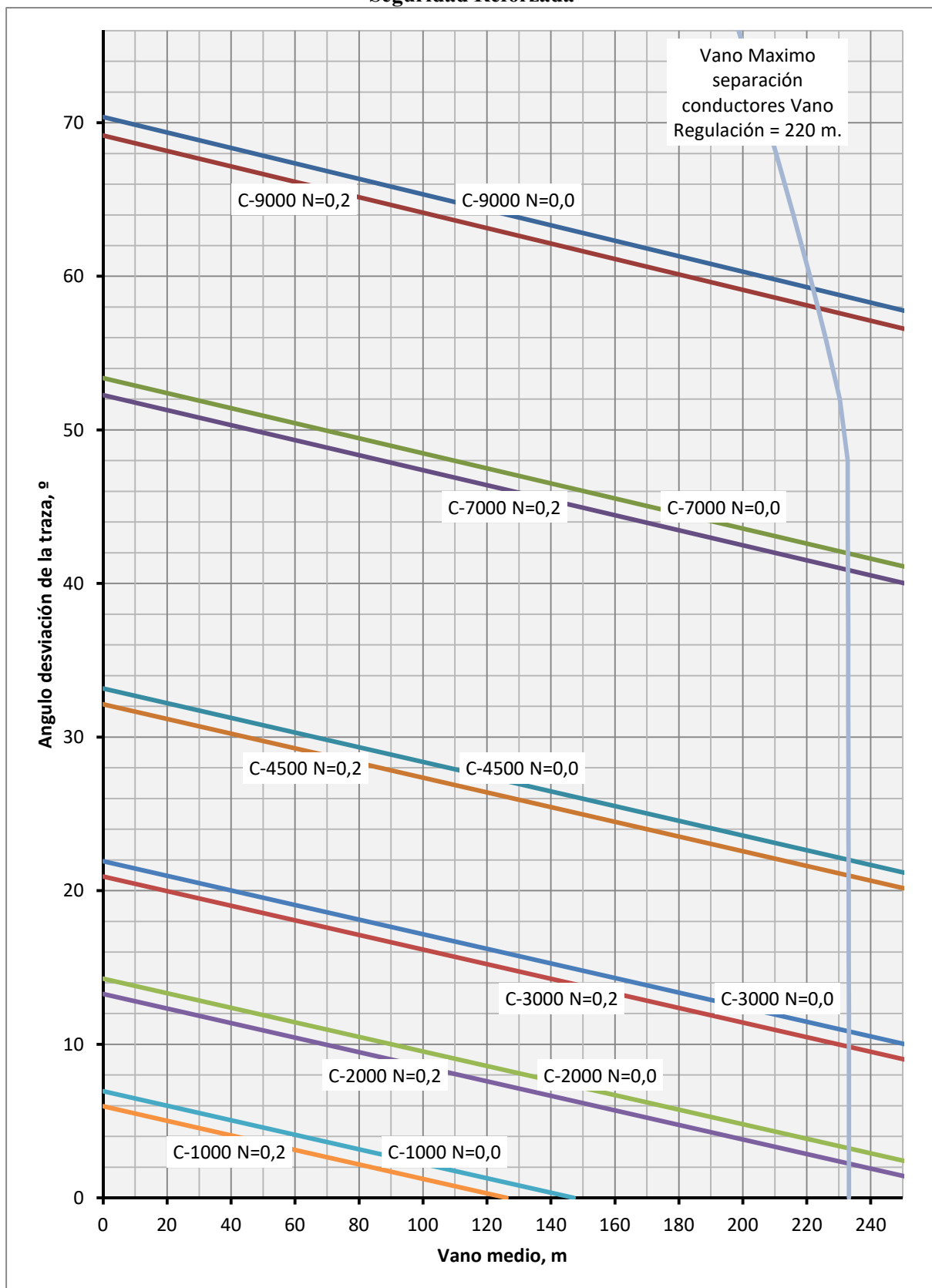
La separación entre conductores, no limita.



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Límite Estático Dinámico**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Normal**

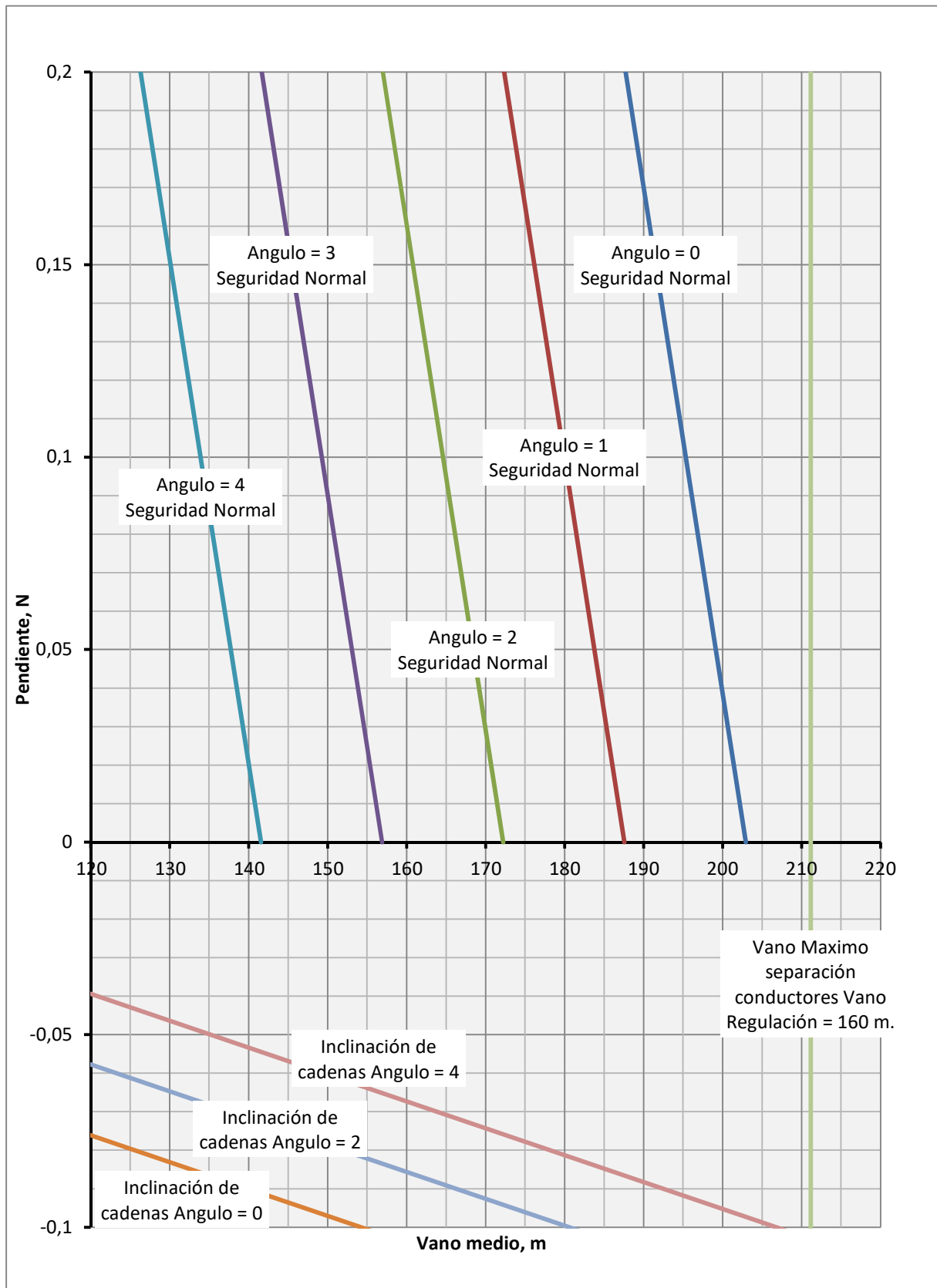


**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Límite Estático Dinámico**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Reforzada**



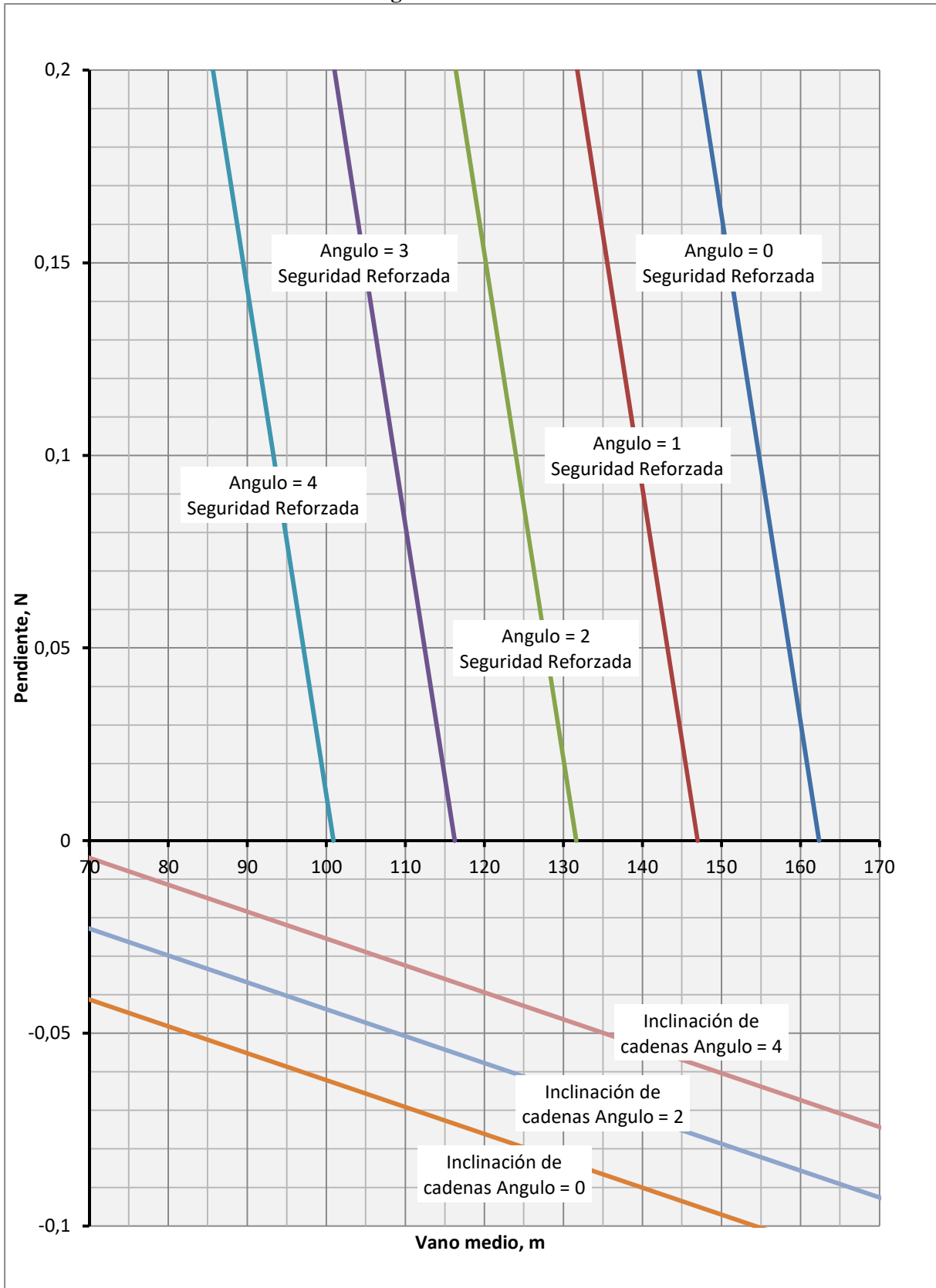
Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis.

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Reducido - Zona A  
Seguridad Normal**



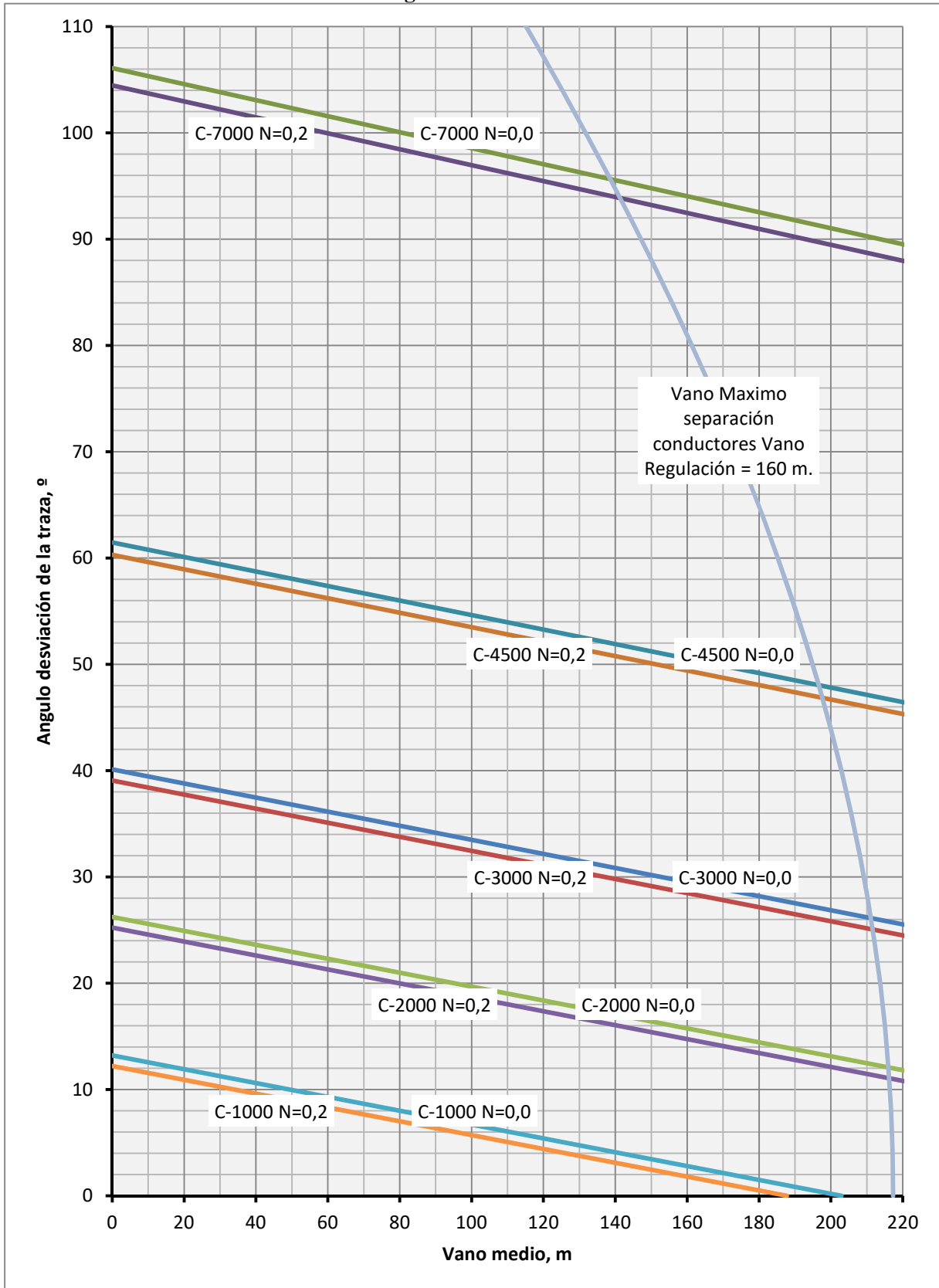
La separación entre conductores, no limita.

Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Reducido - Zona A  
Seguridad Reforzada

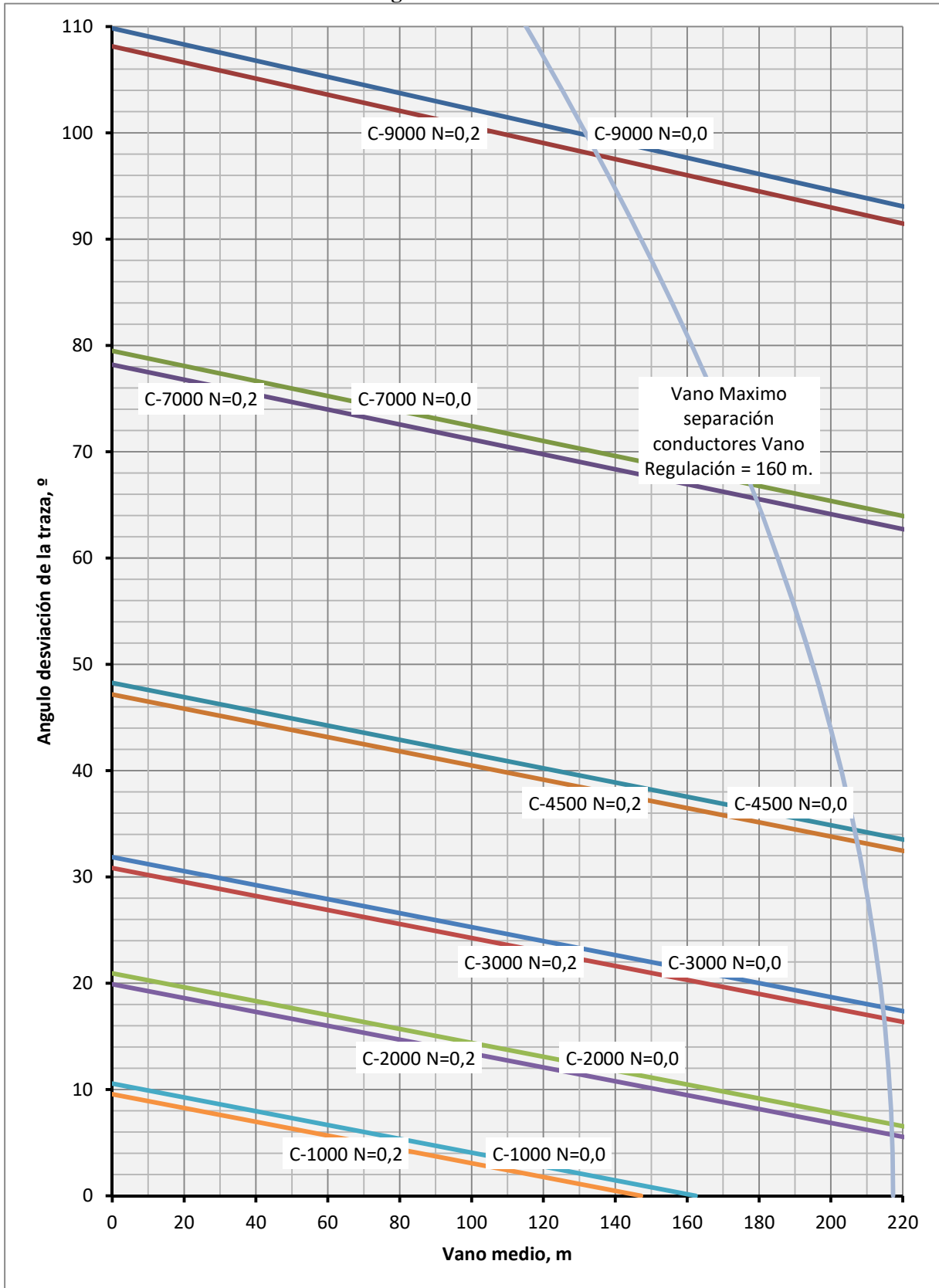


La separación entre conductores, no limita.

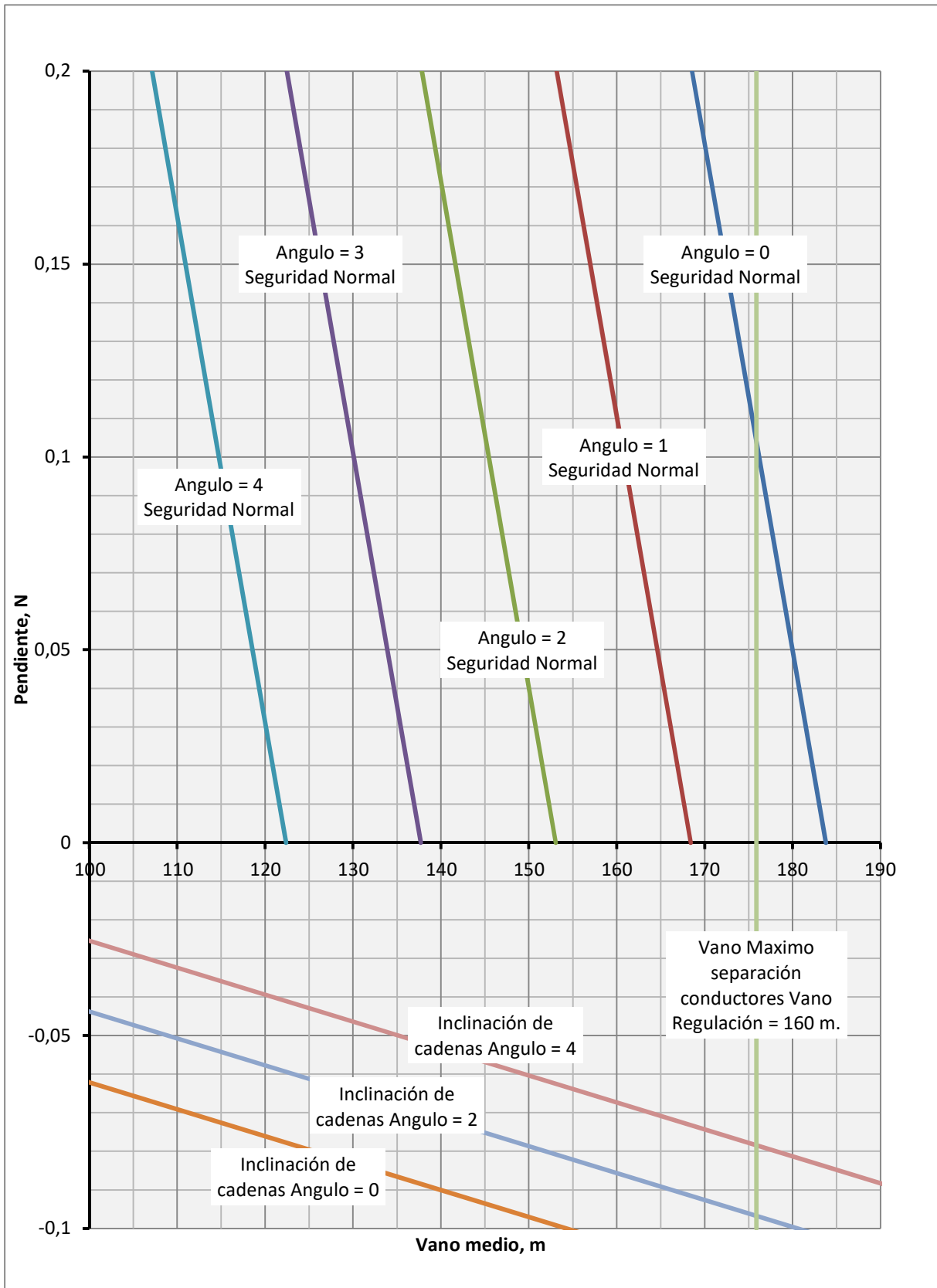
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Normal**



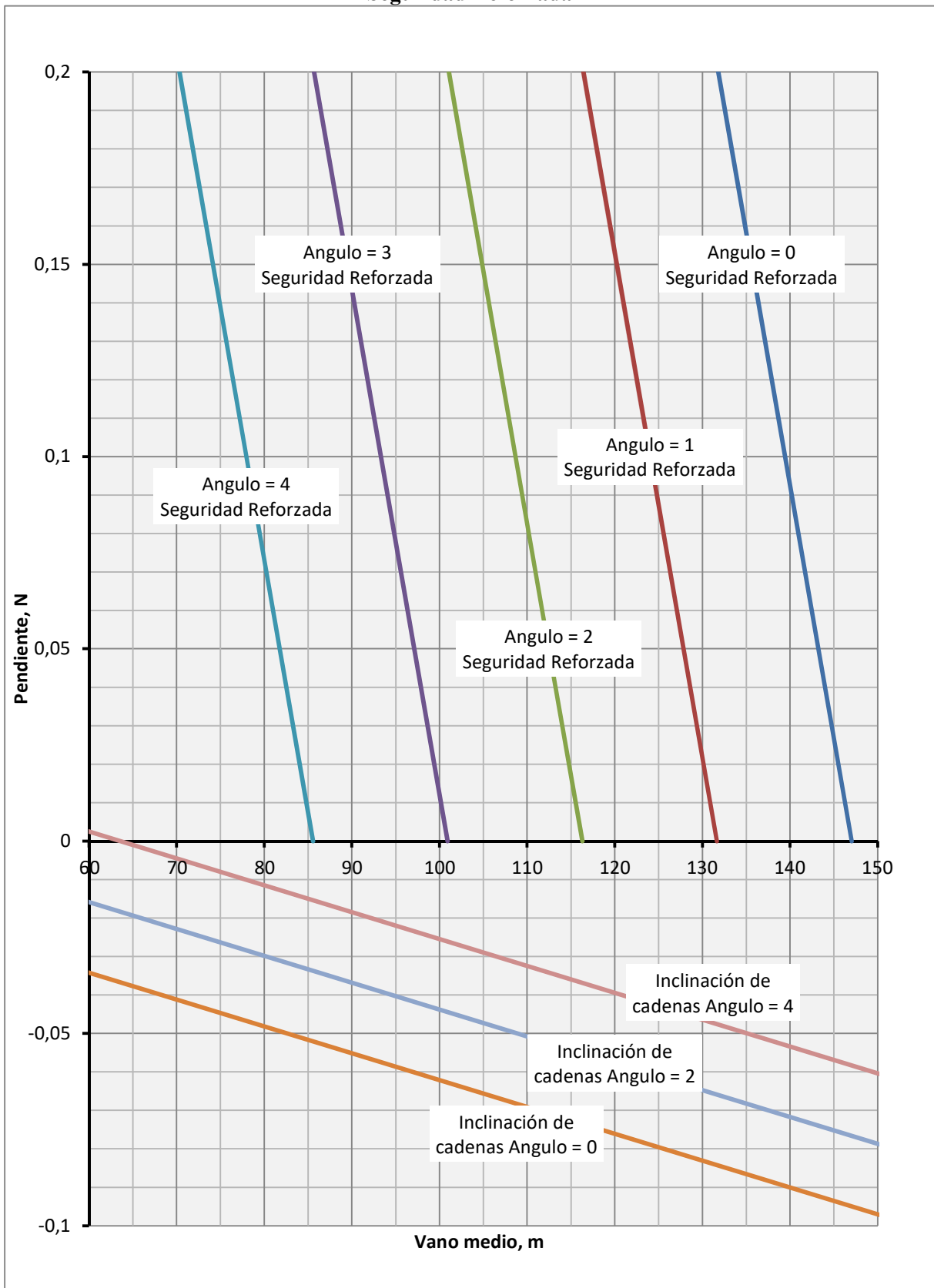
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Reforzada**



**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona A  
Seguridad Normal**



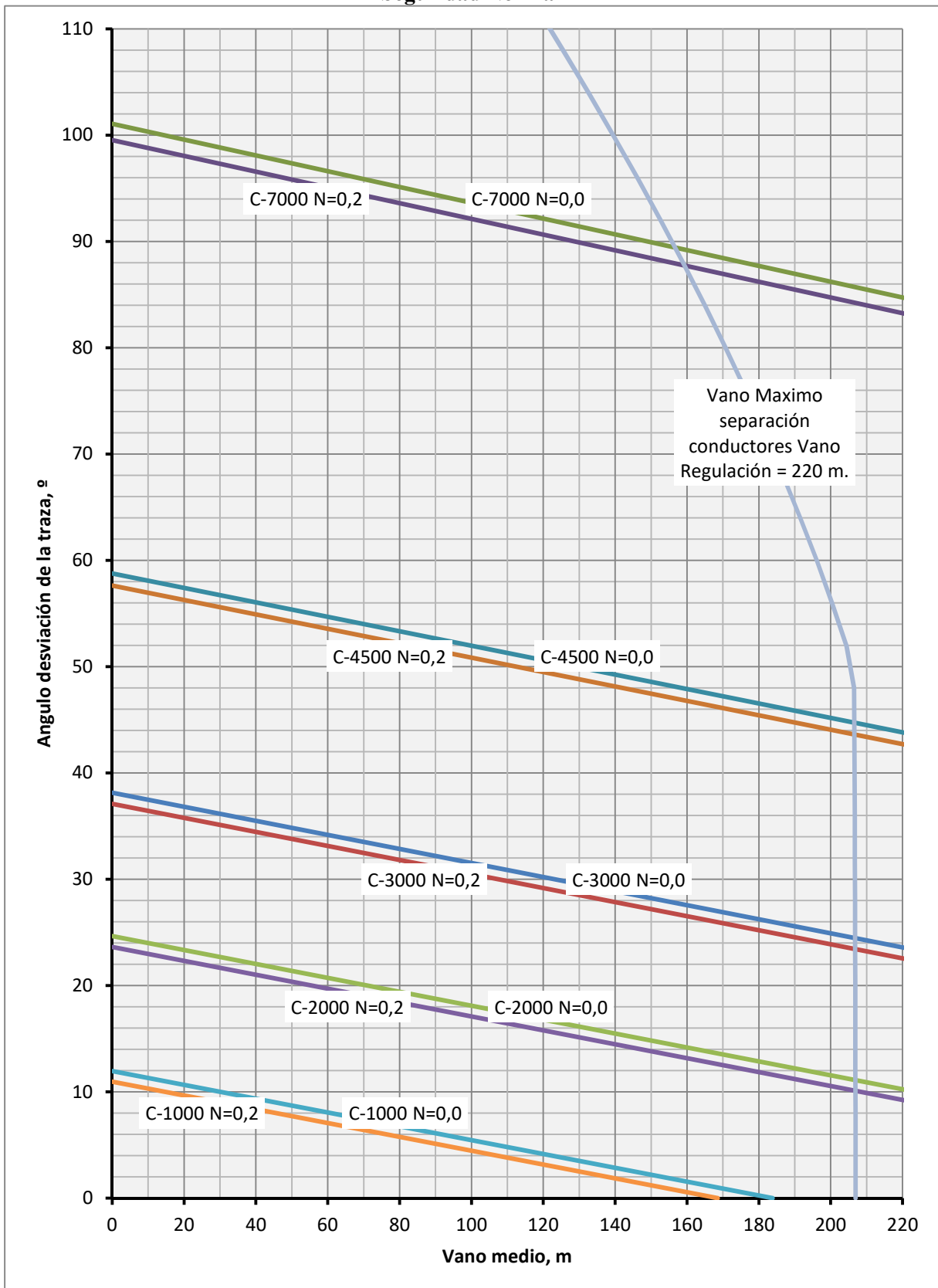
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona A  
Seguridad Reforzada**



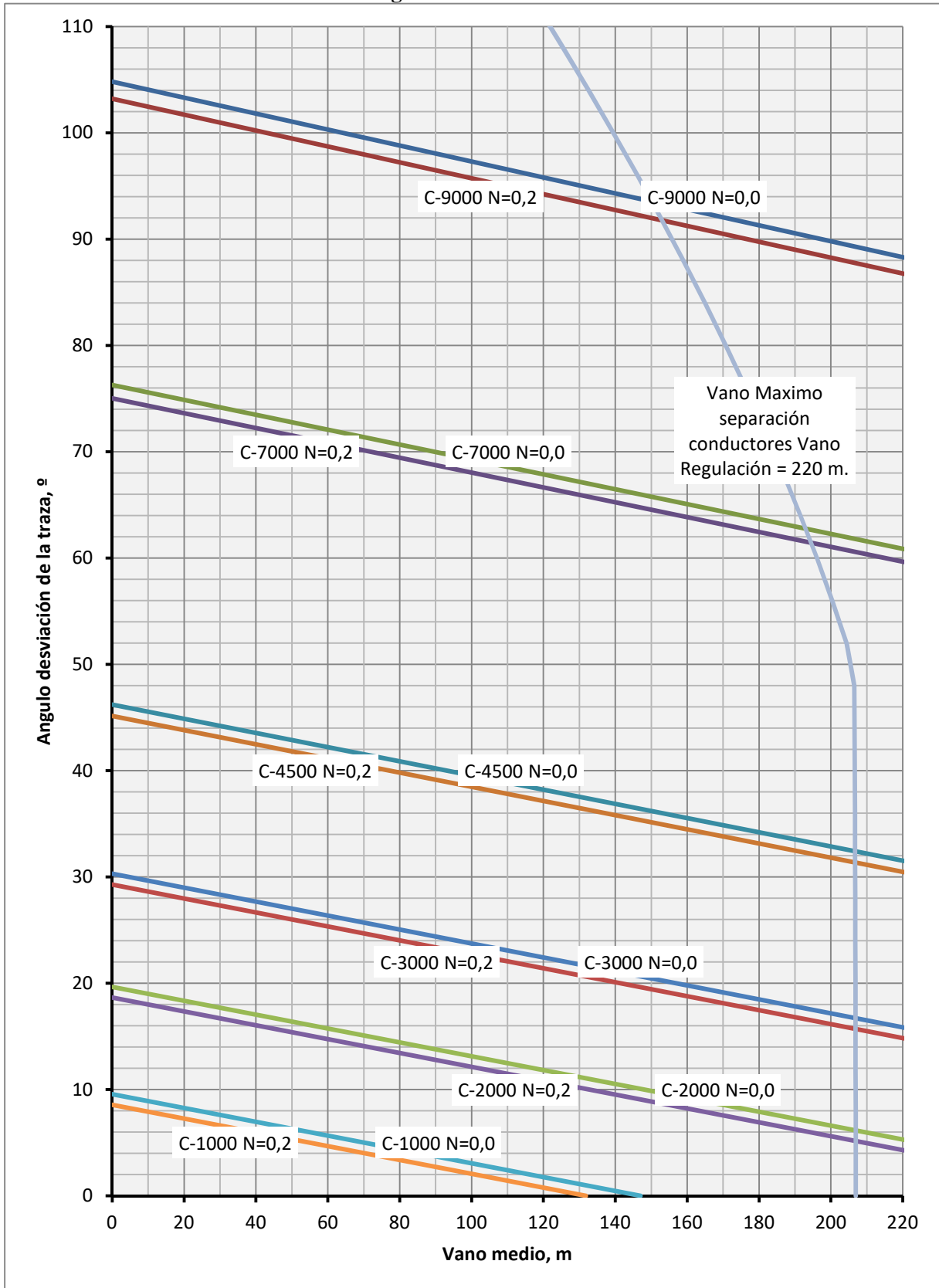
La separación entre conductores, no limita.



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Normal**



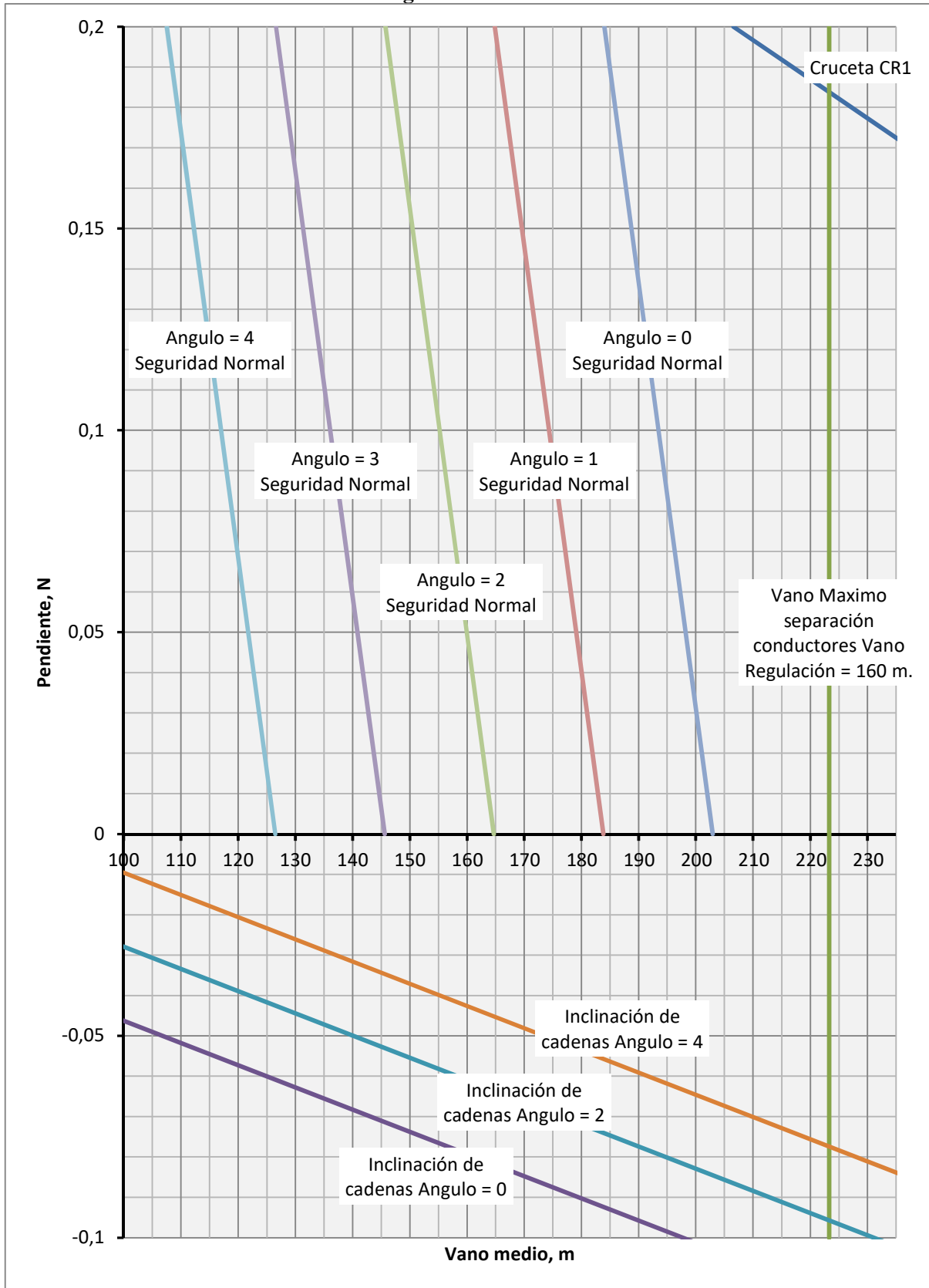
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona A. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Reforzada**



## **Gráficos de Utilización de apoyos Zona B**

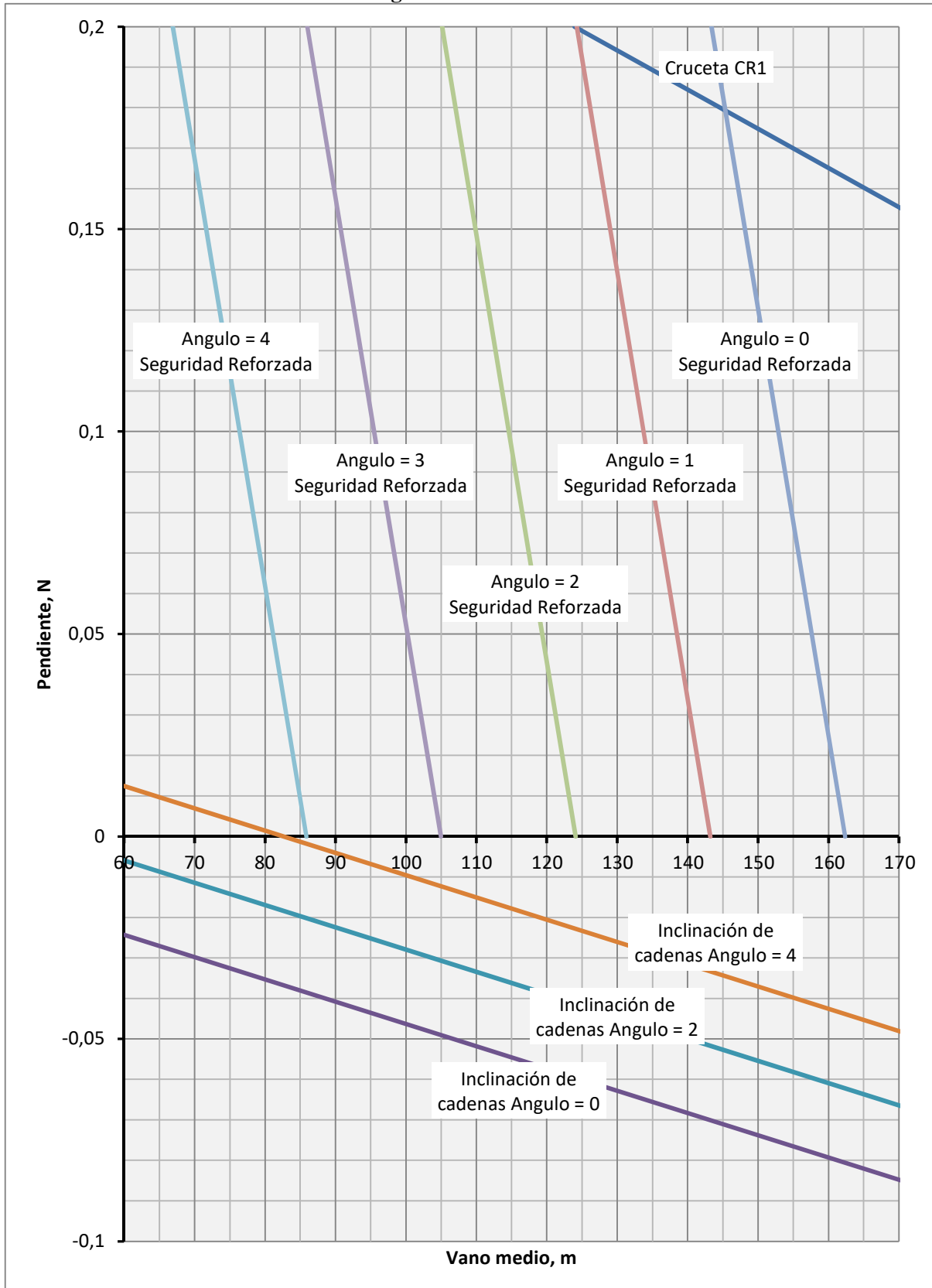
- **Apoyos con Cadenas de Suspensión, alineación o ángulo.**
- **Apoyos con Cadenas de Amarre, alineación, ángulo, anclaje o fin de línea.**

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona B  
Seguridad Normal**



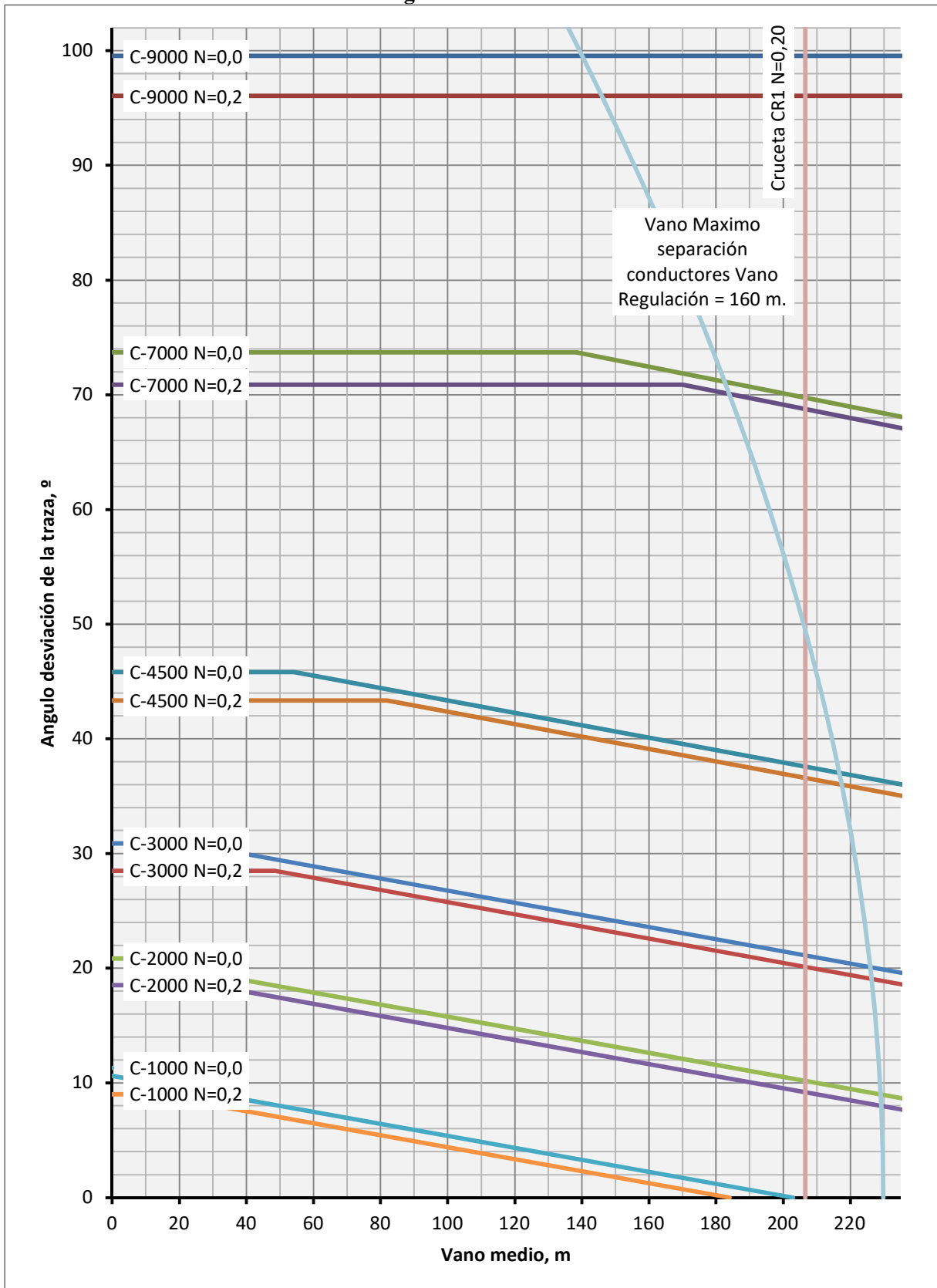
La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona B  
Seguridad Reforzada**

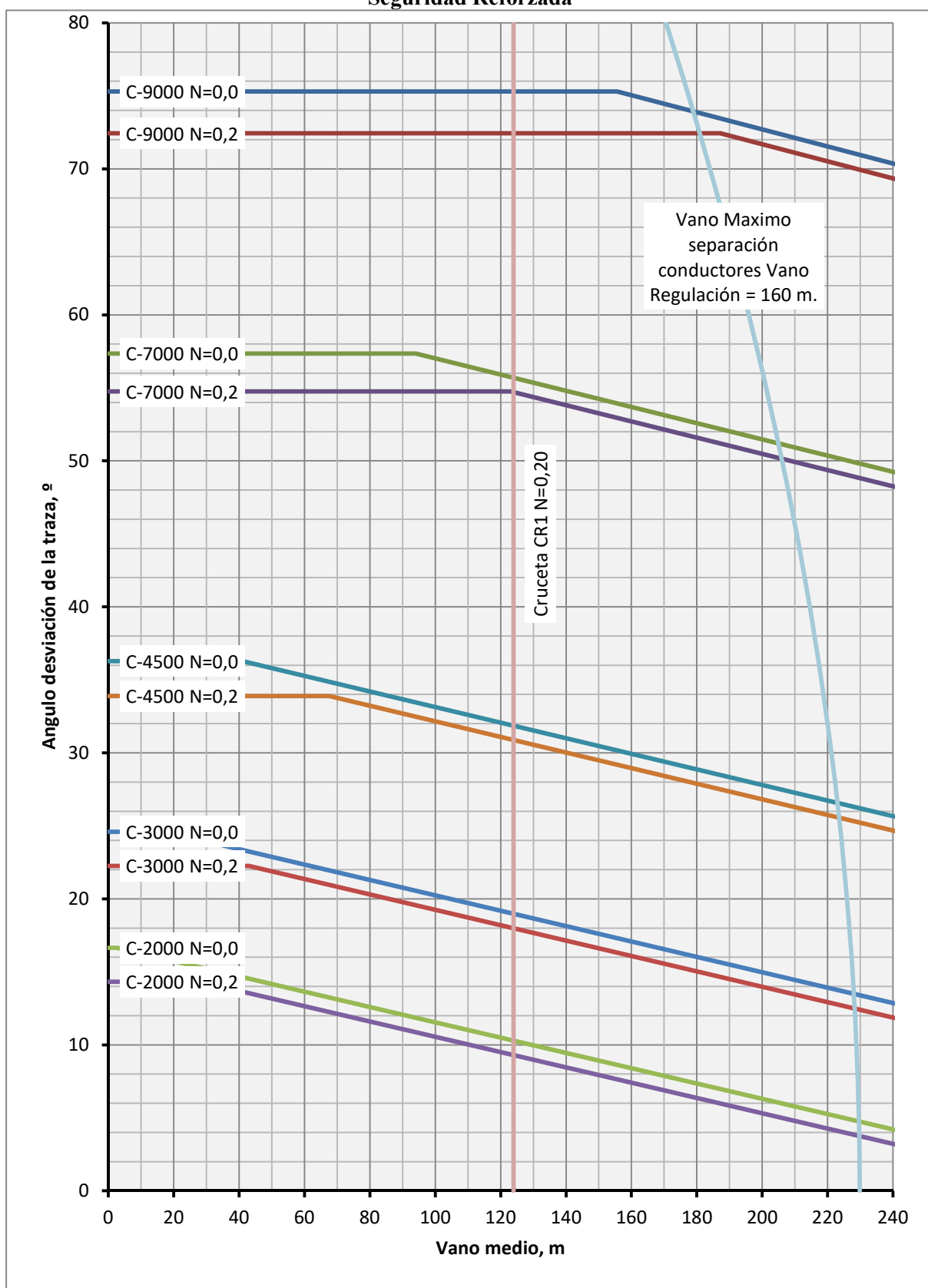


La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m  
Seguridad Normal**

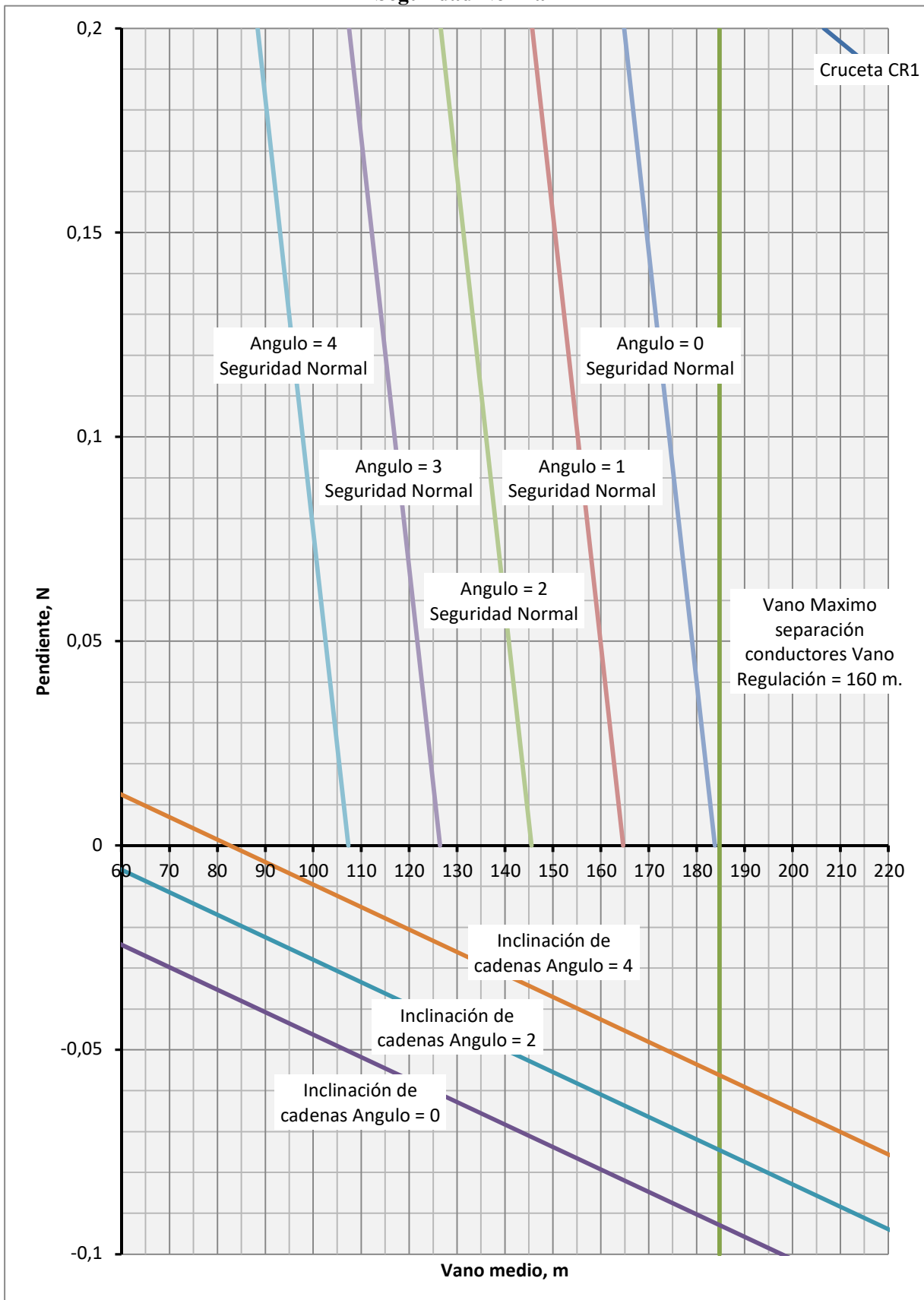


**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m  
Seguridad Reforzada**



Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis.

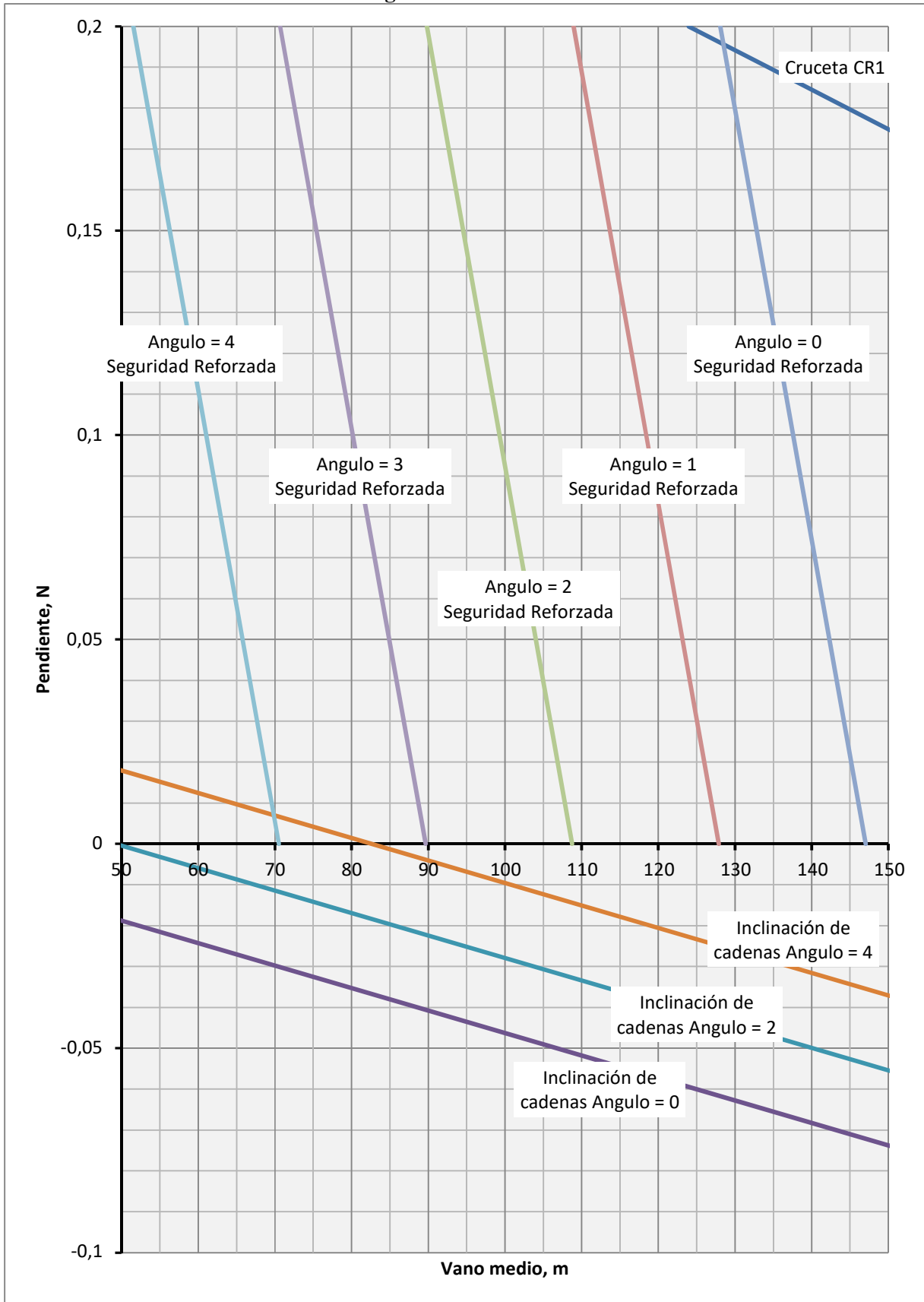
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona B  
Seguridad Normal**



La separación entre conductores, no limita.

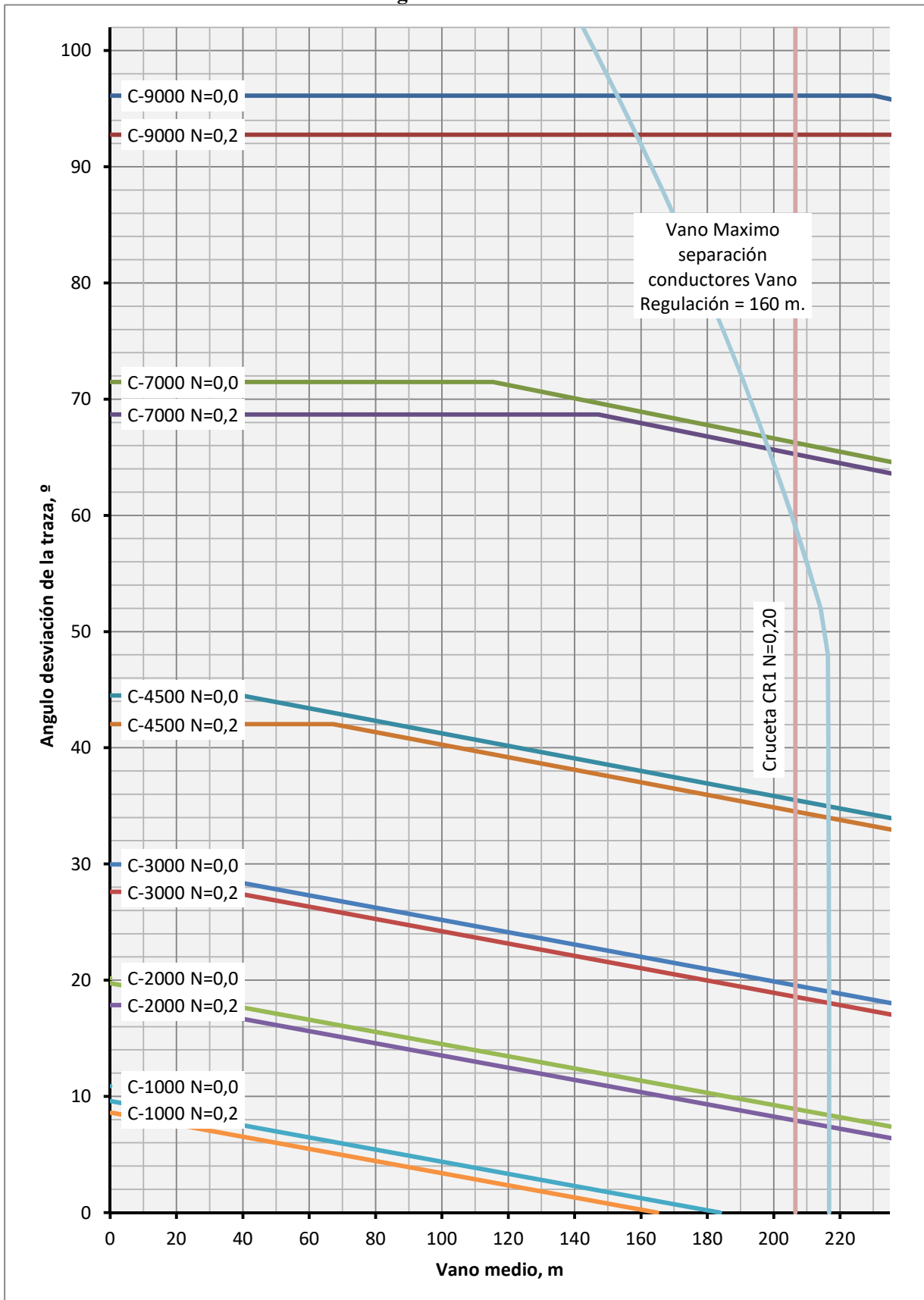


Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona B  
Seguridad Reforzada

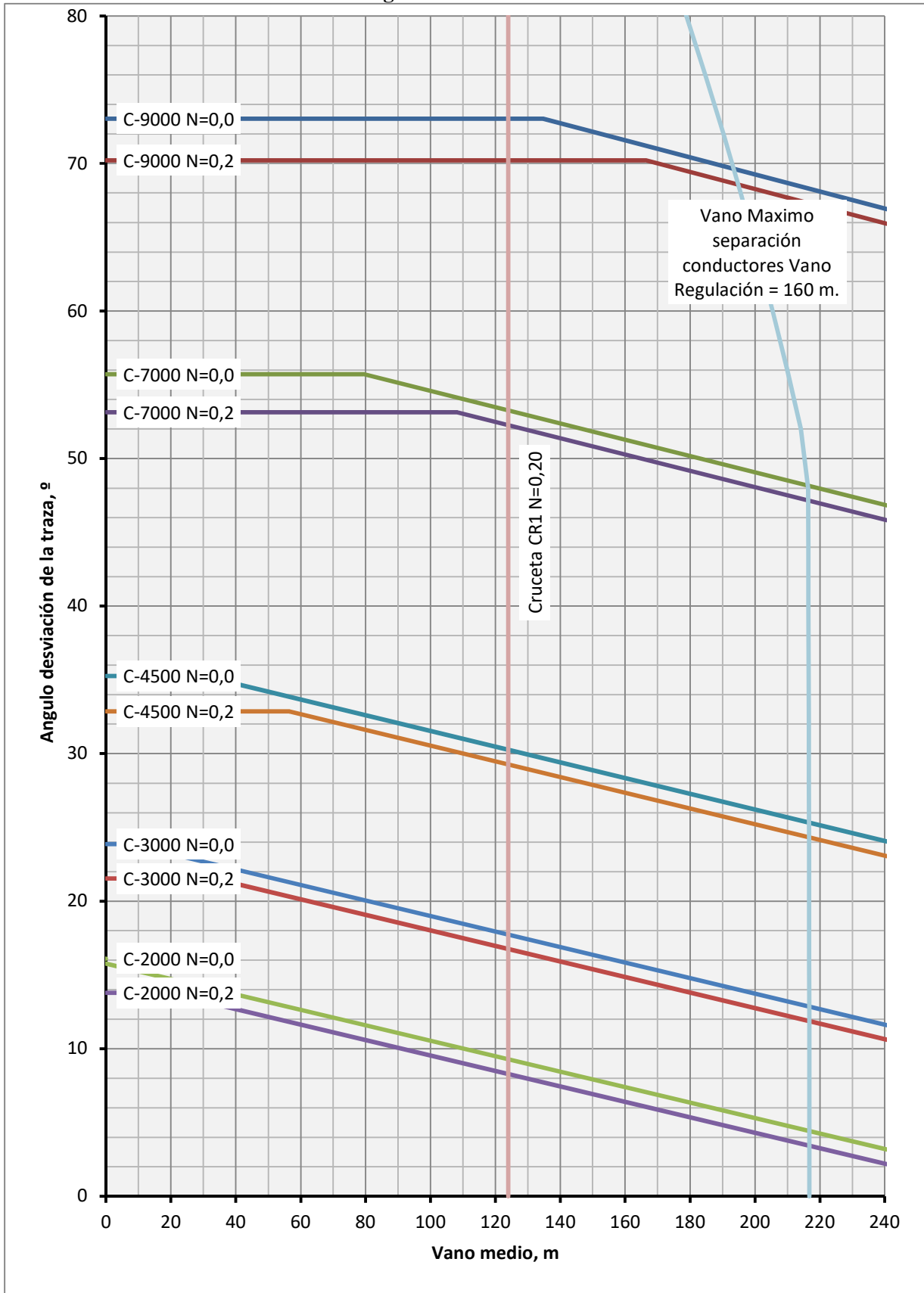


La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Límite Estático Dinámico**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Normal**

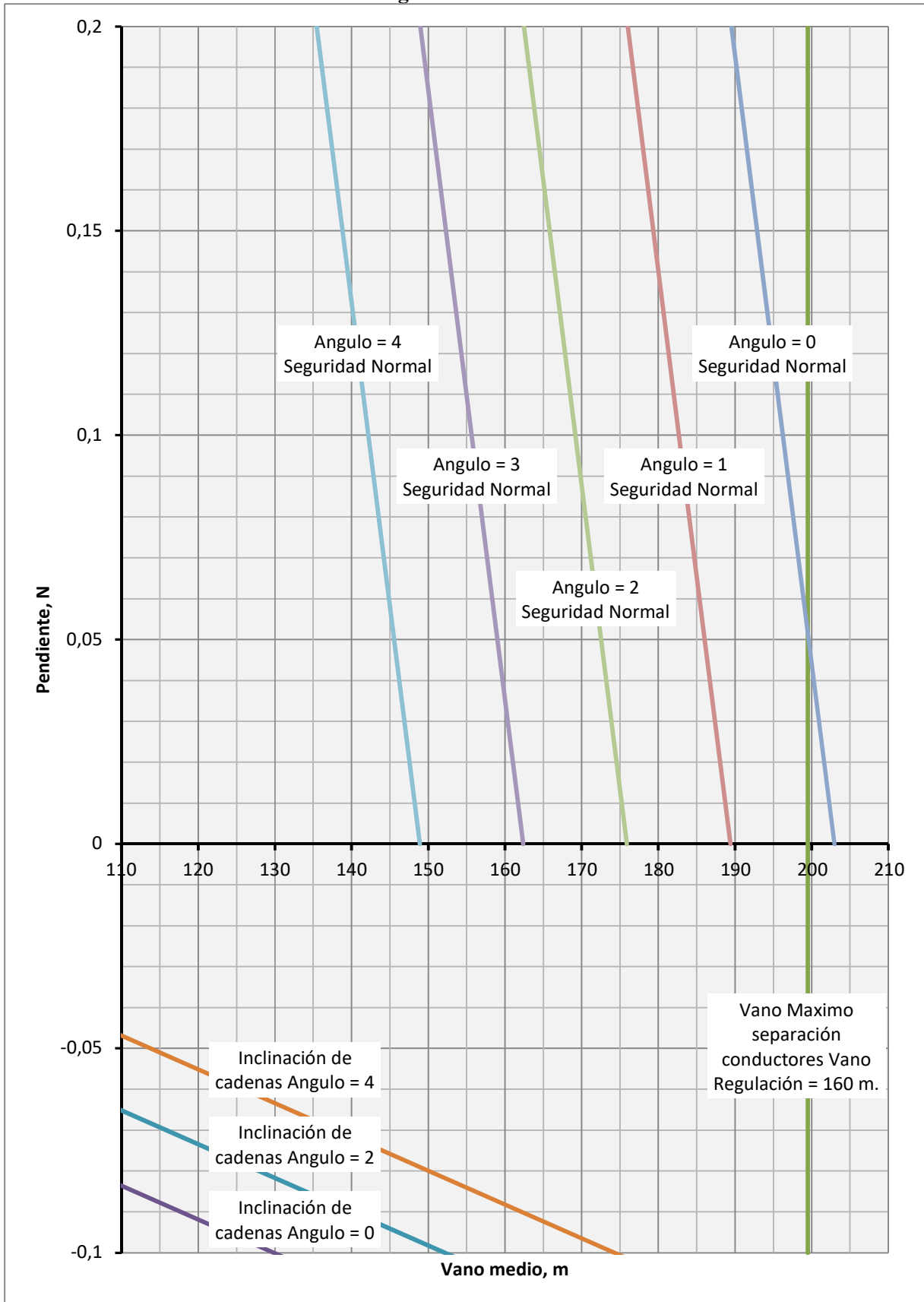


**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.  
Seguridad Reforzada**

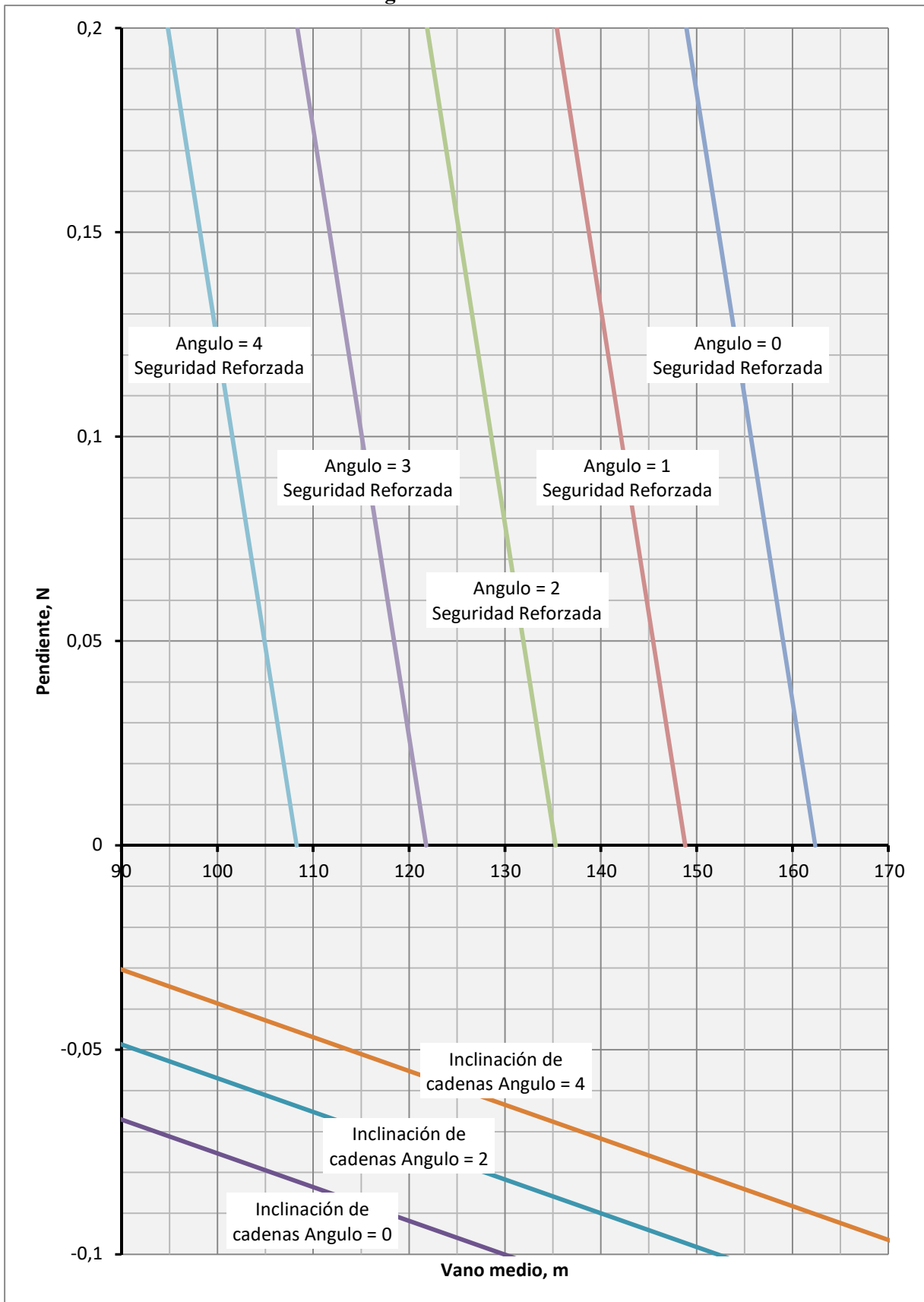


Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis.

Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Reducido - Zona B  
Seguridad Normal

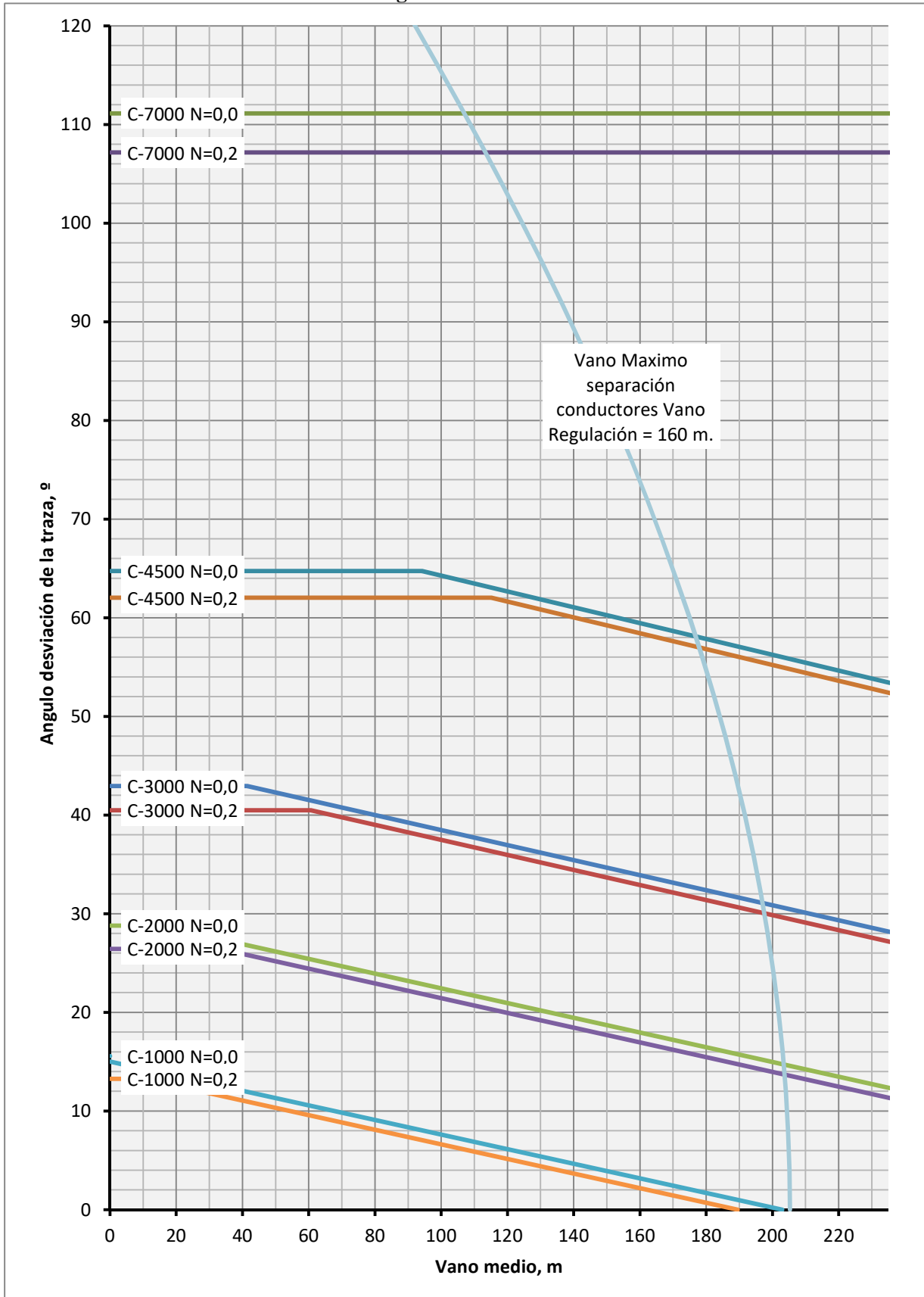


**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Reducido - Zona B  
Seguridad Reforzada**

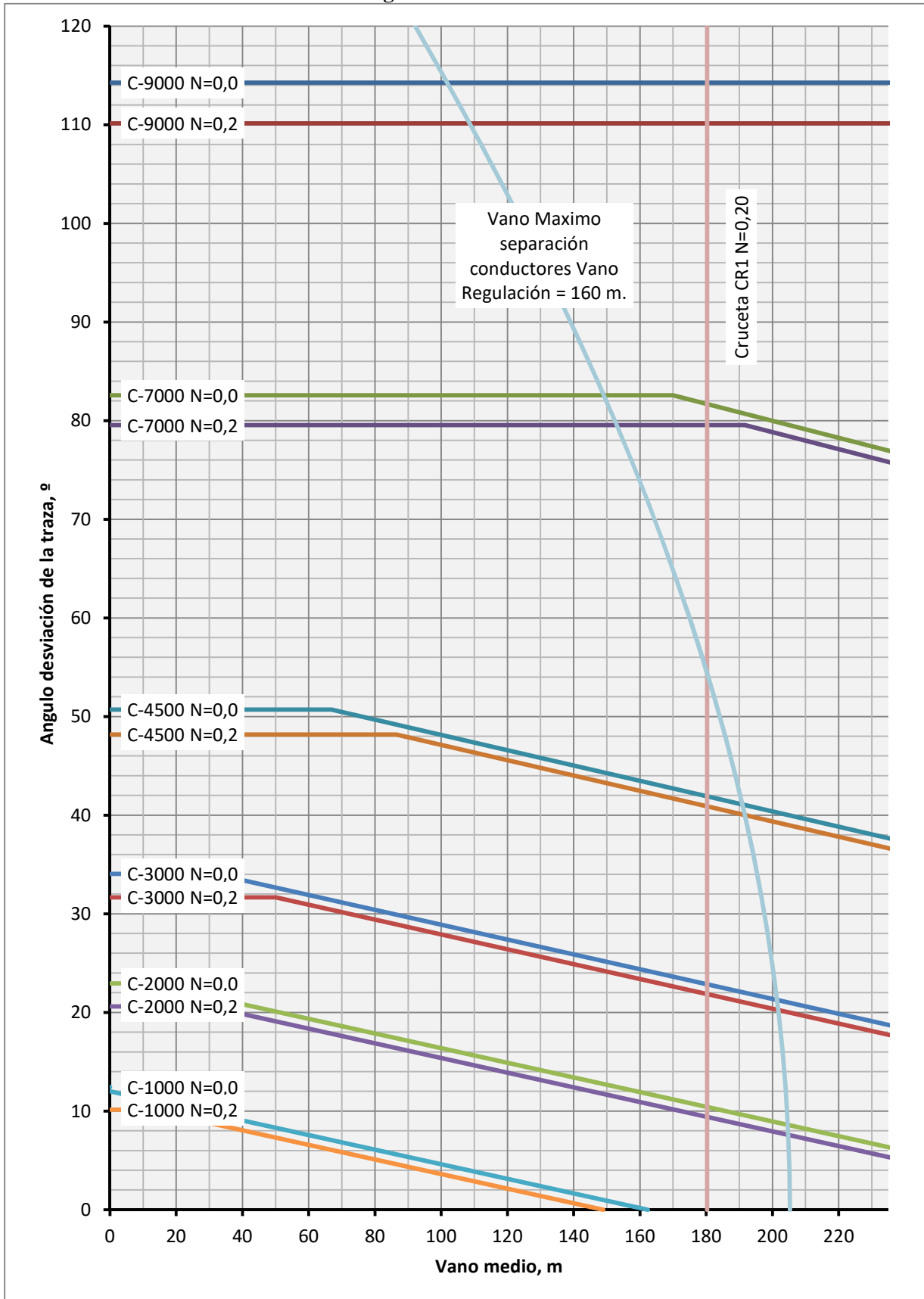


La separación entre conductores, no limita.

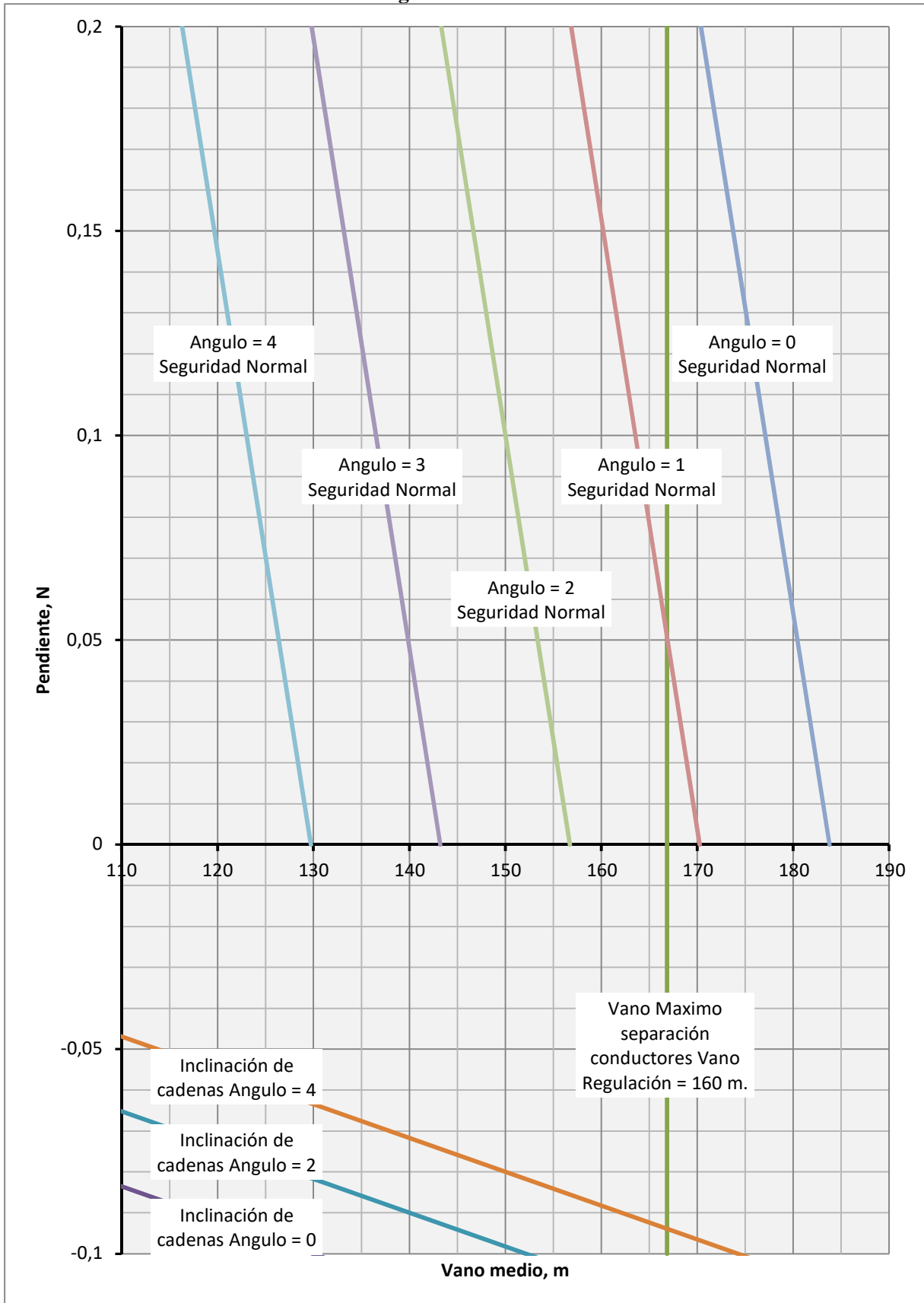
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Normal**



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Reforzada**

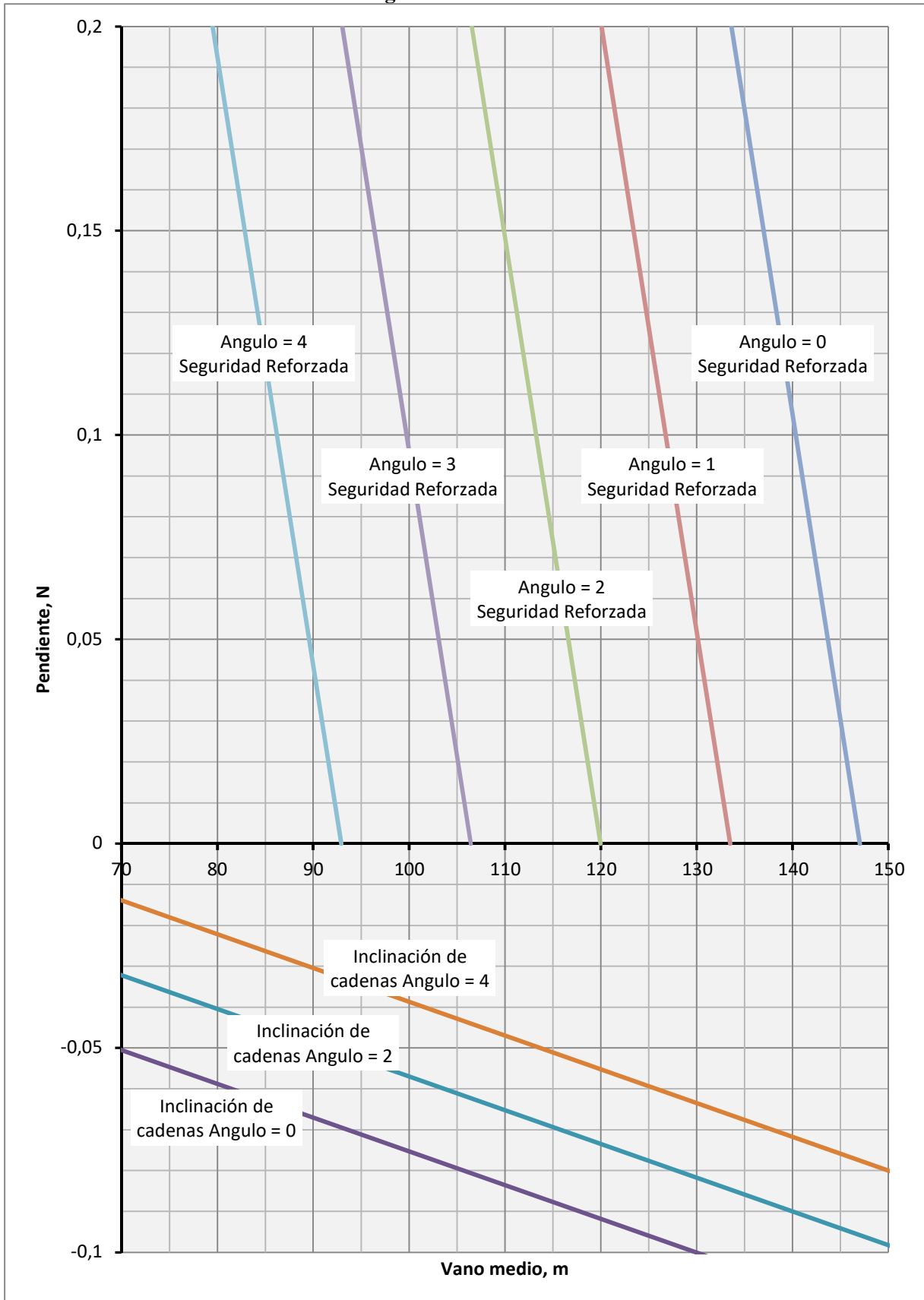


Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona B  
Seguridad Normal



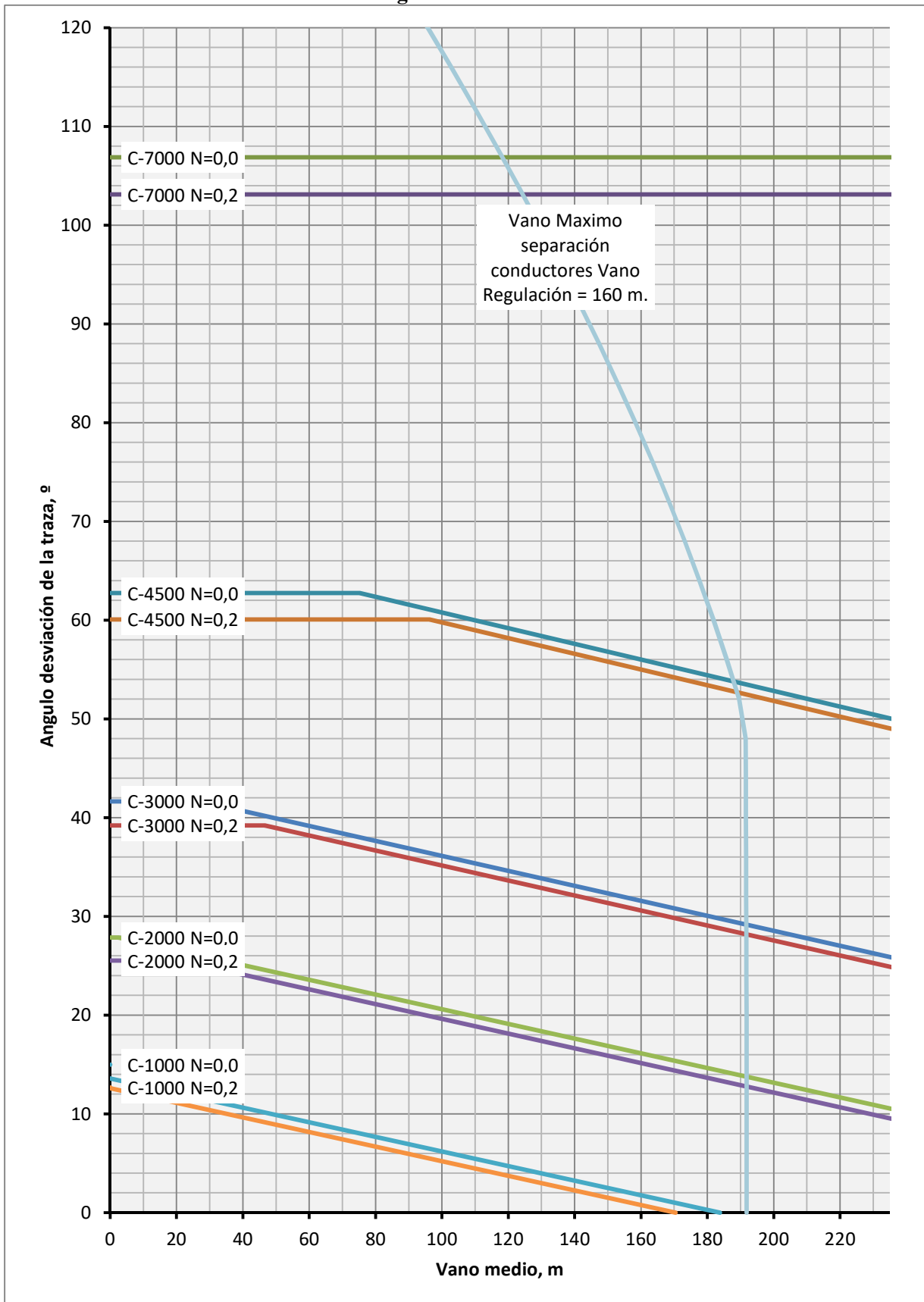


Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona B  
Seguridad Reforzada

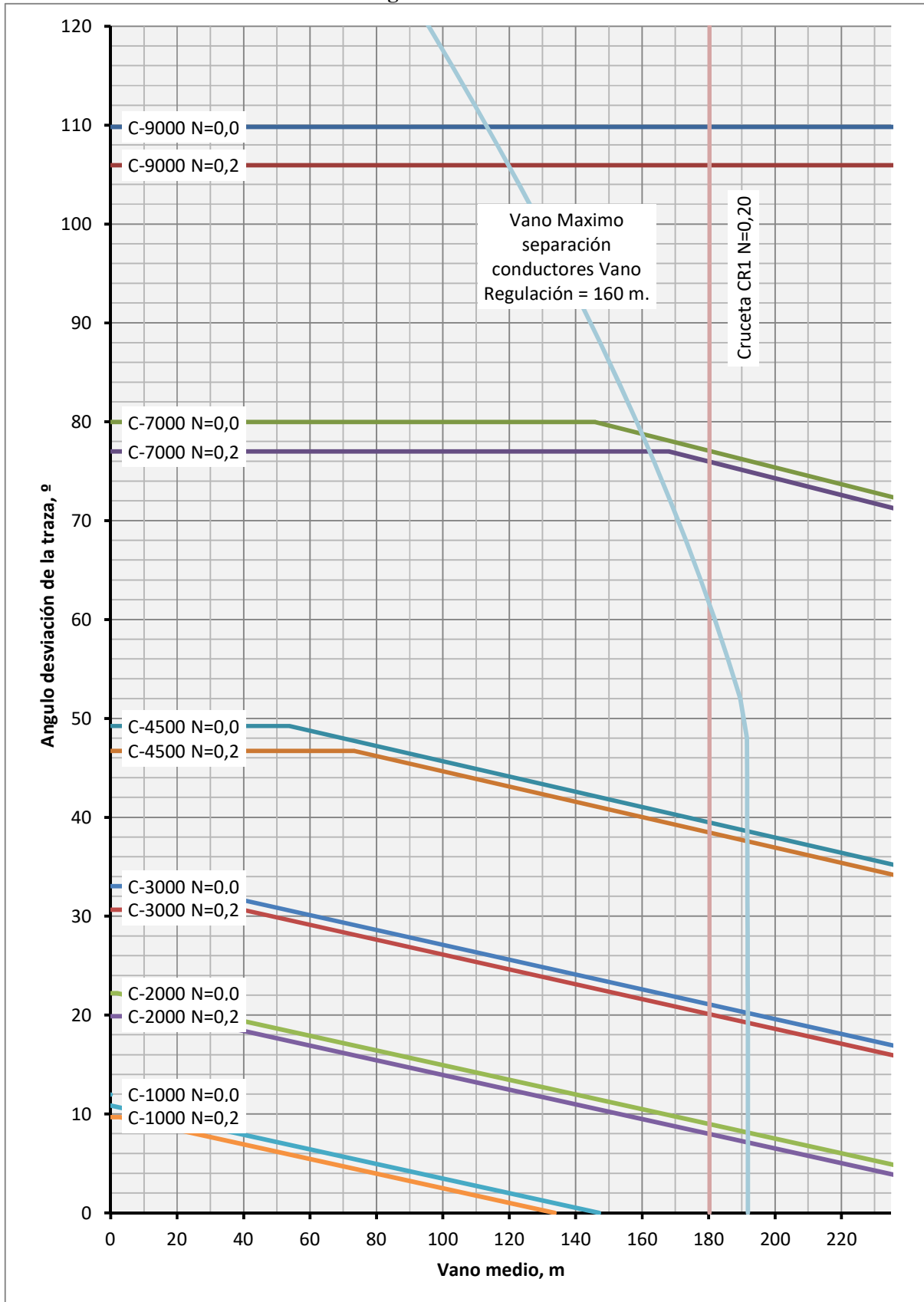


La separación entre conductores, no limita.

**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Normal**



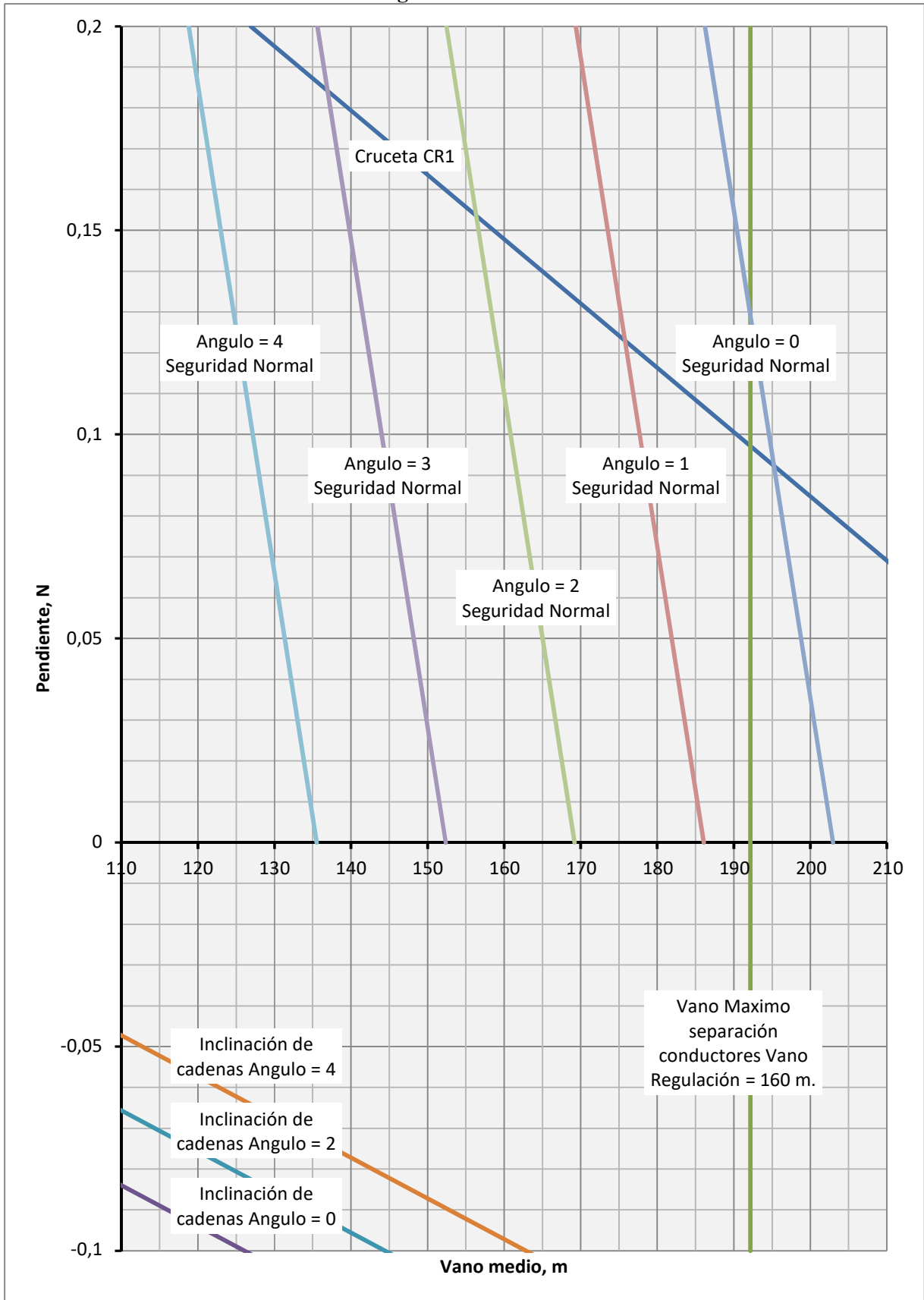
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona B. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Reforzada**



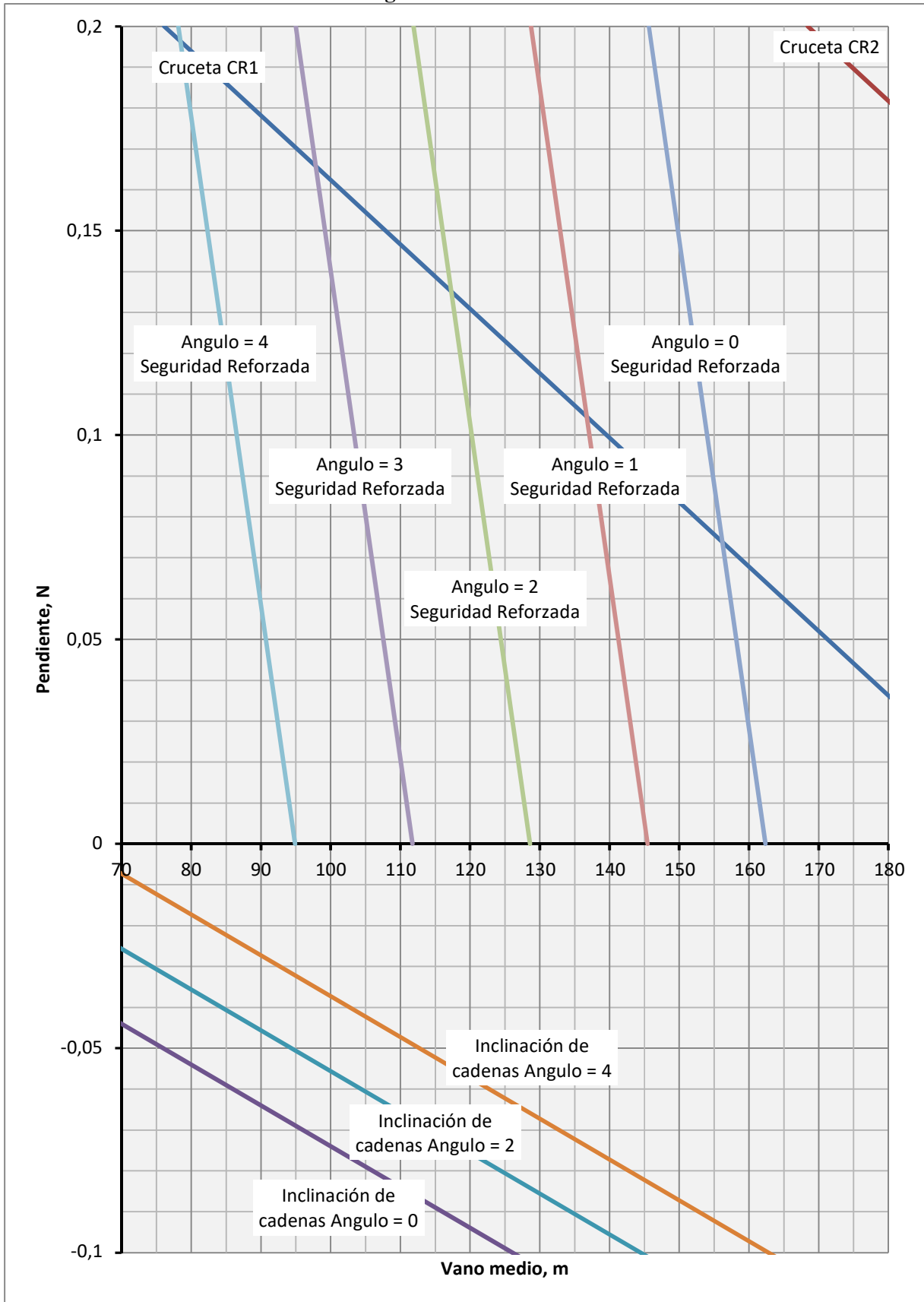
## **Gráficos de Utilización de apoyos Zona C**

- **Apoyos con Cadenas de Suspensión, alineación o ángulo.**
- **Apoyos con Cadenas de Amarre, alineación, ángulo, anclaje o fin de línea.**

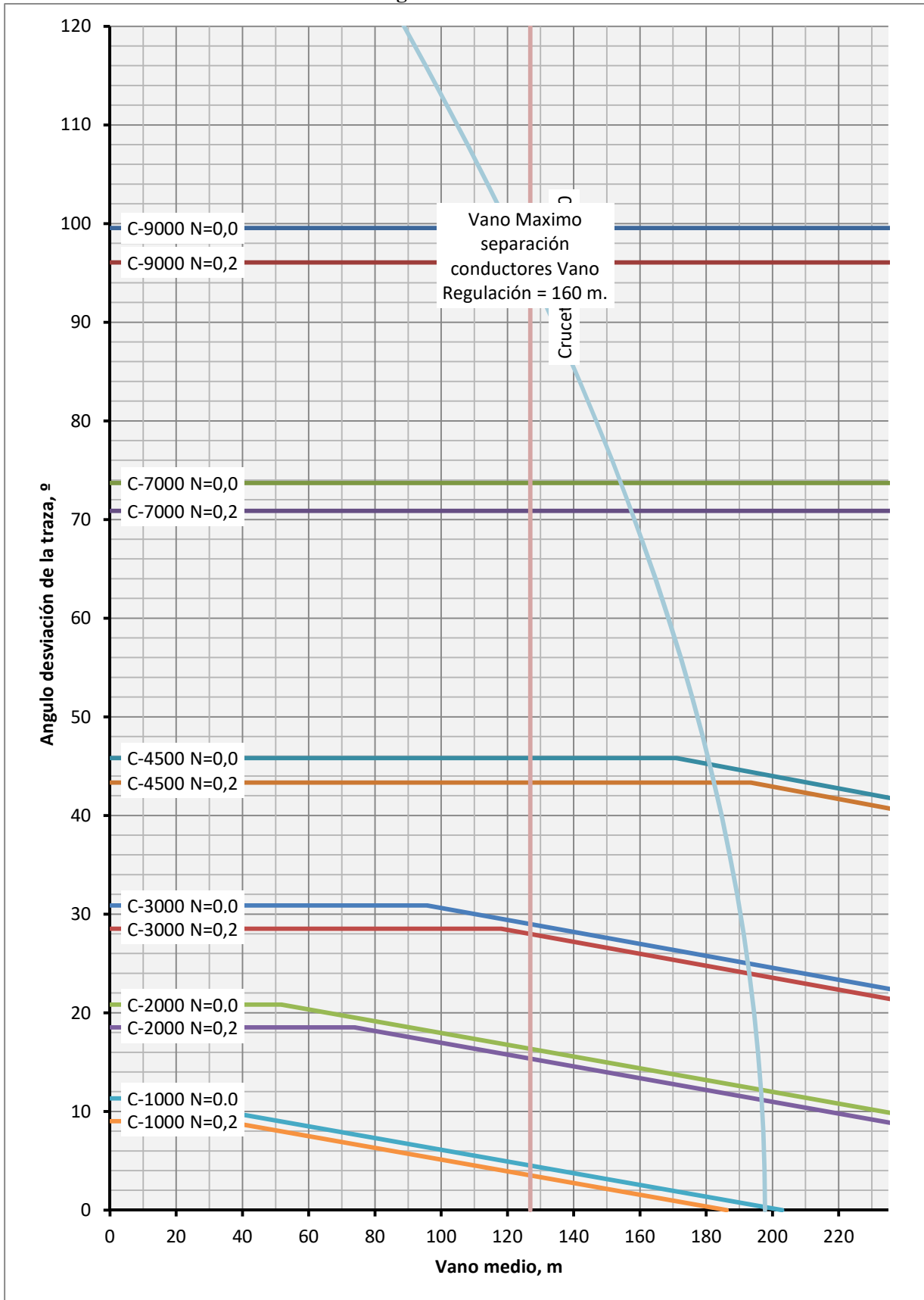
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona C  
Seguridad Normal**



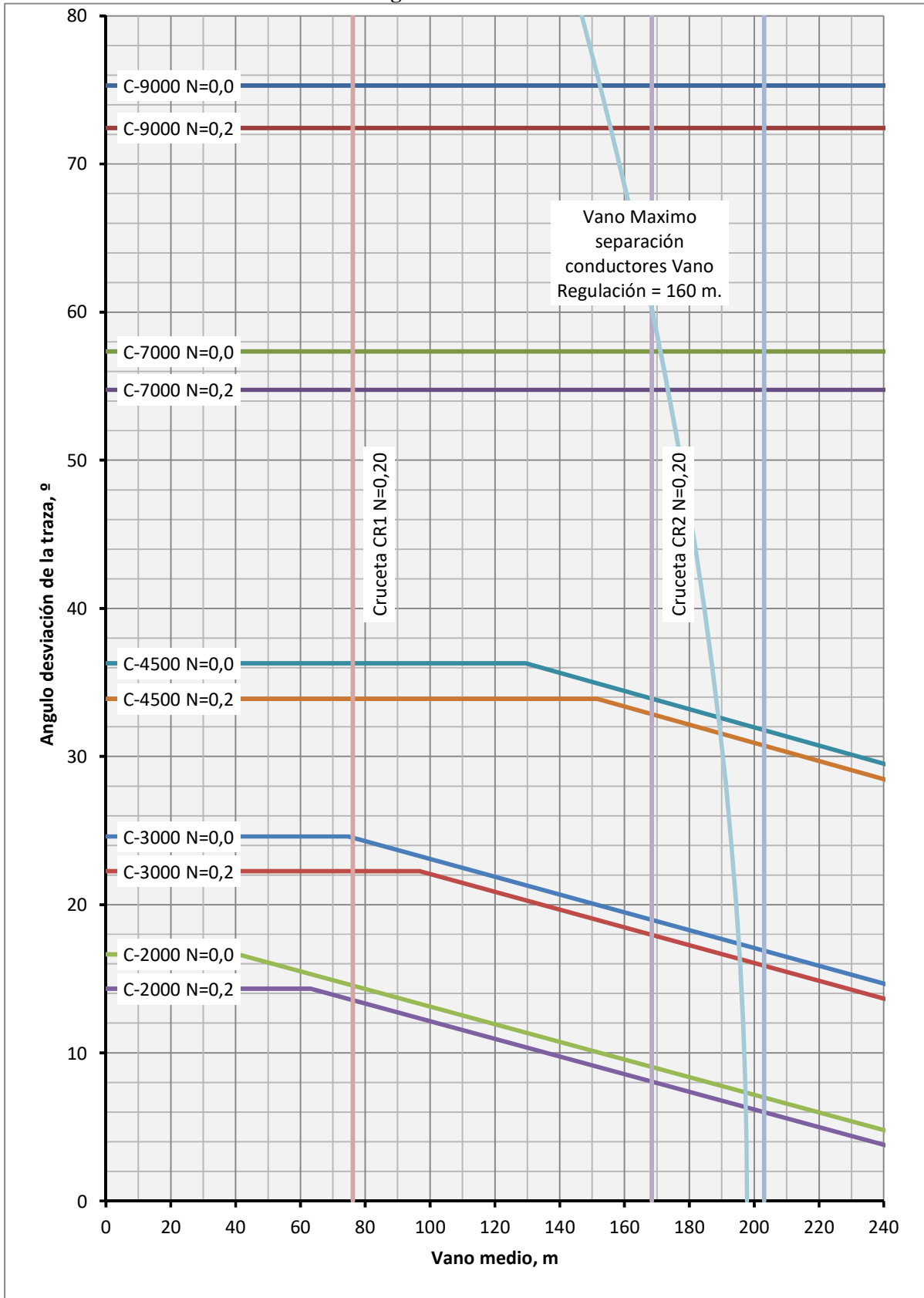
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona C  
Seguridad Reforzada**



Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m  
Seguridad Normal



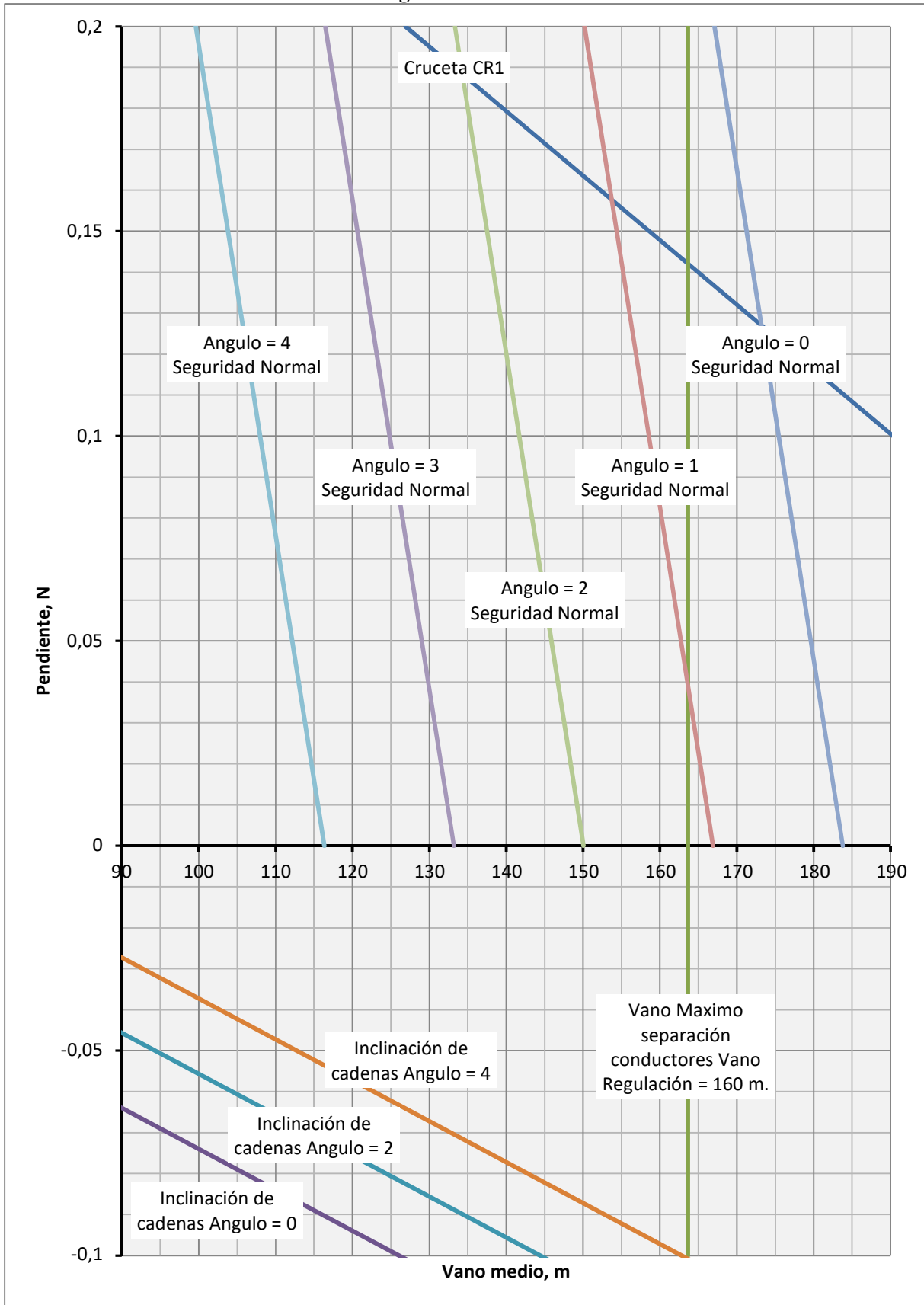
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m  
Seguridad Reforzada**



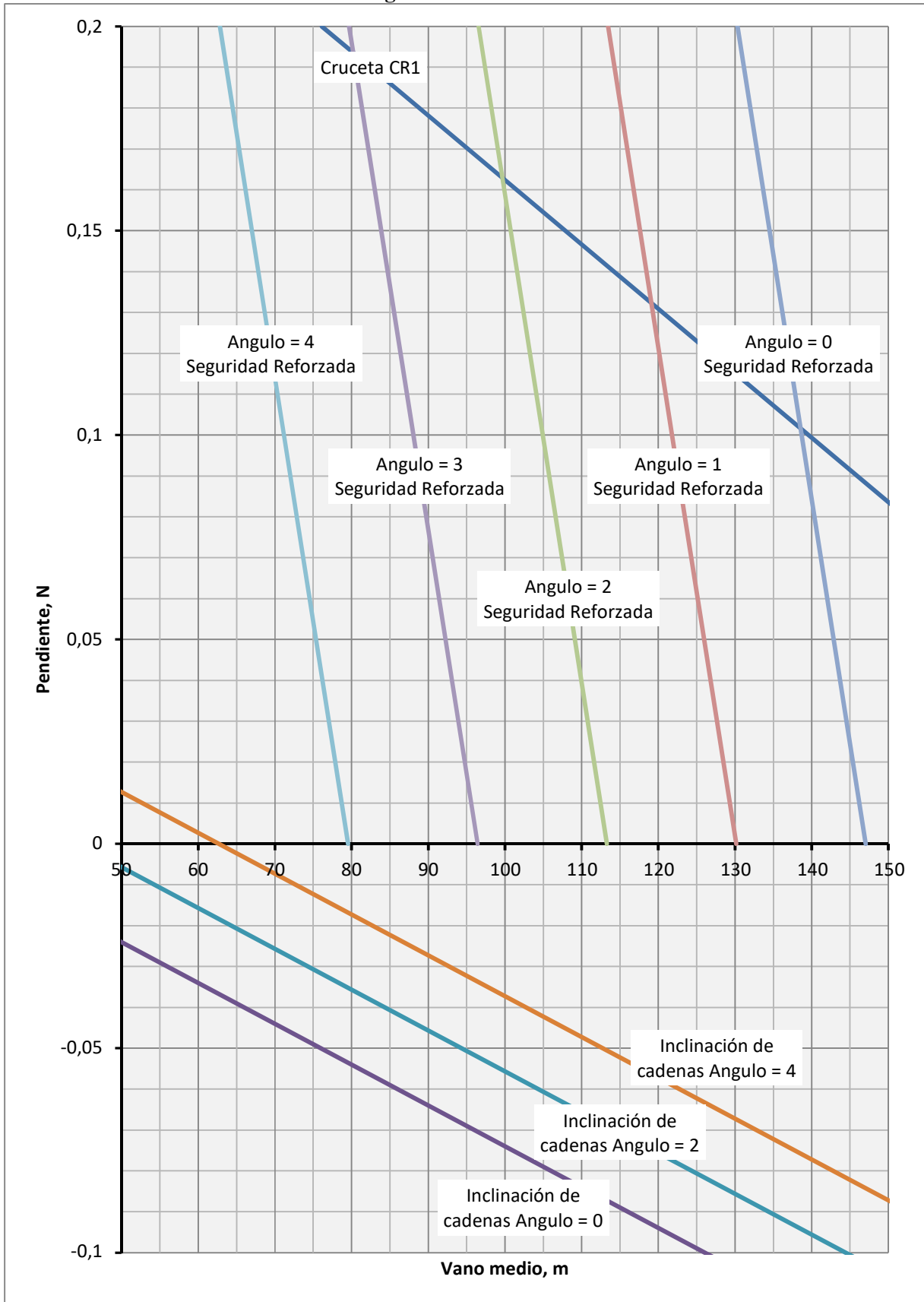
Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis.



Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona C  
Seguridad Normal

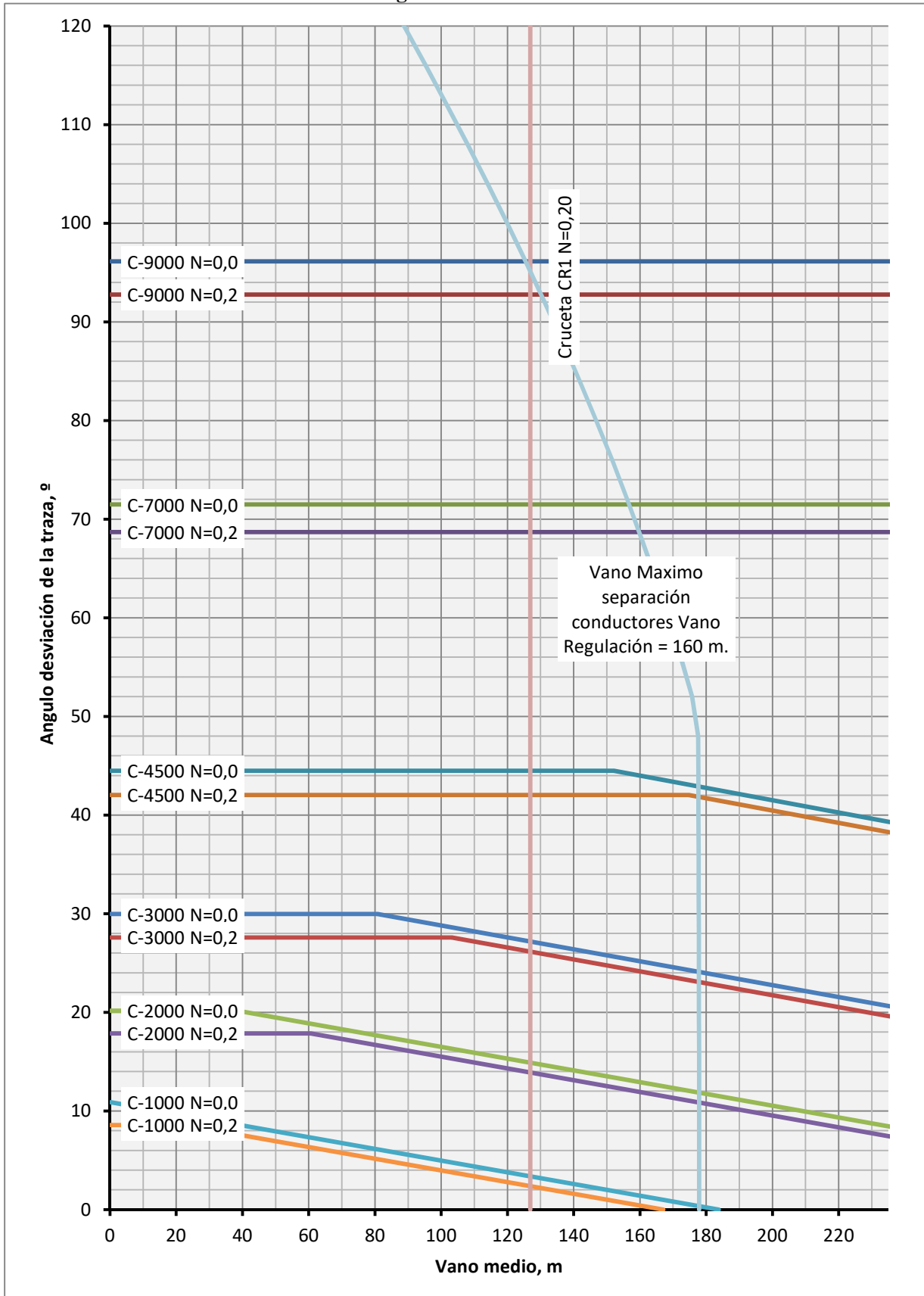


Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Límite Estático Dinámico - Zona C  
Seguridad Reforzada

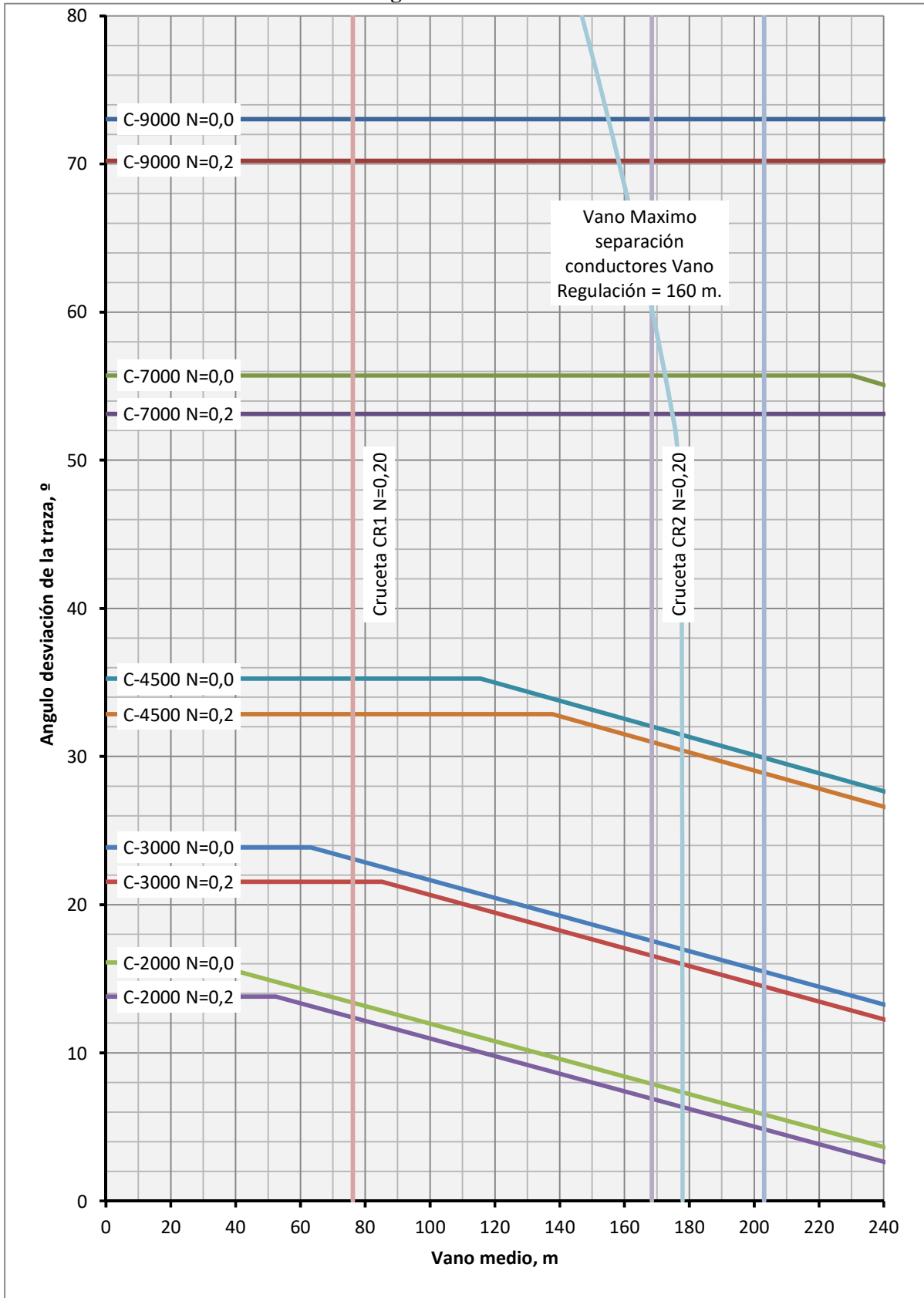


La separación entre conductores, no limita

**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.  
Seguridad Normal**

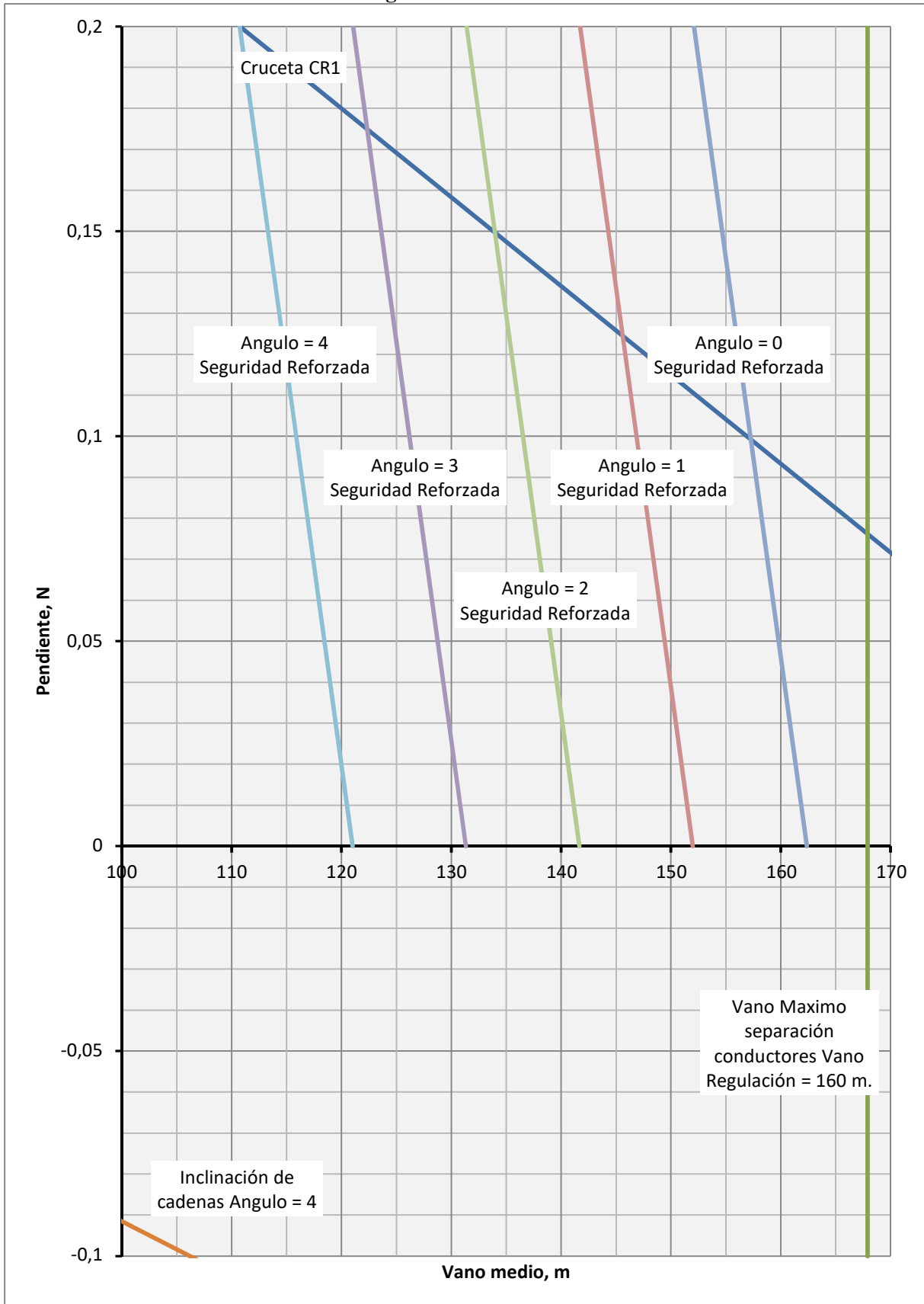


**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Límite Estático Dinámico  
Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.  
Seguridad Reforzada**

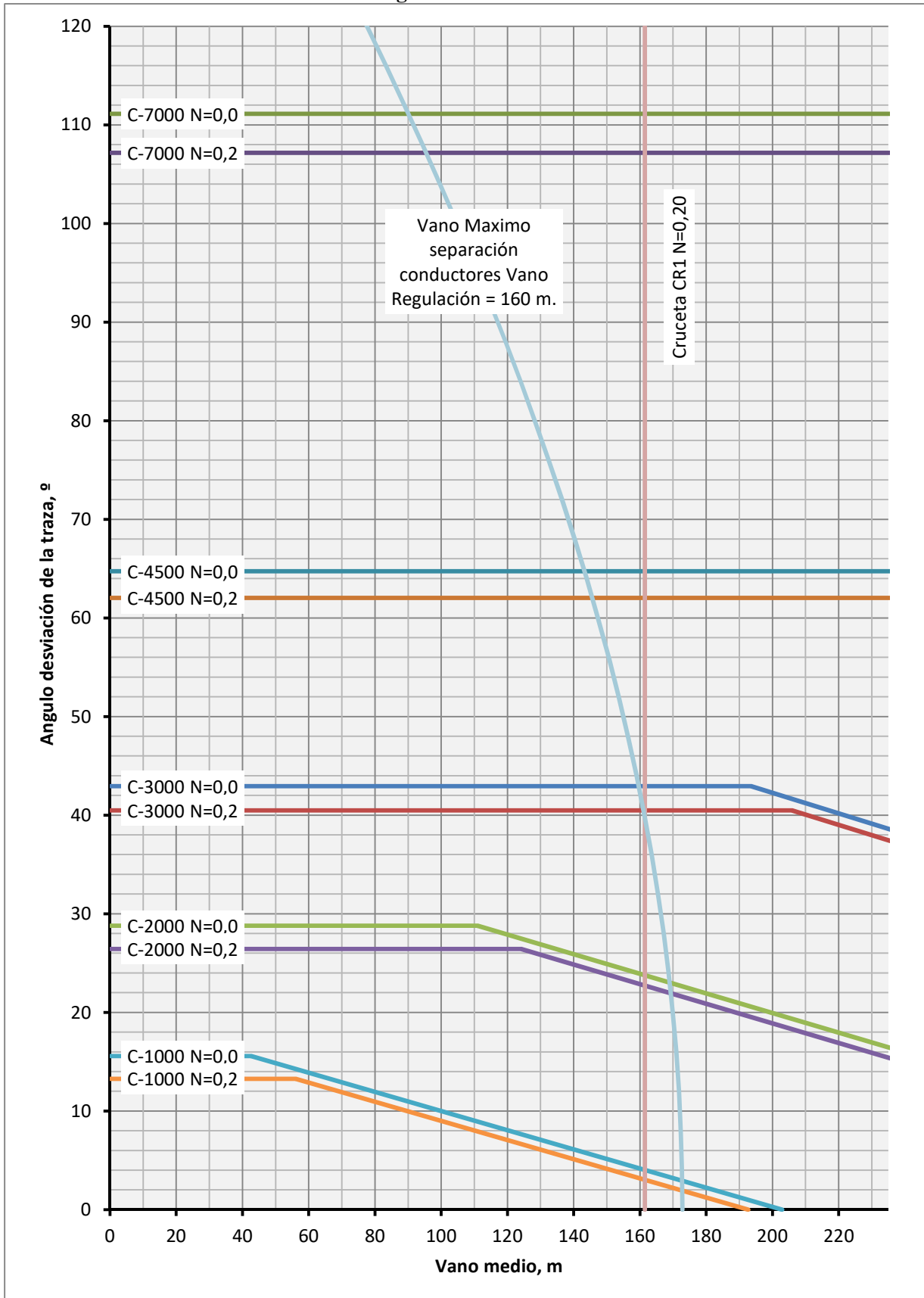


Nota: El apoyo C-1000, con el armado indicado, no cumple 3ª hipótesis.

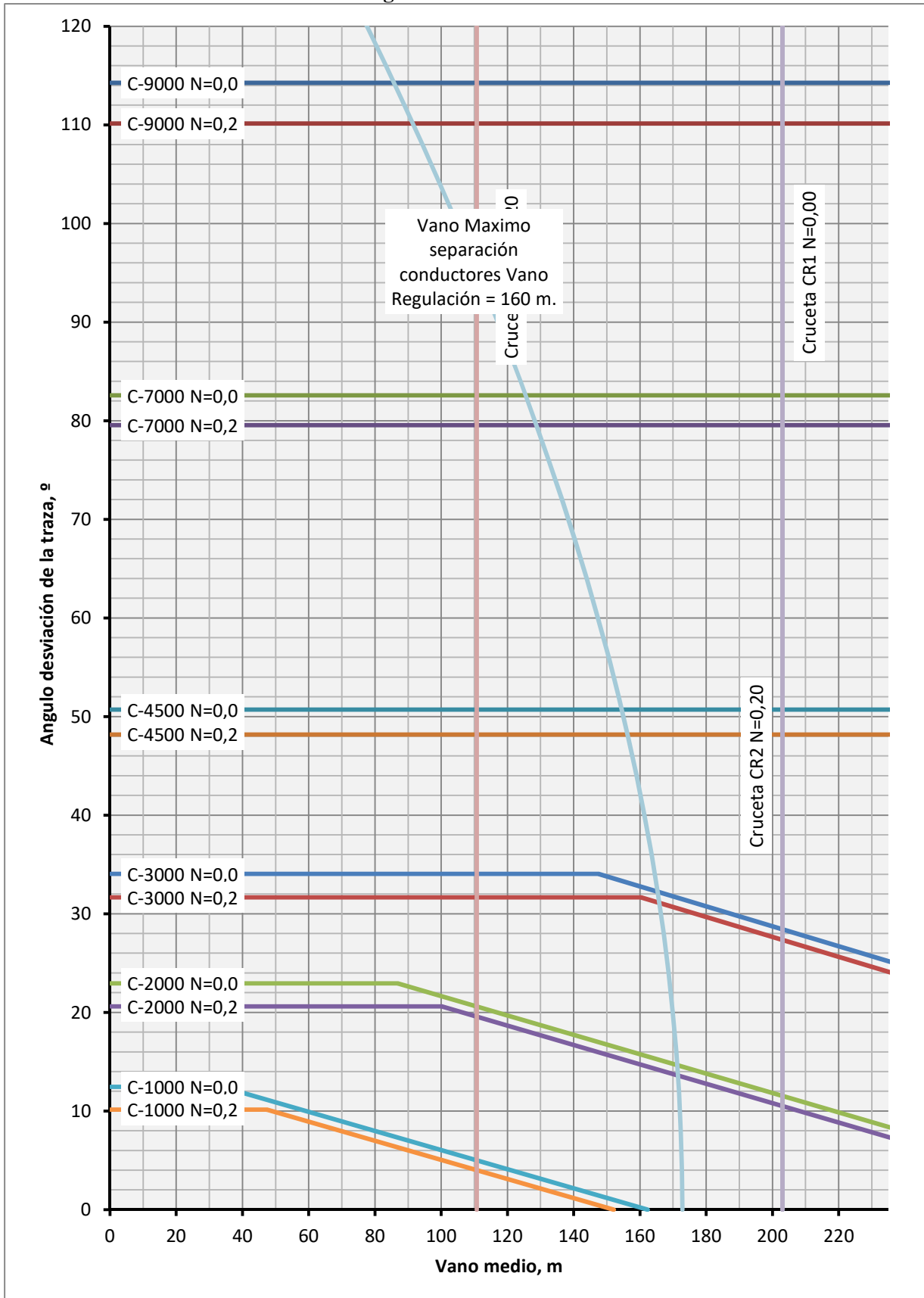
**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 1,80 m.  
Tense Reducido - Zona C  
Seguridad Reforzada**



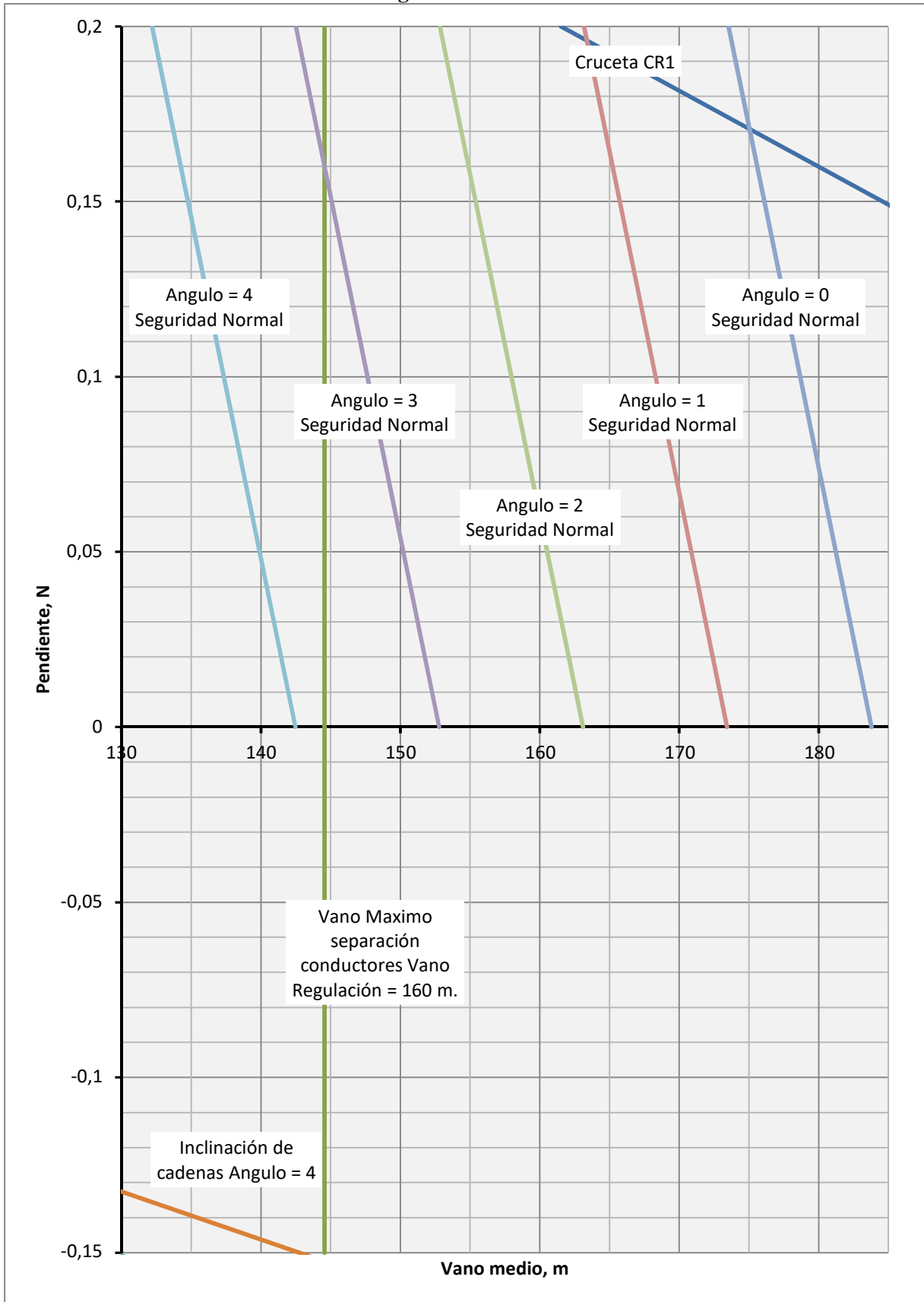
**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Normal**



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Reducido**  
**Armado sin extensionamiento. Distancia vertical entre crucetas, 1,80 m**  
**Seguridad Reforzada**

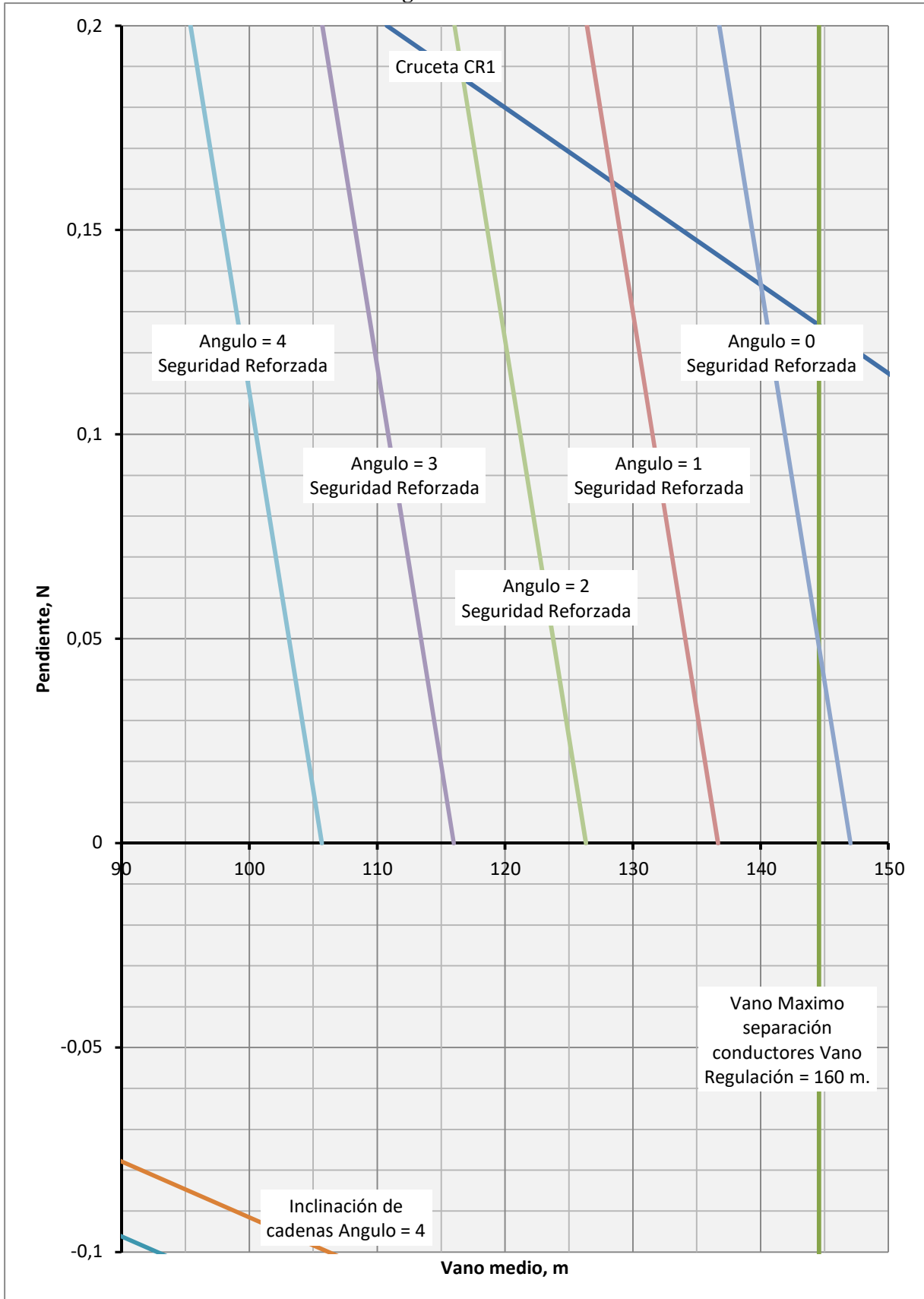


**Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona C  
Seguridad Normal**

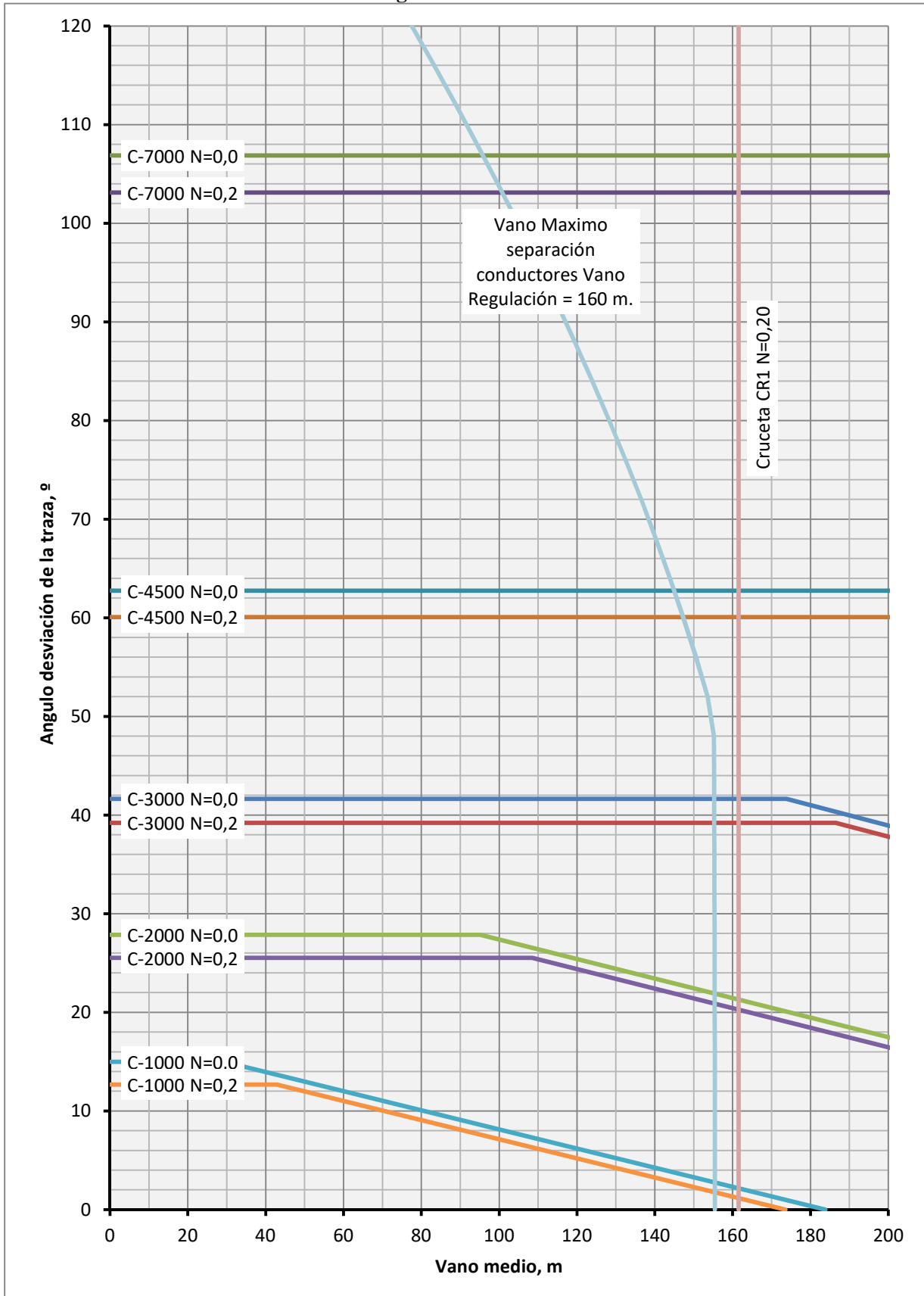




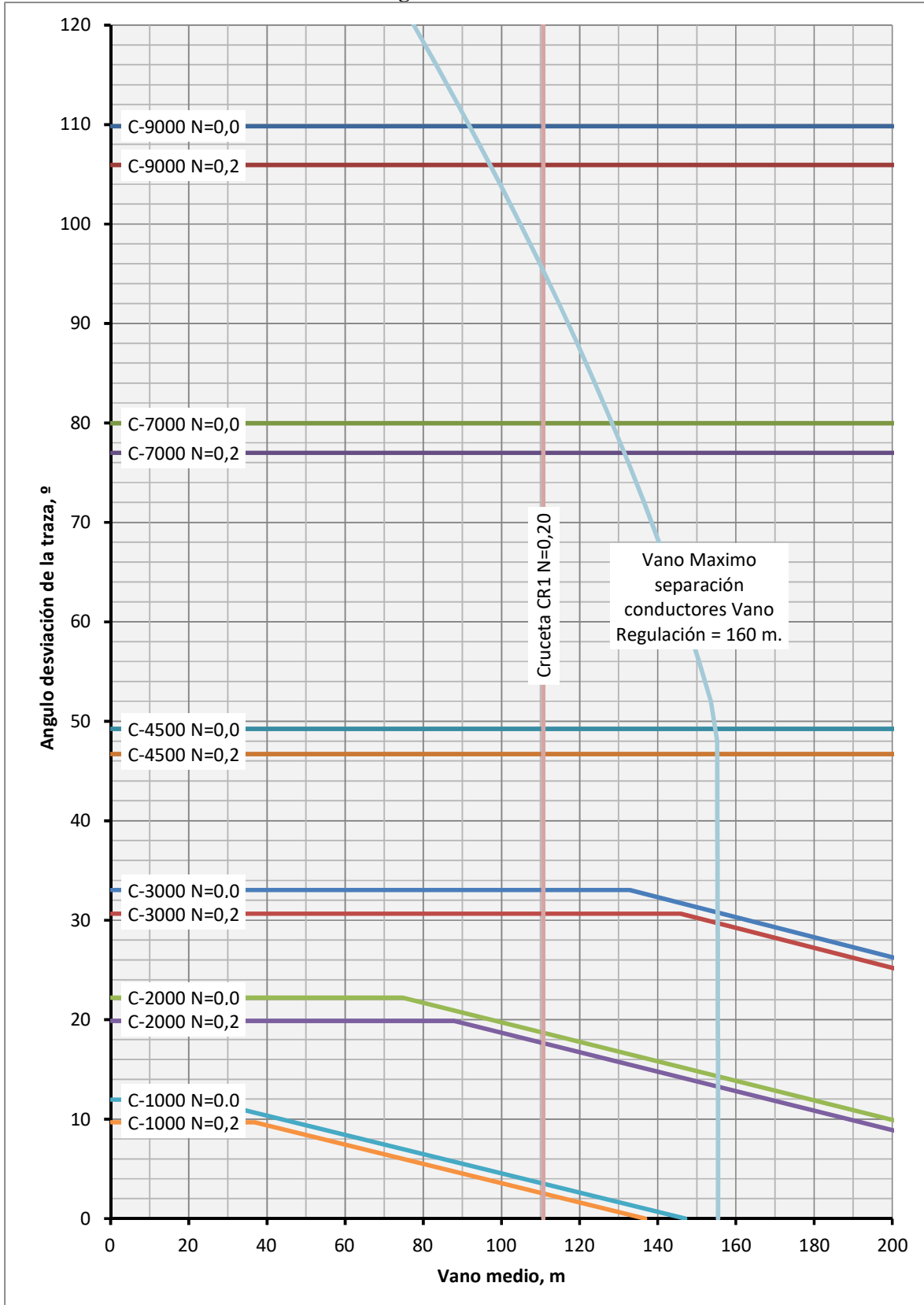
Apoyo C-1000, con aislamiento suspendido y crucetas distanciadas 2,40 m.  
Tense Reducido - Zona C  
Seguridad Reforzada



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Normal**



**Apoyo de alineación o ángulo con cadenas de amarre. Zona C. Tense Reducido**  
**Armado con extensionamiento de 1,20 m, crucetas distanciadas 2,40 m.**  
**Seguridad Reforzada**



## Anexo C - Tablas de tendido

### INDICE

	Página
Apoyos situados en Zona A - Tense Límite estático dinámico.....	116
Apoyos situados en Zona A - Tense Reducido .....	117
Apoyos situados en zona B - Tense Límite estático dinámico.....	118
Apoyos situados en zona B - Tense Reducido .....	119
Apoyos situados en zona C - Tense Límite estático dinámico.....	120
Apoyos situados en zona C - Tense Reducido.....	121

**CONDUCTOR 100-AL1/17-ST1AS1A - TENSE LÍMITES ESTÁTICO DINÁMICO**  
**TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona A (Altitud menor de 500 m)**

T = Tensión, en daN		Peso, daN/m =0,396										Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900										Cr = Carga Rotura, daN =3433									
F = Flecha, en m		Diámetro, mm =13,8										Presión Viento, daN/m <sup>2</sup> =60										Tracción máxima conductores, daN =1100									
CS = Coeficiente de Seguridad		Sección, mm <sup>2</sup> =116,7										Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918										CS. Mínimo =3,12									
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.		Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191										Peso + Vt/2, daN/m =0,573										EDS máximo =15,0									
a <sub>r</sub>	Tracción		Flecha						Parámetro Catenaria		Oscilación de cadenas		Tabla de tendido Temperatura en °C														a <sub>r</sub>				
	Máxima		Máxima			Mínima			Flecha		-5°C+Viento/2		50°C		35°C		30°C		25°C		20°C		15°C		EDS			10°C		5°C	
	-5°C+Viento	85°C	15°C+Viento	-5°C	Máx.	Mín	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%	T		F	T	F	
50	908	3,78	129	0,96	650	0,44	832	0,15	326	2099	854	0,21	204	0,61	288	0,43	331	0,37	384	0,32	446	0,28	515	0,24	15,0	590	0,21	668	0,19	50	
60	922	3,72	151	1,18	683	0,60	818	0,22	381	2063	848	0,30	229	0,78	309	0,58	348	0,51	396	0,45	452	0,40	515	0,35	15,0	585	0,31	659	0,27	60	
70	936	3,67	172	1,41	714	0,79	802	0,30	434	2023	843	0,42	252	0,96	327	0,74	363	0,67	406	0,60	457	0,53	515	0,47	15,0	580	0,42	650	0,37	70	
80	951	3,61	191	1,66	744	0,99	784	0,40	483	1979	837	0,55	273	1,16	344	0,92	377	0,84	416	0,76	462	0,69	515	0,62	15,0	574	0,55	640	0,50	80	
90	965	3,56	210	1,92	771	1,21	766	0,52	529	1933	831	0,70	291	1,38	359	1,12	389	1,03	425	0,94	467	0,86	515	0,78	15,0	569	0,70	630	0,64	90	
100	978	3,51	227	2,19	797	1,44	748	0,66	572	1886	825	0,87	308	1,61	372	1,33	400	1,24	433	1,14	471	1,05	515	0,96	15,0	565	0,88	620	0,80	100	
110	991	3,46	243	2,47	821	1,69	729	0,82	613	1840	819	1,06	323	1,86	384	1,56	410	1,46	440	1,36	475	1,26	515	1,16	15,0	560	1,07	611	0,98	110	
120	1003	3,42	258	2,77	843	1,96	711	1,00	651	1795	814	1,27	337	2,12	394	1,81	419	1,70	447	1,60	479	1,49	515	1,39	15,0	556	1,28	603	1,18	120	
130	1014	3,38	272	3,08	864	2,25	694	1,21	687	1752	809	1,50	349	2,40	404	2,07	427	1,96	452	1,85	482	1,74	515	1,63	15,0	553	1,52	595	1,41	130	
140	1025	3,35	286	3,40	883	2,55	678	1,43	721	1711	804	1,75	361	2,69	412	2,36	434	2,24	458	2,12	485	2,00	515	1,89	15,0	549	1,77	588	1,65	140	
150	1035	3,32	298	3,74	901	2,87	664	1,68	752	1674	799	2,02	371	3,00	420	2,65	440	2,53	462	2,41	487	2,29	515	2,17	15,0	546	2,04	581	1,92	150	
160	1044	3,29	310	4,10	917	3,20	650	1,95	781	1640	795	2,31	381	3,33	427	2,97	446	2,85	466	2,72	489	2,59	515	2,46	15,0	543	2,33	575	2,21	160	
170	1053	3,26	321	4,47	933	3,56	638	2,24	809	1610	792	2,62	390	3,68	433	3,31	451	3,18	470	3,05	491	2,91	515	2,78	15,0	541	2,65	570	2,51	170	
180	1061	3,24	331	4,86	947	3,93	627	2,56	835	1582	788	2,95	398	4,04	439	3,66	456	3,53	474	3,39	493	3,26	515	3,12	15,0	539	2,98	565	2,84	180	
190	1069	3,21	340	5,26	960	4,32	617	2,90	859	1558	785	3,30	405	4,42	444	4,03	460	3,89	477	3,75	495	3,62	515	3,47	15,0	537	3,33	561	3,19	190	
200	1076	3,19	349	5,68	973	4,72	609	3,26	881	1536	782	3,67	412	4,82	449	4,42	464	4,28	479	4,14	496	3,99	515	3,85	15,0	535	3,70	557	3,56	200	
220	1088	3,15	366	6,57	995	5,59	594	4,04	922	1498	777	4,46	424	5,66	457	5,25	470	5,10	484	4,96	499	4,81	515	4,66	15,0	532	4,51	551	4,35	220	
240	1099	3,12	380	7,52	1015	6,52	582	4,90	958	1469	773	5,34	434	6,58	464	6,15	476	6,00	488	5,85	501	5,70	515	5,55	15,0	530	5,39	546	5,23	240	
260	1100	3,12	390	8,60	1024	7,58	566	5,92	984	1428	762	6,36	439	7,64	466	7,19	476	7,04	487	6,89	498	6,73	510	6,58	14,8	522	6,42	536	6,25	260	
280	1100	3,12	398	9,77	1032	8,73	553	7,04	1005	1394	752	7,48	443	8,78	467	8,33	476	8,17	485	8,02	495	7,86	505	7,70	14,7	516	7,54	527	7,37	280	
300	1100	3,12	406	11,01	1039	9,95	542	8,24	1024	1367	744	8,68	447	10,00	468	9,54	476	9,38	484	9,23	492	9,07	501	8,90	14,6	511	8,74	521	8,57	300	

**CONDUCTOR 100-AL1/17-ST1AS1A - TENSE REDUCIDO****TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona A (Altitud menor de 500 m)**

T = Tensión, en daN		Peso, daN/m =0,396		Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900		Cr = Carga Rotura, daN =3433																									
F = Flecha, en m		Diámetro, mm =13,8		Presión Viento, daN/m <sup>2</sup> =60		Tracción máxima conductores, daN =800																									
CS = Coeficiente de Seguridad		Sección, mm <sup>2</sup> =116,7		Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918		CS. Mínimo =4,29																									
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.		Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191		Peso + Vt <sup>2</sup> /2, daN/m =0,573		EDS máximo =12,0																									
a <sub>r</sub>	Tracción		Flecha						Parámetro		Oscilación		Tabla de tendido												a <sub>r</sub>						
	Máxima		Máxima			Mínima			Catenaria		de cadenas		Temperatura en °C																		
	-5°C+Viento		85°C			15°C+Viento			-5°C		Flecha		-5°C+Viento/2		50°C		35°C		30°C		25°C		20°C			15°C		EDS		10°C	
T	C.S.	T	F	T		T	F	Máx.	Mín	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%	T	F	T	F			
50	800	4,29	121	1,03	570	0,50	704	0,18	305	1776	732	0,24	178	0,69	237	0,52	268	0,46	306	0,40	354	0,35	411	0,30	12,0	476	0,26	548	0,23	50	
60	800	4,29	140	1,27	595	0,69	667	0,27	353	1682	708	0,36	199	0,90	253	0,71	280	0,64	312	0,57	353	0,51	401	0,44	11,7	458	0,39	522	0,34	60	
70	800	4,29	158	1,54	617	0,91	627	0,39	398	1583	684	0,51	216	1,12	266	0,91	289	0,84	317	0,76	351	0,69	392	0,62	11,4	440	0,55	496	0,49	70	
80	800	4,29	174	1,83	636	1,15	588	0,54	438	1484	661	0,69	231	1,37	277	1,15	297	1,07	322	0,99	350	0,90	385	0,82	11,2	425	0,75	473	0,67	80	
90	800	4,29	188	2,14	653	1,42	551	0,73	474	1391	640	0,91	244	1,65	286	1,41	304	1,32	325	1,24	350	1,15	379	1,06	11,0	413	0,97	453	0,89	90	
100	800	4,29	201	2,47	668	1,72	519	0,96	507	1308	621	1,15	255	1,95	293	1,69	309	1,60	328	1,51	349	1,42	374	1,33	10,9	403	1,23	436	1,14	100	
110	800	4,29	213	2,82	681	2,04	491	1,22	537	1239	605	1,43	264	2,27	299	2,00	314	1,91	330	1,82	349	1,72	370	1,62	10,8	394	1,52	422	1,42	110	
120	800	4,29	224	3,19	692	2,39	468	1,52	564	1181	591	1,75	273	2,62	304	2,34	317	2,25	332	2,15	348	2,05	366	1,95	10,7	387	1,84	411	1,74	120	
130	800	4,29	233	3,59	702	2,76	450	1,86	589	1135	580	2,09	280	3,00	309	2,71	321	2,61	334	2,51	348	2,41	364	2,30	10,6	382	2,20	402	2,09	130	
140	800	4,29	242	4,02	711	3,16	435	2,23	611	1097	570	2,46	286	3,40	313	3,11	323	3,00	335	2,90	348	2,80	361	2,69	10,5	377	2,58	394	2,46	140	
150	800	4,29	250	4,47	719	3,59	423	2,64	631	1066	562	2,87	291	3,83	316	3,53	326	3,43	336	3,32	347	3,21	360	3,10	10,5	373	2,99	388	2,87	150	
160	800	4,29	257	4,94	726	4,05	413	3,08	649	1041	555	3,31	296	4,29	319	3,98	328	3,87	337	3,77	347	3,66	358	3,54	10,4	370	3,43	383	3,31	160	
170	800	4,29	263	5,44	732	4,53	404	3,54	665	1020	549	3,77	300	4,77	321	4,46	329	4,35	338	4,24	347	4,13	357	4,02	10,4	367	3,90	379	3,78	170	
180	800	4,29	269	5,97	737	5,05	398	4,04	680	1003	544	4,27	304	5,28	324	4,97	331	4,86	339	4,75	347	4,63	356	4,52	10,4	365	4,40	375	4,28	180	
190	800	4,29	275	6,52	742	5,59	392	4,57	693	989	539	4,80	308	5,82	325	5,50	332	5,39	339	5,28	347	5,16	355	5,05	10,3	363	4,93	372	4,81	190	
200	800	4,29	280	7,10	747	6,15	387	5,12	705	977	536	5,35	311	6,39	327	6,06	333	5,95	340	5,84	347	5,72	354	5,61	10,3	361	5,49	369	5,37	200	
220	800	4,29	288	8,34	754	7,38	380	6,32	726	958	530	6,55	316	7,61	330	7,28	335	7,16	341	7,05	346	6,93	352	6,81	10,3	359	6,69	365	6,57	220	
240	800	4,29	295	9,70	760	8,71	374	7,64	744	943	525	7,87	320	8,94	332	8,61	337	8,49	341	8,37	346	8,26	351	8,14	10,2	357	8,01	362	7,89	240	
260	800	4,29	301	11,16	765	10,16	369	9,08	759	932	521	9,31	323	10,39	334	10,05	338	9,93	342	9,81	346	9,69	350	9,57	10,2	355	9,45	360	9,33	260	
280	800	4,29	306	12,74	769	11,72	366	10,63	772	924	518	10,86	326	11,96	335	11,61	339	11,49	342	11,37	346	11,25	350	11,13	10,2	354	11,01	358	10,88	280	
300	800	4,29	310	14,43	773	13,40	363	12,30	782	917	516	12,53	328	13,63	337	13,28	340	13,16	343	13,04	346	12,92	349	12,80	10,2	353	12,68	356	12,55	300	

**CONDUCTOR 100-AL1/17-STIASIA - TENSE LÍMITES ESTÁTICO DINÁMICO**  
**TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona B (Altitud entre 500 y 1000 m)**

T = Tensión, en daN		Peso, daN/m =0,396324																Diámetro, mm =13,8				Cr = Carga Rotura, daN =3433														
F = Flecha, en m		Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918																Sección, mm <sup>2</sup> =116,7				Tracción máxima conductores, daN =1100														
CS = Coeficiente de Seguridad		Peso + sobrecarga de viento presión mitad, daN/m =0,573																Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191				CS. Mínimo =3,12														
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.		Peso+sobrecarga hielo, daN/m =1,065																Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900				EDS máximo =15,00														
a <sub>r</sub>	Tensión Máxima				Flechas								Parámetro Catenaria		Oscilación de cadenas		Tabla de tendido																A			
	-15°C+H°		-10°C+V°		Máxima				Mínima				Flecha		-10°C+Vt°/2		Temperatura en °C																			
	T	C.S.	T	C.S.	T	F	T	F	T	F	T	F	Máx.	Mín	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F		%	T	F
50	1080	3,2	982	3,5	129	0,96	650	0,44	867	0,38	1001	0,12	326	2527	934	0,19	204	0,61	288	0,43	331	0,37	384	0,32	446	0,28	515	0,24	15,0	590	0,21	668	0,19	50		
60	1093	3,1	992	3,5	151	1,18	683	0,60	894	0,54	984	0,18	381	2482	926	0,28	229	0,78	309	0,58	348	0,51	396	0,45	452	0,40	515	0,35	15,0	585	0,31	659	0,27	60		
70	1100	3,1	996	3,4	171	1,42	710	0,79	915	0,71	956	0,25	432	2412	910	0,39	250	0,97	324	0,75	360	0,67	402	0,60	452	0,54	509	0,48	14,8	573	0,42	643	0,38	70		
80	1100	3,1	992	3,5	189	1,68	730	1,01	929	0,92	916	0,35	477	2310	885	0,52	267	1,19	334	0,95	366	0,87	403	0,79	447	0,71	497	0,64	14,5	555	0,57	618	0,51	80		
90	1100	3,1	989	3,5	205	1,96	748	1,24	942	1,15	873	0,46	518	2202	859	0,68	281	1,43	343	1,17	371	1,08	404	0,99	442	0,91	487	0,82	14,2	537	0,75	594	0,68	90		
100	1100	3,1	985	3,5	220	2,25	765	1,50	954	1,40	828	0,60	556	2089	834	0,86	294	1,69	351	1,41	375	1,32	404	1,23	438	1,13	477	1,04	13,9	522	0,95	572	0,87	100		
110	1100	3,1	982	3,5	234	2,56	780	1,78	966	1,67	783	0,77	591	1976	809	1,07	305	1,97	357	1,68	379	1,58	405	1,48	435	1,38	469	1,28	13,6	508	1,18	552	1,09	110		
120	1100	3,1	979	3,5	247	2,89	793	2,08	976	1,96	740	0,96	623	1867	787	1,31	315	2,27	362	1,97	383	1,87	406	1,76	432	1,65	461	1,55	13,4	495	1,44	534	1,34	120		
130	1100	3,1	977	3,5	258	3,24	806	2,41	985	2,28	700	1,20	652	1766	766	1,58	323	2,59	367	2,28	385	2,17	406	2,06	429	1,95	455	1,84	13,3	485	1,73	519	1,61	130		
140	1100	3,1	974	3,5	269	3,62	817	2,75	994	2,63	663	1,46	678	1673	748	1,88	331	2,94	371	2,62	388	2,50	406	2,39	427	2,28	450	2,16	13,1	476	2,04	505	1,92	140		
150	1100	3,1	972	3,5	278	4,01	827	3,12	1002	2,99	631	1,77	703	1592	732	2,20	337	3,31	375	2,97	390	2,86	407	2,74	425	2,62	446	2,50	13,0	468	2,38	494	2,26	150		
160	1100	3,1	970	3,5	287	4,42	836	3,52	1009	3,38	603	2,10	725	1522	718	2,56	343	3,70	378	3,36	392	3,24	407	3,12	423	3,00	442	2,87	12,9	462	2,75	484	2,62	160		
170	1100	3,1	969	3,5	295	4,85	844	3,93	1016	3,79	579	2,47	745	1461	705	2,94	349	4,11	381	3,76	393	3,64	407	3,52	422	3,39	438	3,27	12,8	456	3,14	476	3,01	170		
180	1100	3,1	967	3,6	303	5,31	851	4,37	1022	4,23	559	2,87	764	1410	694	3,35	353	4,55	383	4,19	395	4,07	407	3,94	421	3,82	436	3,69	12,7	452	3,56	469	3,42	180		
190	1100	3,1	966	3,6	310	5,78	858	4,83	1027	4,68	542	3,30	781	1367	684	3,78	358	5,00	385	4,64	396	4,52	407	4,39	420	4,26	433	4,13	12,6	448	4,00	463	3,86	190		
200	1100	3,1	964	3,6	316	6,28	864	5,32	1032	5,16	527	3,76	797	1331	676	4,24	362	5,49	387	5,12	397	4,99	408	4,86	419	4,73	431	4,60	12,6	444	4,47	458	4,33	200		
220	1100	3,1	962	3,6	327	7,34	875	6,35	1041	6,20	505	4,76	825	1273	662	5,24	368	6,52	391	6,14	399	6,02	408	5,88	417	5,75	427	5,61	12,5	438	5,48	450	5,34	220		
240	1100	3,1	960	3,6	336	8,50	884	7,49	1048	7,33	488	5,86	849	1230	651	6,34	373	7,65	393	7,27	400	7,13	408	7,00	416	6,86	425	6,73	12,4	434	6,59	443	6,44	240		
260	1100	3,1	959	3,6	344	9,75	891	8,72	1054	8,55	475	7,06	869	1198	643	7,54	378	8,88	395	8,48	402	8,35	408	8,21	415	8,08	423	7,94	12,3	430	7,79	438	7,65	260		
280	1100	3,1	957	3,6	351	11,08	898	10,04	1059	9,87	465	8,36	886	1173	636	8,84	382	10,20	397	9,80	403	9,66	408	9,52	414	9,38	421	9,24	12,3	427	9,10	434	8,96	280		
300	1100	3,1	956	3,6	357	12,52	903	11,46	1063	11,29	457	9,76	901	1154	630	10,25	385	11,62	398	11,21	403	11,07	409	10,93	414	10,79	419	10,65	12,2	425	10,51	431	10,36	300		

<b>CONDUCTOR 100-AL1/17-ST1AS1A - TENSE REDUCIDO</b> <b>TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona B (Altitud entre 500 y 1000 m)</b>																																							
T = Tensión, en daN				Peso, daN/m =0,396324								Diámetro, mm =13,8								Cr = Carga Rotura, daN =3433																			
F = Flecha, en m				Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918								Sección, mm <sup>2</sup> =116,7								Tracción máxima conductores, daN =800																			
CS = Coeficiente de Seguridad				Peso + sobrecarga de viento presión mitad, daN/m =0,573								Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191								CS. Mínimo =4,29																			
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.				Peso+sobrecarga hielo, daN/m =1,065								Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900								EDS máximo =8,65																			
a <sub>r</sub>	Tensión Máxima				Flechas								Parámetro Catenaria		Oscilación de cadenas		Tabla de tendido Temperatura en °C													A									
	-15°C+H°		-10°C+V°		85°C				15°C+Vt°				0°C+Hielo		-15°C		Flecha		-10°C+Vt°/2		50°C		35°C		30°C		25°C		20°C		15°C		EDS		10°C		5°C		
	T	C.S.	T	C.S.	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		
50	800	4,3	705	4,9	110	1,12	469	0,61	635	0,52	664	0,19	278	1675	623	0,29	151	0,82	186	0,67	203	0,61	225	0,55	252	0,49	286	0,43	8,3	329	0,38	381	0,32	50					
60	800	4,3	703	4,9	128	1,40	497	0,83	656	0,73	613	0,29	322	1546	595	0,43	169	1,05	203	0,88	218	0,82	237	0,75	260	0,69	288	0,62	8,4	323	0,55	365	0,49	60					
70	800	4,3	701	4,9	143	1,69	521	1,08	673	0,97	561	0,43	362	1414	569	0,62	185	1,31	217	1,12	230	1,05	247	0,98	266	0,91	290	0,84	8,4	318	0,76	352	0,69	70					
80	800	4,3	700	4,9	158	2,01	542	1,36	688	1,24	512	0,62	398	1291	547	0,84	199	1,60	228	1,39	240	1,32	255	1,24	272	1,17	291	1,09	8,5	315	1,01	342	0,93	80					
90	800	4,3	698	4,9	170	2,36	559	1,66	702	1,54	470	0,85	430	1186	528	1,10	210	1,91	237	1,69	248	1,62	261	1,54	276	1,46	292	1,37	8,5	312	1,29	334	1,20	90					
100	800	4,3	697	4,9	182	2,73	574	2,00	713	1,87	436	1,14	459	1101	512	1,40	220	2,25	245	2,02	255	1,94	266	1,86	279	1,78	293	1,69	8,5	309	1,60	328	1,51	100					
110	800	4,3	696	4,9	192	3,12	586	2,37	722	2,23	410	1,46	485	1035	500	1,74	229	2,62	251	2,39	260	2,30	270	2,22	281	2,13	294	2,04	8,6	308	1,95	323	1,86	110					
120	800	4,3	695	4,9	201	3,55	597	2,77	731	2,63	390	1,83	508	985	490	2,11	236	3,03	257	2,78	265	2,69	274	2,61	284	2,52	294	2,43	8,6	306	2,33	319	2,23	120					
130	800	4,3	695	4,9	210	4,00	607	3,20	738	3,05	375	2,23	529	946	481	2,52	242	3,46	261	3,21	269	3,12	277	3,03	285	2,94	295	2,84	8,6	305	2,75	316	2,65	130					
140	800	4,3	694	4,9	217	4,48	615	3,66	744	3,51	363	2,68	547	916	475	2,96	248	3,92	265	3,66	272	3,57	279	3,48	287	3,39	295	3,29	8,6	304	3,19	314	3,10	140					
150	800	4,3	694	4,9	223	4,99	622	4,15	749	4,00	354	3,15	564	892	469	3,44	252	4,42	269	4,15	275	4,06	281	3,97	288	3,87	295	3,78	8,6	303	3,68	312	3,58	150					
160	800	4,3	693	5,0	229	5,54	628	4,68	754	4,52	346	3,67	579	874	465	3,95	257	4,95	272	4,68	277	4,58	283	4,49	289	4,39	296	4,29	8,6	303	4,19	310	4,09	160					
170	800	4,3	693	5,0	235	6,11	634	5,24	758	5,08	340	4,21	592	858	461	4,50	260	5,51	274	5,23	279	5,14	284	5,04	290	4,94	296	4,84	8,6	302	4,74	309	4,64	170					
180	800	4,3	693	5,0	239	6,71	638	5,83	762	5,67	335	4,79	604	846	458	5,08	264	6,10	276	5,82	281	5,72	286	5,63	291	5,53	296	5,43	8,6	302	5,33	308	5,22	180					
190	800	4,3	692	5,0	244	7,35	643	6,46	765	6,29	331	5,41	615	835	455	5,69	266	6,72	278	6,44	282	6,34	287	6,25	291	6,15	296	6,05	8,6	301	5,94	307	5,84	190					
200	800	4,3	692	5,0	248	8,02	646	7,11	768	6,95	328	6,06	625	826	453	6,34	269	7,38	280	7,10	284	7,00	288	6,90	292	6,80	296	6,70	8,6	301	6,59	306	6,49	200					
220	800	4,3	692	5,0	254	9,45	653	8,52	773	8,35	322	7,46	642	812	449	7,74	273	8,80	283	8,50	286	8,40	289	8,30	293	8,20	297	8,10	8,6	300	8,00	304	7,89	220					
240	800	4,3	691	5,0	260	11,01	658	10,07	776	9,90	318	8,99	656	802	446	9,27	277	10,34	285	10,05	288	9,94	291	9,84	294	9,74	297	9,64	8,6	300	9,53	303	9,43	240					
260	800	4,3	691	5,0	264	12,70	662	11,75	780	11,57	315	10,66	667	794	444	10,94	279	12,02	286	11,72	289	11,62	292	11,52	294	11,41	297	11,31	8,6	300	11,20	303	11,10	260					
280	800	4,3	691	5,0	268	14,53	665	13,56	782	13,38	312	12,47	677	788	442	12,75	282	13,84	288	13,53	290	13,43	292	13,32	295	13,22	297	13,12	8,7	299	13,01	302	12,90	280					
300	800	4,3	691	5,0	272	16,48	668	15,51	784	15,33	310	14,41	685	783	440	14,69	283	15,79	289	15,48	291	15,37	293	15,27	295	15,16	297	15,06	8,7	299	14,95	301	14,84	300					



**CONDUCTOR 100-AL1/17-ST1AS1A - TENSE LÍMITES ESTÁTICO DINÁMICO**  
**TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona C (Altitud superior a 1000 m)**

T = Tensión, en daN		Peso, daN/m =0,396324										Diámetro, mm =13,8				Cr = Carga Rotura, daN =3433																		
F = Flecha, en m		Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918										Sección, mm <sup>2</sup> =116,7				Tracción máxima conductores, daN =1100																		
CS = Coeficiente de Seguridad		Peso + sobrecarga de viento presión mitad, daN/m =0,573										Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191				CS. Mínimo =3,12																		
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.		Peso+sobrecarga hielo, daN/m =1,734										Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900				EDS máximo =10,51																		
a <sub>r</sub>	Tensión Máxima				Flechas								Parámetro Catenaria		Oscilación de cadenas		Tabla de tendido																A	
					Máxima				Mínima				Flecha		-15°C+Vt°/2		Temperatura en °C																	
	-20°C+H°		-15°C+V°		85°C		15°C+Vt°		0°C+Hielo		-20°C		Máx.	Mín	T	F	50°C	35°C	30°C	25°C	20°C	15°C	EDS	10°C	5°C									
	T	C.S.	T	C.S.	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		
50	1100	3,1	878	3,9	117	1,06	532	0,54	881	0,62	881	0,14	295	2223	820	0,22	167	0,74	216	0,57	241	0,51	272	0,45	312	0,40	361	0,34	10,5	419	0,30	485	0,26	50
60	1100	3,1	835	4,1	133	1,34	540	0,77	908	0,86	791	0,23	336	1996	749	0,34	182	0,98	223	0,80	243	0,73	268	0,67	298	0,60	334	0,53	9,7	379	0,47	432	0,41	60
70	1100	3,1	795	4,3	147	1,65	547	1,03	932	1,14	694	0,35	371	1751	679	0,52	193	1,26	229	1,06	245	0,99	264	0,92	287	0,85	315	0,77	9,2	348	0,70	388	0,63	70
80	1100	3,1	760	4,5	159	1,99	552	1,33	952	1,46	597	0,53	402	1507	615	0,75	202	1,57	233	1,36	246	1,29	262	1,21	279	1,13	301	1,06	8,8	326	0,97	355	0,89	80
90	1100	3,1	730	4,7	170	2,36	557	1,67	970	1,81	513	0,78	429	1294	562	1,03	209	1,92	236	1,70	247	1,62	260	1,55	274	1,47	290	1,38	8,5	309	1,30	332	1,21	90
100	1100	3,1	706	4,9	179	2,77	560	2,05	985	2,20	447	1,11	452	1129	522	1,37	215	2,30	238	2,08	248	2,00	258	1,92	270	1,84	283	1,75	8,2	298	1,66	315	1,57	100
110	1100	3,1	687	5,0	187	3,21	563	2,47	997	2,63	401	1,50	471	1011	491	1,77	220	2,73	240	2,50	248	2,41	257	2,33	267	2,25	277	2,16	8,1	289	2,07	303	1,98	110
120	1100	3,1	672	5,1	194	3,69	566	2,92	1008	3,10	368	1,94	489	928	468	2,21	224	3,19	242	2,95	249	2,87	256	2,79	264	2,70	273	2,61	8,0	283	2,52	294	2,43	120
130	1100	3,1	659	5,2	199	4,20	568	3,42	1018	3,60	345	2,43	503	870	450	2,69	227	3,69	243	3,45	249	3,36	256	3,28	263	3,19	270	3,10	7,9	278	3,01	287	2,92	130
140	1100	3,1	649	5,3	205	4,75	570	3,95	1026	4,14	328	2,96	516	828	437	3,22	230	4,22	244	3,98	249	3,90	255	3,81	261	3,72	267	3,63	7,8	274	3,54	282	3,45	140
150	1100	3,1	641	5,4	209	5,34	571	4,53	1033	4,72	316	3,53	527	797	426	3,78	232	4,80	245	4,55	250	4,47	255	4,38	260	4,29	265	4,21	7,7	271	4,11	277	4,02	150
160	1100	3,1	634	5,4	213	5,97	572	5,14	1040	5,34	306	4,15	537	772	418	4,39	234	5,42	246	5,17	250	5,08	254	4,99	259	4,91	264	4,82	7,7	269	4,73	274	4,63	160
170	1100	3,1	628	5,5	216	6,63	573	5,79	1045	6,00	299	4,80	546	753	411	5,04	236	6,07	246	5,82	250	5,73	254	5,65	258	5,56	262	5,47	7,6	267	5,38	271	5,28	170
180	1100	3,1	623	5,5	219	7,33	574	6,49	1050	6,70	293	5,49	554	738	406	5,73	238	6,77	247	6,51	250	6,43	254	6,34	257	6,25	261	6,16	7,6	265	6,07	269	5,97	180
190	1100	3,1	619	5,5	222	8,07	575	7,22	1054	7,44	288	6,23	560	726	401	6,46	239	7,50	247	7,24	250	7,16	253	7,07	257	6,98	260	6,89	7,6	264	6,80	267	6,70	190
200	1100	3,1	615	5,6	224	8,85	576	7,99	1058	8,21	284	7,00	566	716	397	7,23	240	8,28	248	8,02	250	7,93	253	7,84	256	7,75	259	7,66	7,6	262	7,57	266	7,48	200
220	1100	3,1	610	5,6	228	10,53	577	9,66	1064	9,88	277	8,66	576	700	391	8,89	242	9,94	248	9,68	251	9,59	253	9,50	255	9,41	258	9,32	7,5	260	9,23	263	9,14	220
240	1100	3,1	605	5,7	232	12,36	578	11,48	1069	11,71	273	10,48	584	689	386	10,71	243	11,77	249	11,50	251	11,41	253	11,32	255	11,23	257	11,14	7,5	259	11,05	261	10,96	240
260	1100	3,1	602	5,7	234	14,36	578	13,46	1073	13,70	269	12,47	591	680	383	12,69	244	13,75	249	13,49	251	13,40	253	13,31	254	13,22	256	13,12	7,5	258	13,03	260	12,94	260
280	1100	3,1	599	5,7	236	16,51	579	15,61	1077	15,85	267	14,61	596	673	380	14,83	245	15,90	249	15,63	251	15,54	252	15,45	254	15,36	255	15,27	7,4	257	15,17	259	15,08	280
300	1100	3,1	597	5,7	238	18,82	579	17,91	1079	18,16	265	16,91	601	668	378	17,14	246	18,21	250	17,94	251	17,85	252	17,76	254	17,66	255	17,57	7,4	256	17,48	258	17,39	300

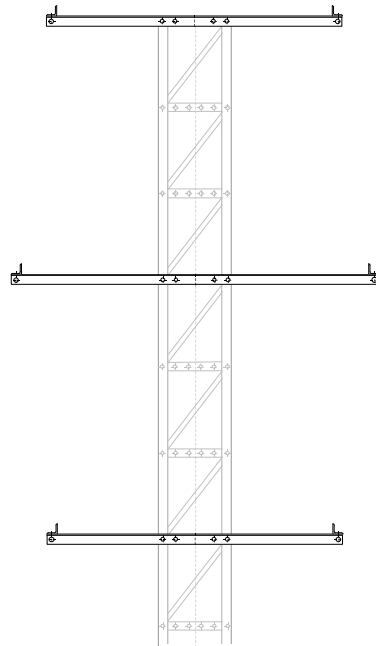
<b>CONDUCTOR 100-AL1/17-ST1AS1A - TENSE REDUCIDO</b> <b>TABLA DE TENDIDO (FLECHAS Y TENSIONES) - Zona C (Altitud superior a 1000 m)</b>																																		
T = Tensión, en daN				Peso, daN/m =0,396324										Diámetro, mm =13,8						Cr = Carga Rotura, daN =3433														
F = Flecha, en m				Peso + sobrecarga de viento, daN/m =0,918										Sección, mm <sup>2</sup> =116,7						Tracción máxima, daN =800														
CS = Coeficiente de Seguridad				Peso + sobrecarga de viento presión mitad, daN/m =0,573										Coeficiente de dilatación lineal, /°C =0,0000191						CS. Mínimo =4,29														
a <sub>r</sub> = Vano de regulación, en m.				Peso+sobrecarga hielo, daN/m =1,734										Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup> =7900						EDS máximo =5,33														
a <sub>r</sub>	Tensión Máxima				Flechas								Parámetro Catenaria		Oscilación de cadenas		Tabla de tendido																A	
	-20°C+H°		-15°C+V°		Máxima				Mínima				Flecha		-15°C+Vt°/2		Temperatura en °C																	
	T	C.S.	T	C.S.	T	F	T	F	T	F	T	F	Máx.	Mín	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%	T		F
50	800	4,3	539	6,4	97	1,28	359	0,80	660	0,82	430	0,29	245	1086	431	0,42	122	1,01	141	0,88	149	0,83	158	0,78	170	0,73	183	0,68	5,3	200	0,62	220	0,56	50
60	800	4,3	510	6,7	110	1,63	373	1,11	685	1,14	339	0,53	276	856	379	0,68	134	1,34	150	1,19	157	1,14	164	1,09	173	1,03	183	0,97	5,3	195	0,92	209	0,85	60
70	800	4,3	490	7,0	120	2,03	383	1,47	704	1,51	284	0,86	303	716	346	1,02	142	1,71	156	1,55	162	1,50	168	1,44	175	1,39	183	1,33	5,3	192	1,27	202	1,20	70
80	800	4,3	475	7,2	129	2,47	390	1,88	720	1,93	252	1,26	325	637	324	1,41	149	2,13	161	1,97	166	1,91	171	1,85	177	1,79	183	1,73	5,3	190	1,67	197	1,61	80
90	800	4,3	465	7,4	136	2,96	396	2,35	732	2,40	234	1,72	343	590	311	1,87	154	2,60	165	2,43	169	2,38	173	2,32	178	2,26	183	2,20	5,3	188	2,13	194	2,07	90
100	800	4,3	457	7,5	142	3,50	400	2,87	742	2,92	222	2,23	358	560	301	2,38	159	3,13	168	2,95	171	2,90	175	2,83	179	2,77	183	2,71	5,3	187	2,65	192	2,58	100
110	800	4,3	451	7,6	147	4,09	404	3,44	750	3,50	214	2,81	371	540	294	2,95	162	3,70	170	3,53	173	3,47	176	3,41	179	3,34	183	3,28	5,3	187	3,22	190	3,15	110
120	800	4,3	447	7,7	151	4,73	406	4,07	756	4,13	208	3,43	382	525	289	3,57	165	4,33	172	4,16	175	4,09	177	4,03	180	3,97	183	3,91	5,3	186	3,84	189	3,78	120
130	800	4,3	444	7,7	155	5,42	409	4,75	762	4,82	204	4,11	391	515	285	4,25	167	5,02	173	4,84	176	4,78	178	4,71	180	4,65	183	4,58	5,3	186	4,52	188	4,45	130
140	800	4,3	441	7,8	158	6,17	411	5,49	766	5,56	201	4,85	398	506	282	4,98	169	5,76	175	5,57	177	5,51	179	5,45	181	5,38	183	5,32	5,3	185	5,25	188	5,19	140
150	800	4,3	439	7,8	160	6,97	412	6,28	770	6,35	198	5,63	405	500	280	5,77	171	6,55	176	6,36	177	6,30	179	6,24	181	6,17	183	6,11	5,3	185	6,04	187	5,98	150
160	800	4,3	437	7,9	163	7,82	413	7,12	773	7,19	196	6,48	411	495	278	6,62	172	7,40	176	7,21	178	7,15	180	7,08	181	7,02	183	6,95	5,3	185	6,89	186	6,82	160
170	800	4,3	435	7,9	165	8,73	414	8,02	776	8,10	195	7,38	415	491	276	7,51	173	8,30	177	8,11	178	8,04	180	7,98	181	7,92	183	7,85	5,3	184	7,78	186	7,72	170
180	800	4,3	434	7,9	166	9,69	415	8,98	778	9,05	193	8,33	420	488	275	8,47	174	9,25	178	9,06	179	9,00	180	8,93	182	8,87	183	8,80	5,3	184	8,74	186	8,67	180
190	800	4,3	433	7,9	168	10,70	416	9,99	780	10,06	192	9,34	423	485	274	9,47	175	10,27	178	10,07	179	10,01	180	9,94	182	9,88	183	9,81	5,3	184	9,75	185	9,68	190
200	800	4,3	432	7,9	169	11,77	417	11,05	782	11,13	191	10,40	427	482	273	10,54	176	11,33	179	11,14	180	11,07	181	11,01	182	10,94	183	10,88	5,3	184	10,81	185	10,74	200
220	800	4,3	431	8,0	171	14,08	418	13,35	785	13,43	190	12,70	432	479	271	12,83	177	13,63	179	13,44	180	13,37	181	13,31	182	13,24	183	13,17	5,3	184	13,11	185	13,04	220
240	800	4,3	429	8,0	173	16,60	419	15,87	787	15,95	189	15,22	436	476	270	15,35	178	16,15	180	15,96	181	15,89	181	15,82	182	15,76	183	15,69	5,3	184	15,62	184	15,56	240
260	800	4,3	429	8,0	174	19,35	420	18,61	789	18,69	188	17,96	440	474	269	18,09	178	18,90	180	18,70	181	18,63	182	18,57	182	18,50	183	18,43	5,3	184	18,37	184	18,30	260
280	800	4,3	428	8,0	175	22,33	420	21,58	790	21,66	187	20,92	443	472	269	21,06	179	21,87	181	21,67	181	21,60	182	21,54	182	21,47	183	21,40	5,3	183	21,33	184	21,26	280
300	800	4,3	427	8,0	176	25,53	421	24,78	792	24,86	186	24,11	445	470	268	24,25	180	25,07	181	24,86	181	24,80	182	24,73	182	24,66	183	24,59	5,3	183	24,53	184	24,46	300

**Anexo D - Planos****INDICE**

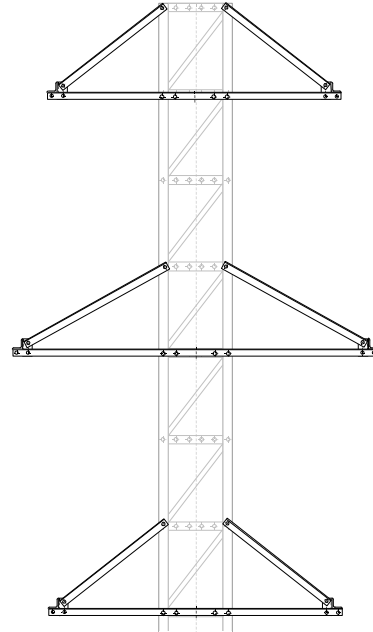
		<b>Página</b>
1	Cruceta recta para apoyos de perfiles metálicos RC RC-T	123
2	Armados de línea general	124
2,1	Apoyos de alineación o ángulo con cadenas de suspensión	124
2,2	Apoyos de alineación, ángulo y anclaje, con cadenas de amarre	125
2.3	Apoyos de fin de línea	126
3	Apoyos de derivación aérea sin maniobra	131
3.1	Derivación simple	131
3.2	Doble derivación simple	132
4	Apoyos con maniobra	133
4.1	Armado de seccionamiento de un circuito en línea general.	133
4.2	Armado de seccionamiento de dos circuitos en línea general.	134
4.3	Derivación simple subterránea	135
4.4	Derivación doble subterránea	137
5	Escalamiento por apoyos y línea de seguridad	139

## 1 Crucetas rectas simples RC-S y atirantadas RC-T

Crucetas rectas y atirantadas para doble circuito



**RC-S**



**RC-T**

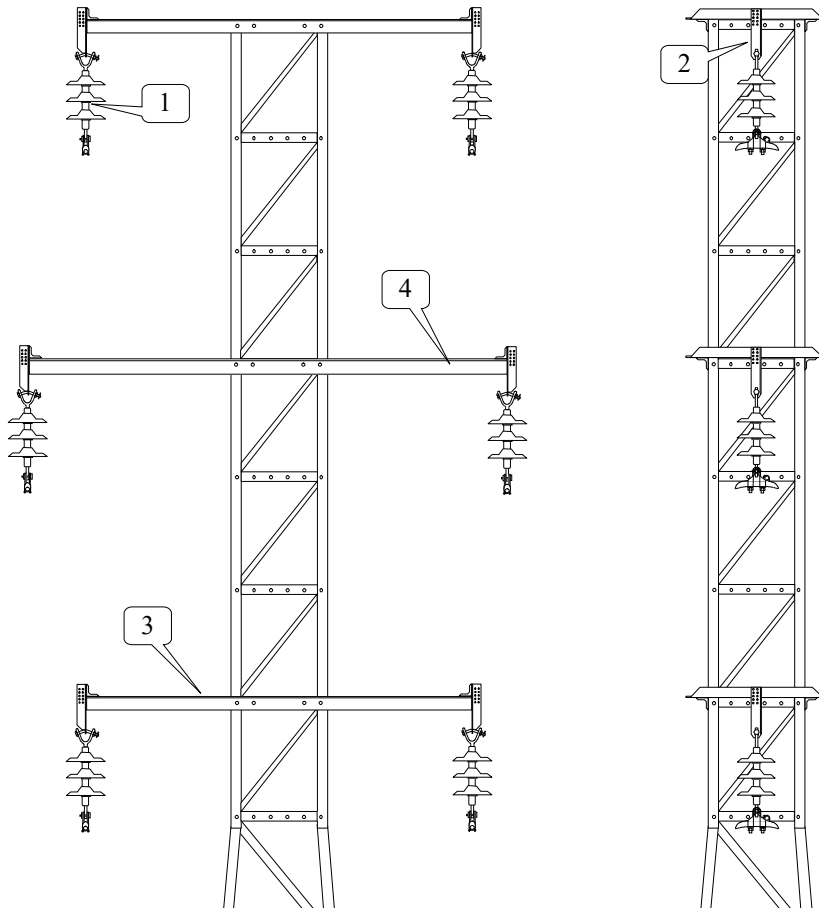
DESIGNACIÓN	Esfuerzo V admisible daN	Separación entre Fase y el eje de apoyo mm	Masa Aproximada kg
RC2-10-S	650	1000	45 (*)
RC2-12,50-S	650	1250	67,91 (*)
RC2-15-S	650	1500	91,21 (*)
RC2-17,5-S	650	1750	112,97 (*)
RC2-20-S	650	2000	133,66 (*)
RC3-15-T	800	1500	97
RC3-20-T	800	2000	137,42

(\*) Los pesos de estas crucetas, se refieren a cadenas suspendidas. En caso de utilizarse las crucetas con cadenas de amarre, la cartela de cierre será la correspondiente a la de cadenas de amarre y el peso de la cruceta se verá incrementado en 2,54 kg por cruceta.

Nota: En la figura anterior las crucetas están distanciadas verticalmente 1,80 m, cuando sea necesario mayor separación vertical, podrá obtenerse con extensionamientos de cabeza de 1,20 o 1,80 m, según documento NI 52.10.01.

## 2 Armados de línea general

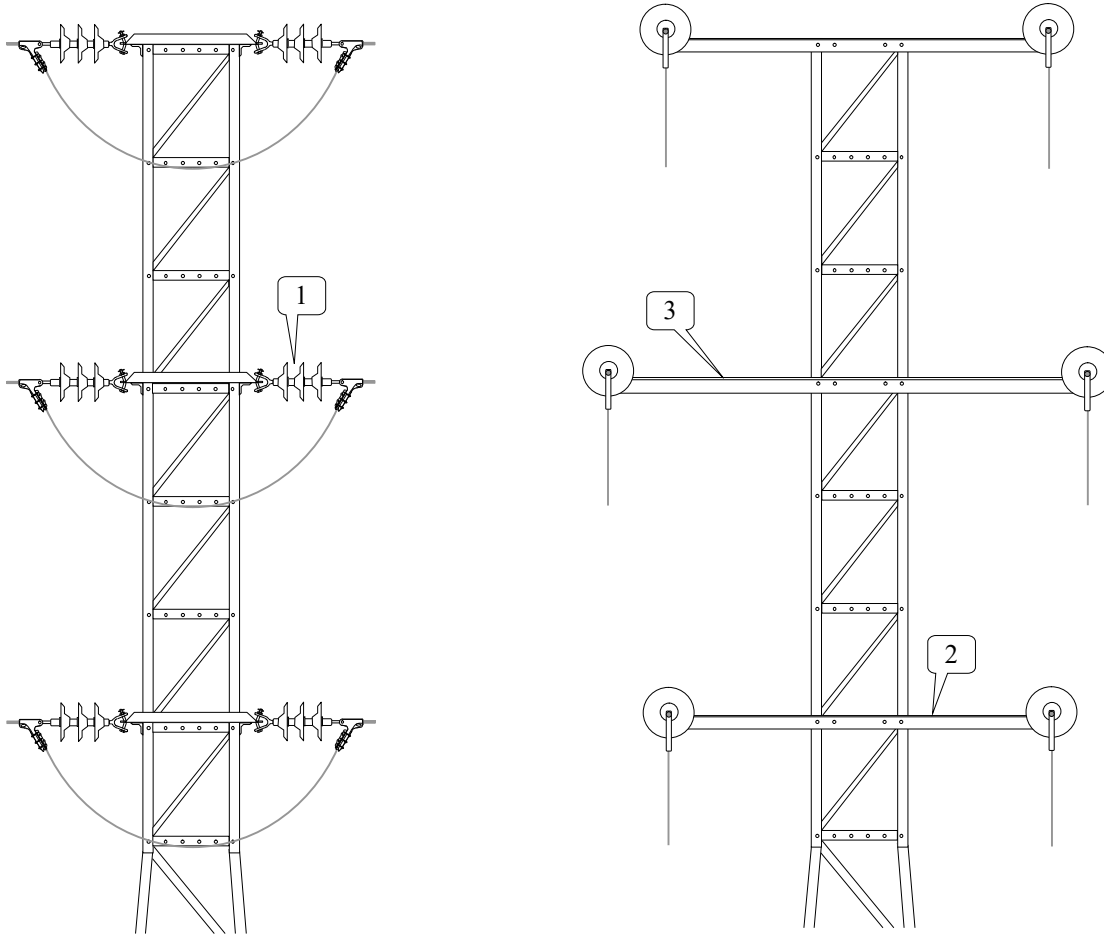
### 2.1. Apoyos de alineación o ángulo con cadenas de suspensión.



Apoyos de alineación

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento NI
1	6	Cadena de suspensión	CS	<u>48.08.01</u>
2	6	Cartela para cadenas verticales	CCVH o CCCT	52.31.02
3	2	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5	<u>52.31.02</u>
s/n	-	Puentes, según conductor		
s/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

## 2.2 Apoyos de alineación, ángulo y anclaje, con cadenas de amarre.



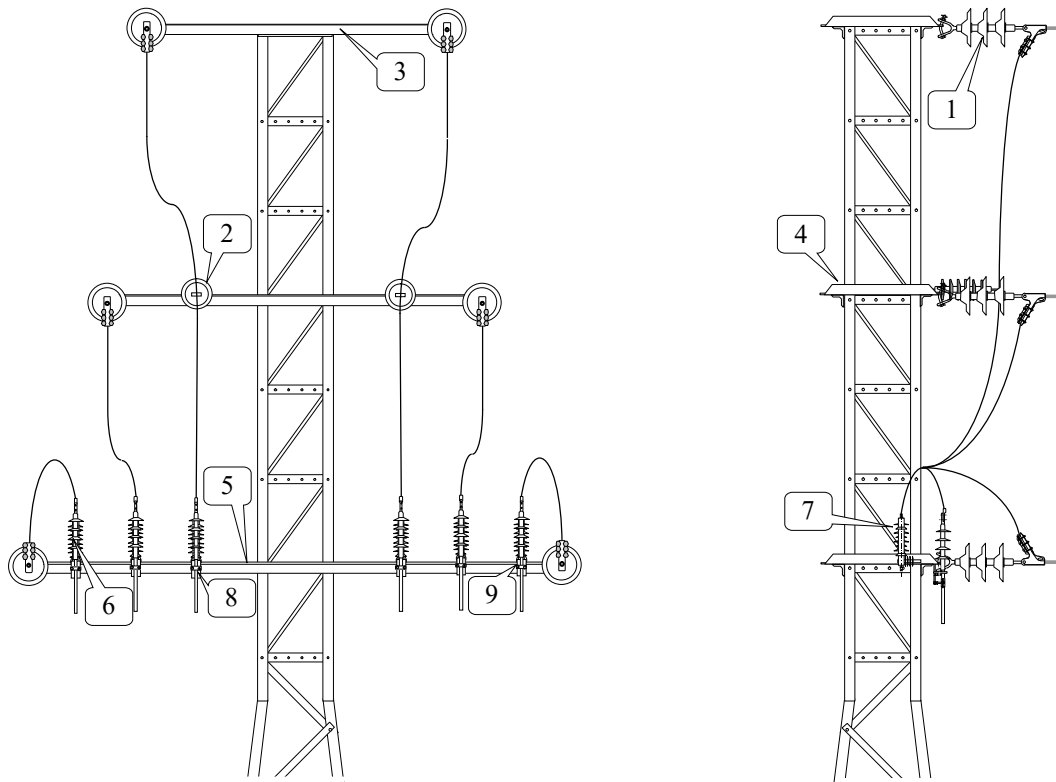
Apoyos de ángulo y anclaje

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento NI
1	12	Cadenas de amarre	CA	<u>48.08.01</u>
2	2	Cruceta recta	RC-10 S	<u>52.31.02</u>
3	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	<u>52.31.02</u>
s/n	-	Puentes, según conductor		
s/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

### 2.3 Apoyos de fin de línea

En estos armados existen diversas alternativas de las que representamos tres de ellas, la primera consiste en instalar las terminaciones de los cables subterráneos y los pararrayos a un mismo nivel. En la segunda y tercera de ellas las terminaciones y los pararrayos se instalan a distinto nivel, con la variación de que en la tercera se emplean dos apoyos, uno por cada circuito.

#### 2.3.1 Terminaciones de cables subterráneos y pararrayos a un mismo nivel

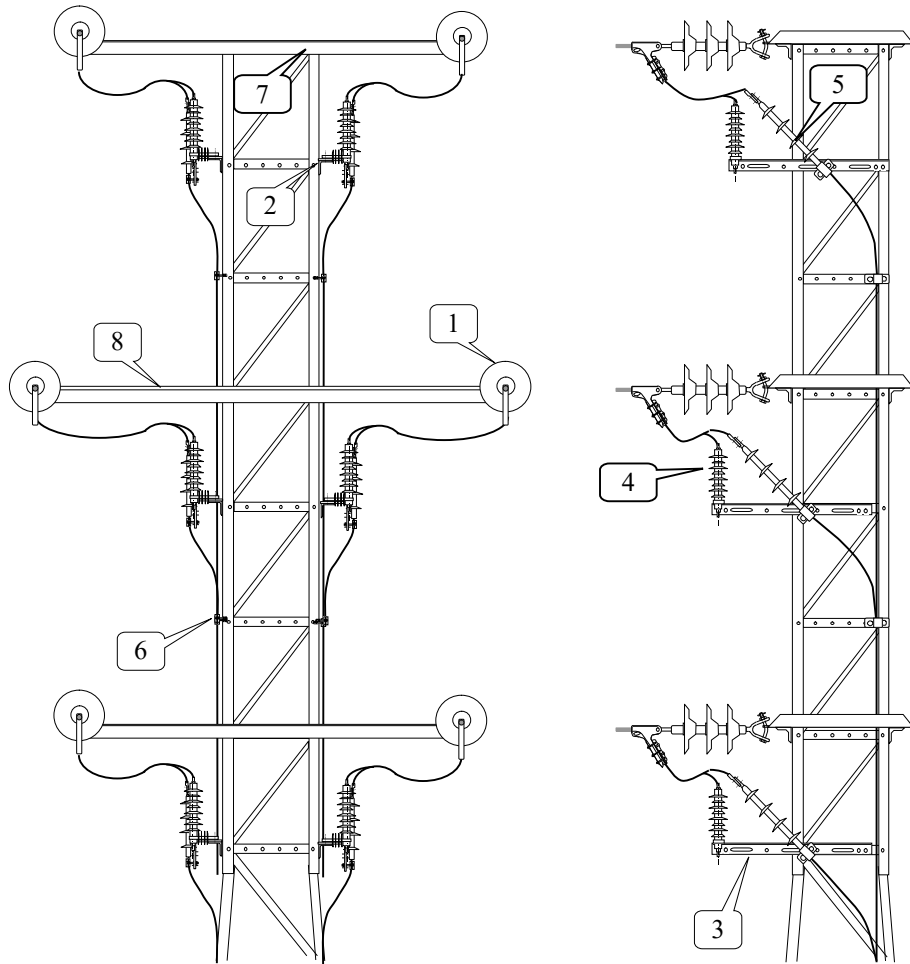


Apoyo de fin de línea

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	6	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	2	Aislador compuesto	U70 PP 20	<u>48.08.01</u>
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-20 S	<u>52.31.02</u>
6	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	<u>56.80.02</u>
7	6	Pararrayos	POM-P 21/10	<u>75.30.02</u>
8	6	Pieza CH 8-150	CH 8-150	<u>52.30.24</u>
9	6	Abrazadera sujeción	A-90-EM	<u>52.95.80</u>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

Nota: Como alternativa a la utilización de la cruceta RC-20 S, se podrá usarse la RC-1,5 S o RC-17,5 S junto con el armado L 70.7.3800 del documento informativo NI 52.30.24.

## 2.3.2 Terminaciones de cables subterráneos y pararrayos a distinto nivel

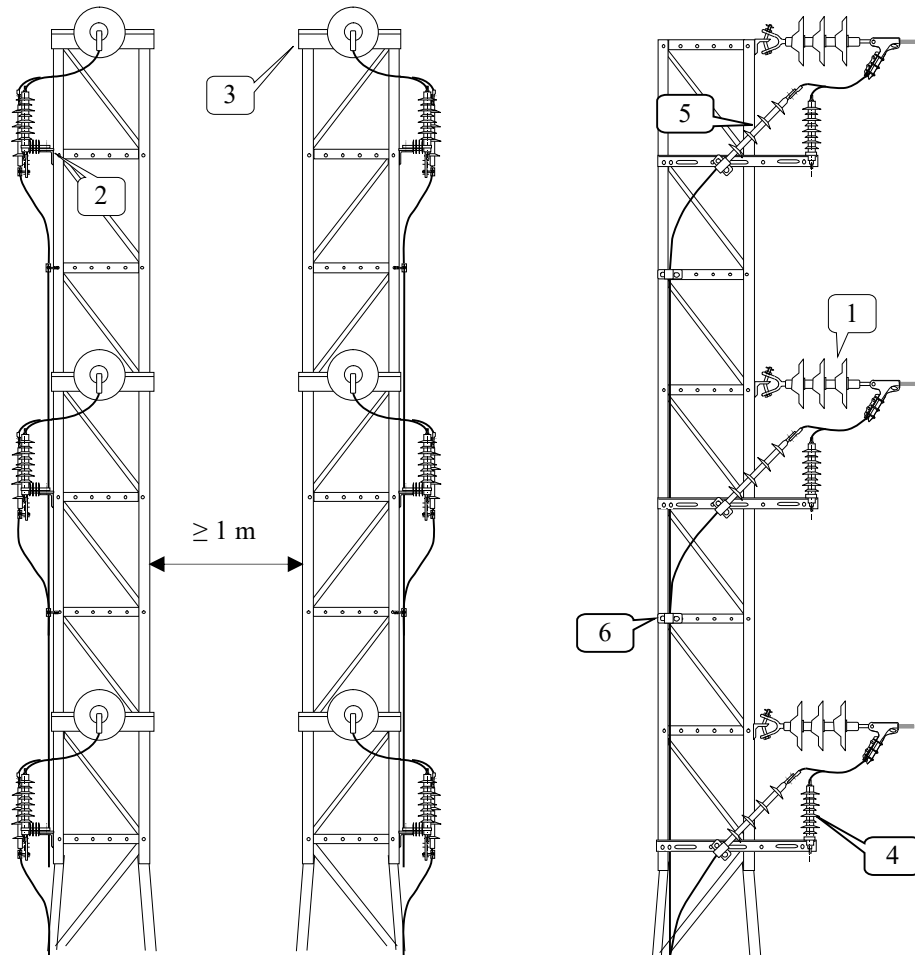


Apoyo de fin de línea

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	6	Cadenas de amarre	CA	<u>48.08.01</u>
2	6	Pieza CH 8-150	CH 8-150	<u>52.30.24</u>
3	6	Pieza L 60.5 850	L 60.5 850	<u>52.30.24</u>
4	6	Pararrayos	POM-P 21/10	<u>75.30.02</u>
5	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	<u>56.80.02</u>
6	10	Abrazadera sujeción	A-90-EM	<u>52.95.80</u>
7	2	Cruceta recta	RC-10 S	<u>52.31.02</u>
8	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	<u>52.31.02</u>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		



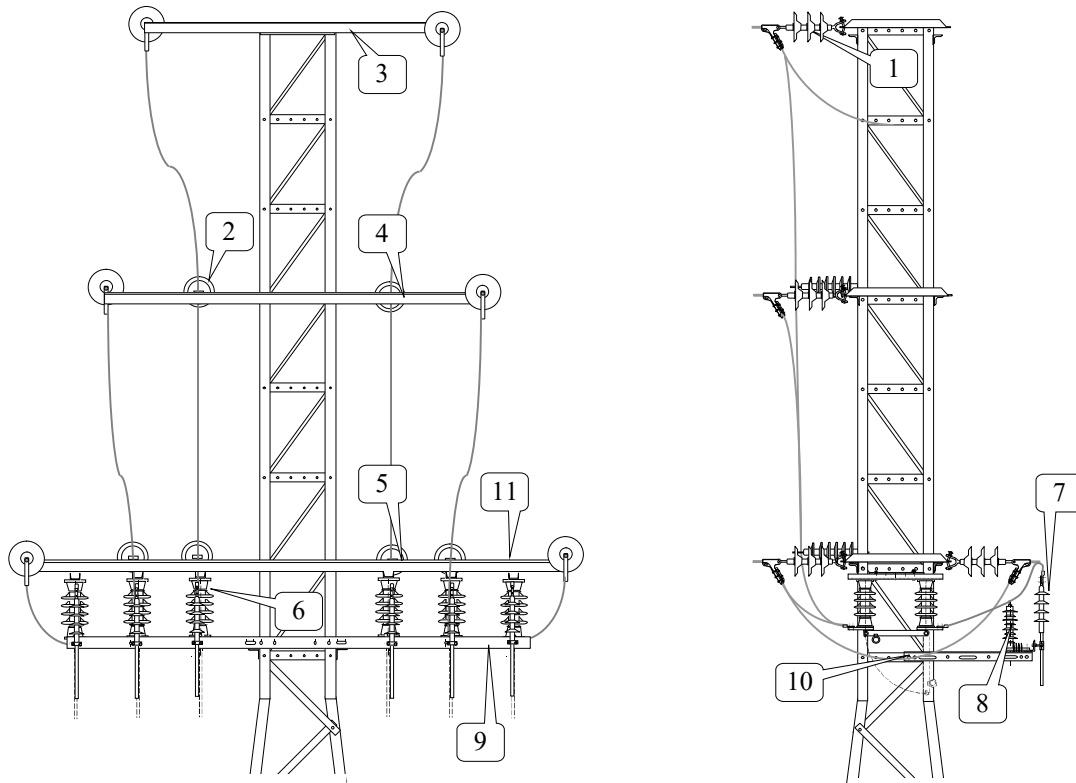
## 2.3.3 Terminaciones de cables subterráneos y pararrayos a distinto nivel y sobre dos apoyos



Apoyo de fin de línea

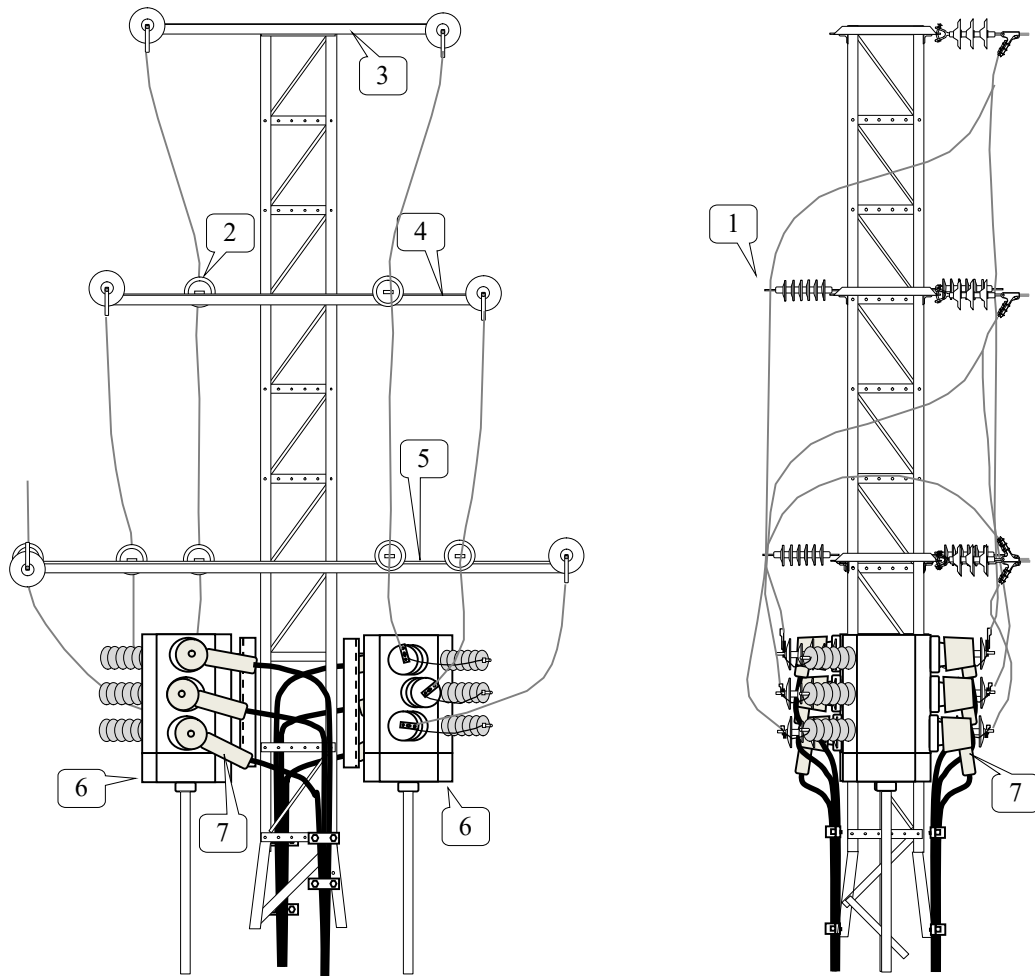
Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	6	Cadenas de amarre	CA	<a href="#">48.08.01</a>
2	6	Pieza CH 8-150	CH 8-150	<a href="#">52.30.24</a>
3	6	Perfil de cierre	PC	<a href="#">52.31.02</a>
4	6	Pararrayos	POM-P 21/10	<a href="#">75.30.02</a>
5	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	<a href="#">56.80.02</a>
6	12	Abrazadera sujeción	A-90-EM	<a href="#">52.95.80</a>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

## 2.3.4 Terminaciones con maniobra



Apoyo de fin de línea

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	6	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	6	Aislador compuesto	U70 PP 20	48.08.01
3	1	Cruceta recta	RC-10 S ó T	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S ó T	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-17,5 S ó T	52.31.02
6	6	Seccionador unipolar línea aérea	SELA U 24	74.51.01
7	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	56.80.02
8	6	Pararrayos	POM-P 21/10	75.30.02
9	1	Angular L-70.7-3800	L-70.7-3800	52.30.24
10	2	Angular L-60.5-850	L-60.5-850	52.30.24
11	6	Pieza CH 8-650	CH 8-650	52.30.24
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		



Armado de fin de línea

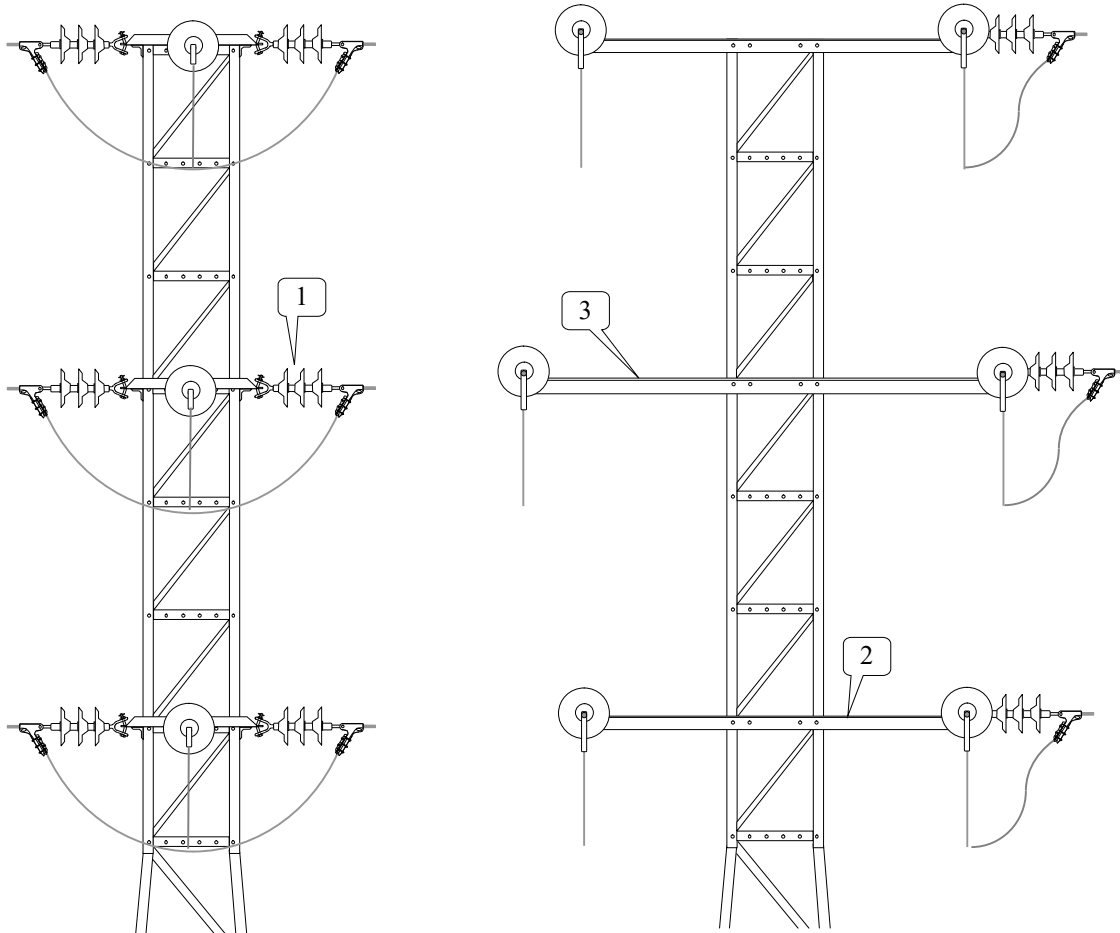
Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	6	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	7	Aislador compuesto	U70 PP 20	<u>48.08.01</u>
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-17,5 S	<u>52.31.02</u>
6	2	Órgano de corte en red manual	OCRM-24-TE-PAT	<u>74.53.05</u>
7	6	Terminales enchufables acodados	CSA1S/24/50	<u>56.80.02</u>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

NOTA: Podrán usarse OCRM-24-TT-PAT

### 3 Apoyos de derivación aérea sin maniobra

#### 3.1 Derivación simple

Se describe en la siguiente figura el armado de la derivación de uno de los dos circuitos de la línea.

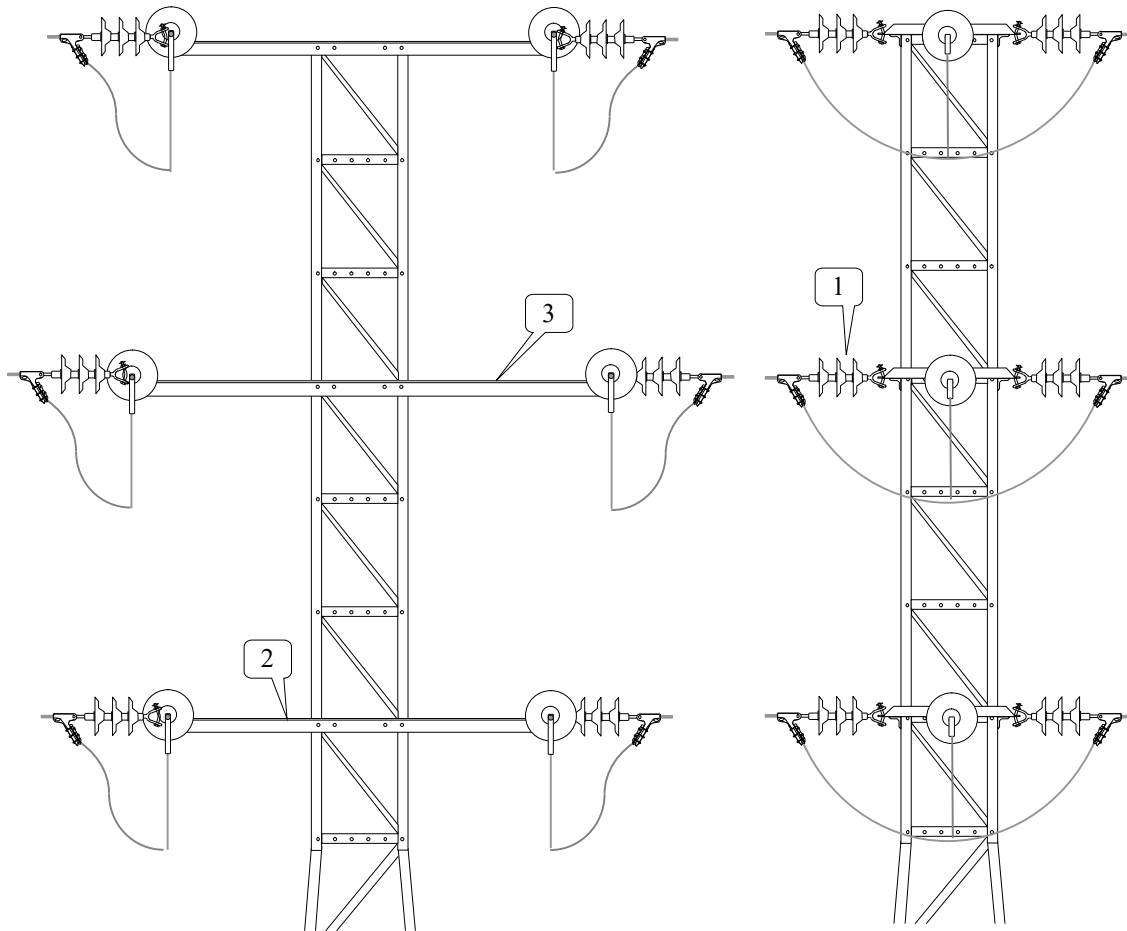


Apoyos de derivación aérea sin maniobra - Derivación simple

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento NI
1	15	Cadenas de amarre	CA	<u>48.08.01</u>
2	2	Cruceta recta	RC-10 S	<u>52.31.02</u>
3	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	<u>52.31.02</u>
s/n	-	Puentes, según conductor		
s/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

### 3.2 Doble derivación simple

Se describe en la siguiente figura el armado de la doble derivación (una de cada circuito) orientadas en distinto sentido.

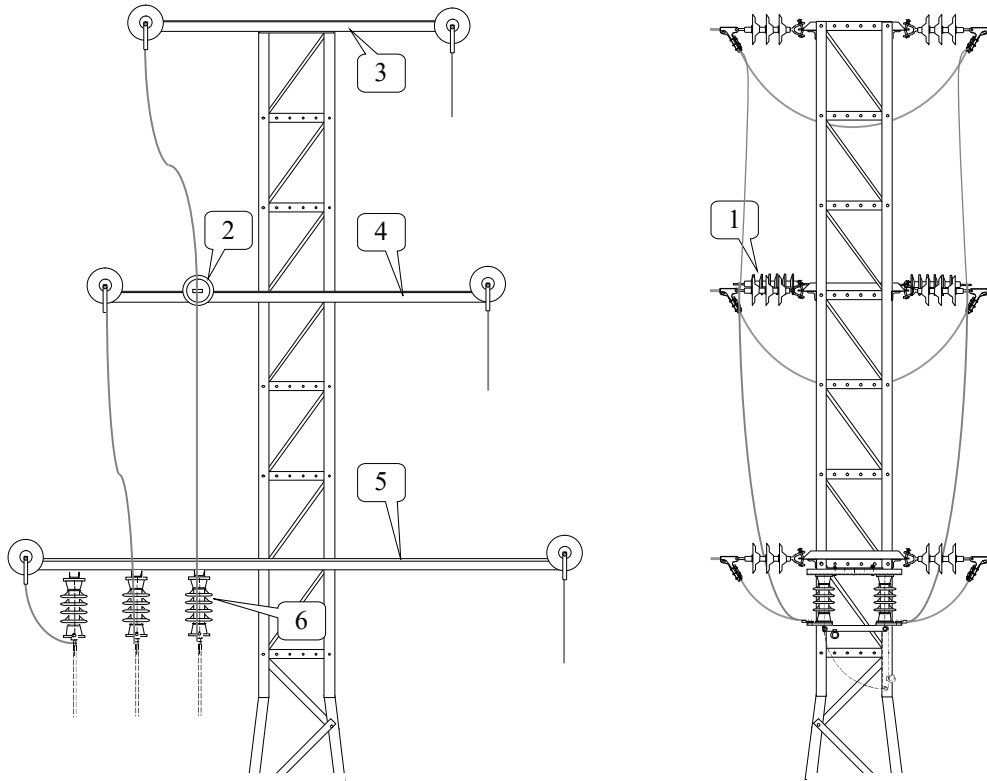


Apoyos de derivación aérea sin maniobra - Doble derivación simple

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento NI
1	18	Cadenas de amarre	CA	<u>48.08.01</u>
2	2	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
3	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	<u>52.31.02</u>
s/n	-	Puentes, según conductor		
s/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

## 4 Apoyos con maniobra

### 4.1 Armado de seccionamiento de un circuito en línea general



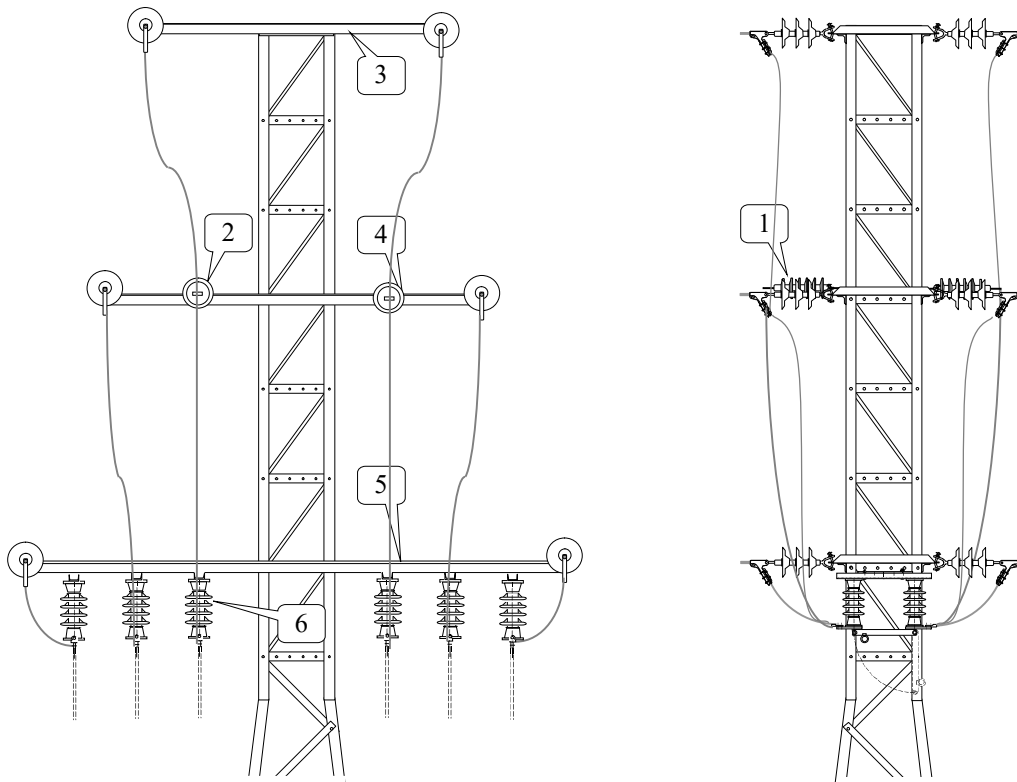
Armado de seccionamiento de un circuito en línea general

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	2	Aislador compuesto	U70 PP 20	<u>48.08.01</u>
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-20 S	<u>52.31.02</u>
6	3	Seccionador unipolar línea aérea	SELA U 24	<u>74.51.01</u>
S/n	3	Pieza CH 8-510	CH 8-510	<u>52.30.24</u>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

Nota: Como alternativa a la utilización de la cruceta RC-20 S, se podrá usarse la RC-1,5 S o RC-17,5 S junto con el armado formado por L 70.7.3800(2) y CH 8-650(3) del documento informativo NI 52.30.24, junto con los elementos necesarios para mantener su aislamiento.

Los seccionadores SELA, podrán sustituirse por órgano de corte en red, OCRM-24-TT o OCRM-24-EE.

## 4.2 Armado de seccionamiento de dos circuitos en línea general



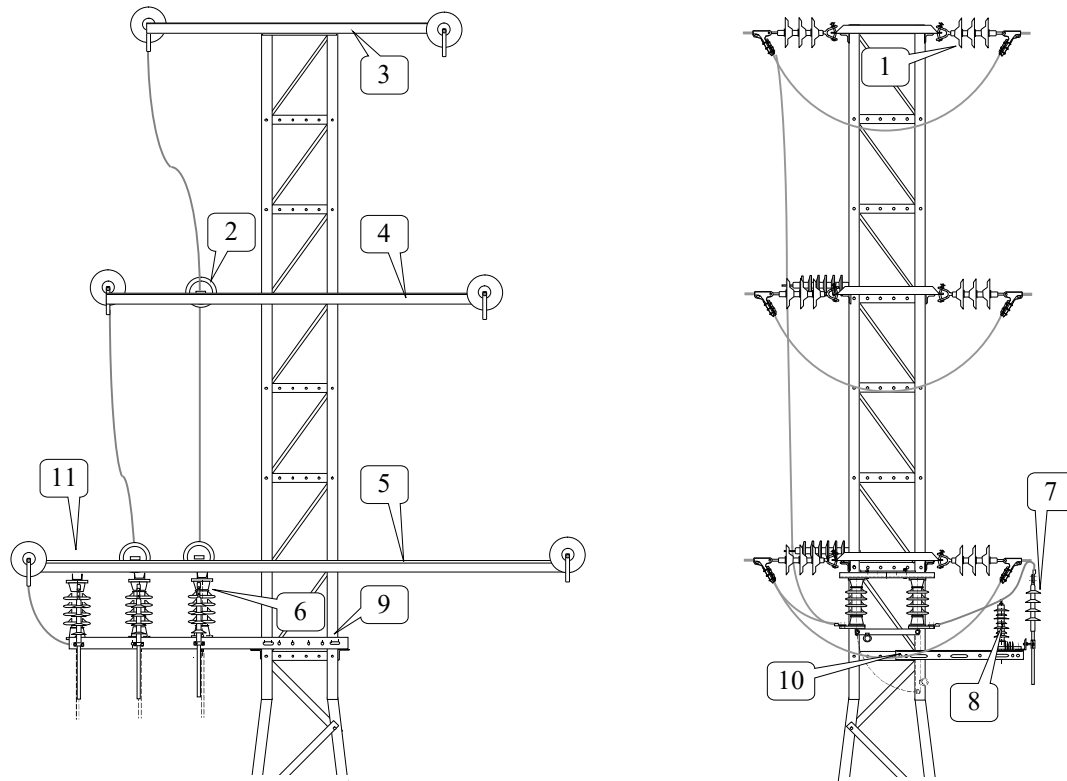
Armado de seccionamiento de dos circuitos en línea general

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	4	Aislador compuesto	U70 PP 20	48.08.01
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-20 S	52.31.02
6	6	Seccionador unipolar línea aérea	SELA U 24	74.51.01
S/n	6	Pieza CH 8-510	CH 8-510	52.30.24
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

Nota: Como alternativa a la utilización de la cruceta RC-20 S, se podrá usarse la RC-1,5 S o RC-17,5 S junto con el armado formado por L 70.7.3800(2) y CH 8-650(6) del documento informativo NI 52.30.24, junto con los elementos necesarios para mantener su aislamiento.

Los seccionadores SELA, podrán sustituirse por órganos de corte en red, OCRM-24-TT o OCRM-24-EE.

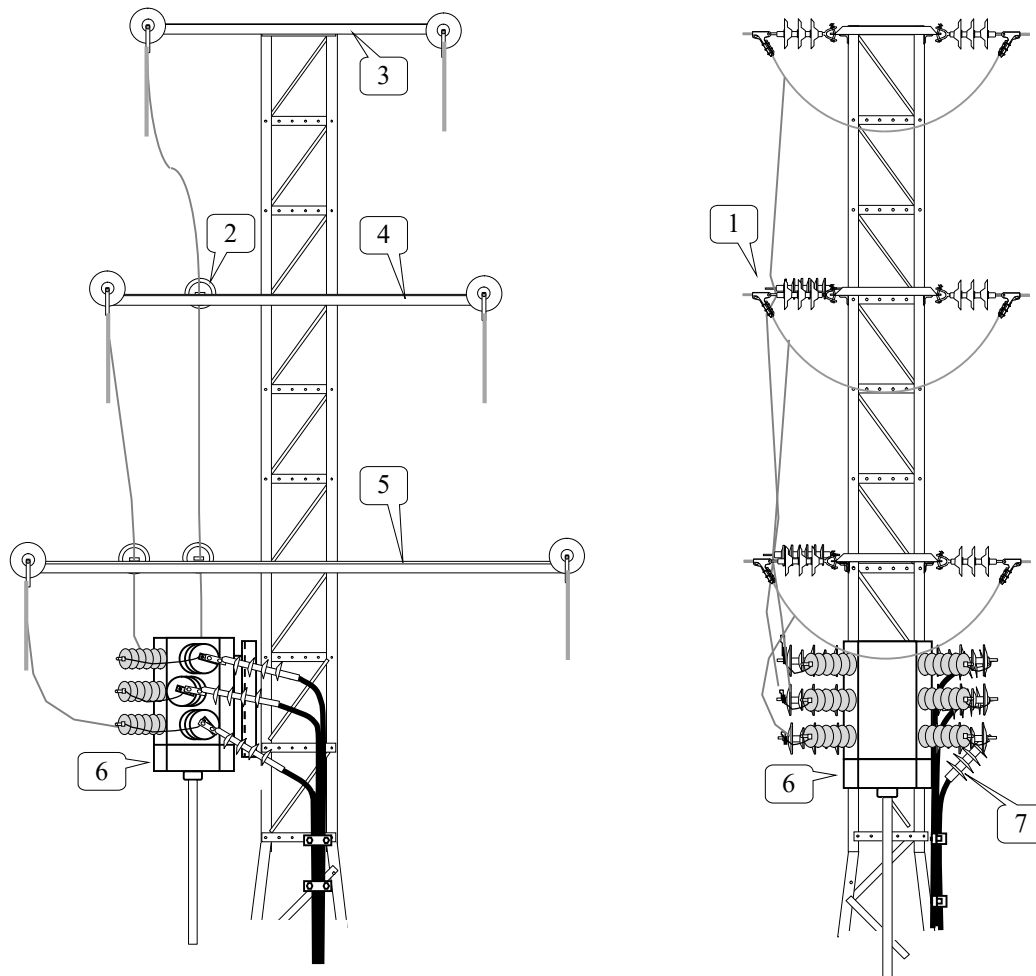
## 4.3 Derivación simple subterránea



Armado de derivación simple subterránea con seccionamiento

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	3	Aislador compuesto	U70 PP 20	48.08.01
3	1	Cruceta recta	RC-10 S ó T	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S ó T	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-20 S	52.31.02
6	3	Seccionador unipolar línea aérea	SELA U 24	74.51.01
7	3	Terminación cable subterráneo	TES/24	56.80.02
8	3	Pararrayos	POM-P 21/10	75.30.02
9	1	Angular L-70.6-1895	L-70.6-1895	52.30.24
10	2	Angular L-60.5-850	L-60.5-850	52.30.24
11	3	Pieza CH 8-650	CH 8-650	52.30.24
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		



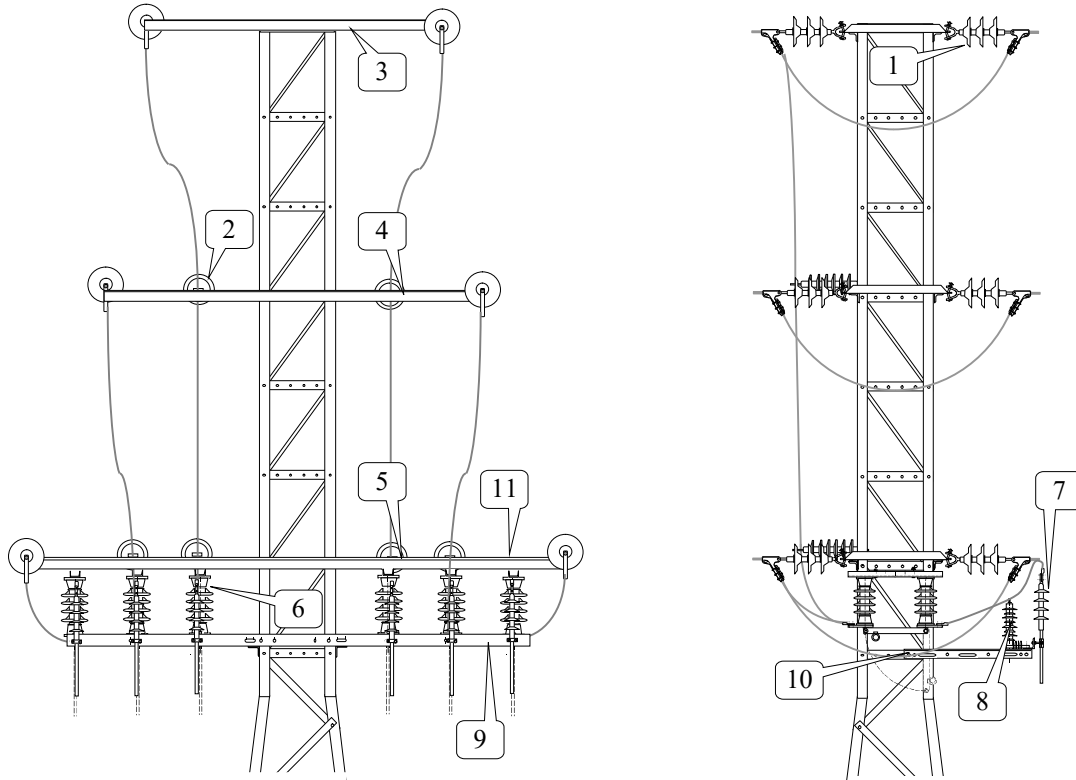


Derivación simple subterránea

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	3	Aislador compuesto	U70 PP 20	48.08.01
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-15 S	52.31.02
6	1	Órgano de corte en red manual	OCRM-24-TT-PAT	74.53.05
7	3	Terminación cable subterráneo	TES/24	56.80.02
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

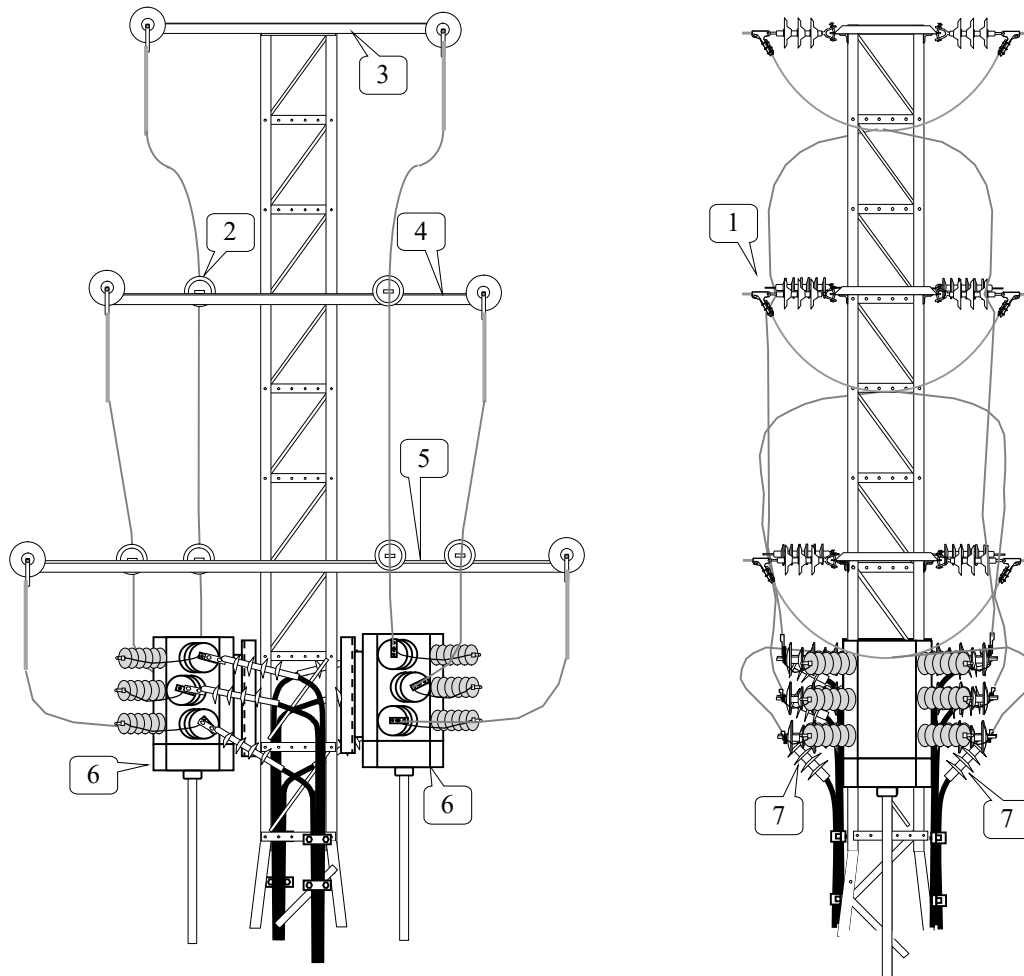
NOTA: Podrán usarse OCRM-24-TE-PAT

## 4.4 Derivación doble subterránea



Armado de derivación doble subterránea con seccionamiento

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	6	Aislador compuesto	U70 PP 20	48.08.01
3	1	Cruceta recta	RC-10 S ó T	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S ó T	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-20 S	52.31.02
6	6	Seccionador unipolar línea aérea	SELA U 24	74.51.01
7	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	56.80.02
8	6	Pararrayos	POM-P 21/10	75.30.02
9	1	Angular L-70.7-3800	L-70.7-3800	52.30.24
10	2	Angular L-60.5-850	L-60.5-850	52.30.24
11	6	Pieza CH 8-650	CH 8-650	52.30.24
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		



Doble derivación subterránea

Marca	Cantidad	Denominación	Designación	Documento
1	12	Cadenas de amarre	CA	48.08.01
2	6	Aislador compuesto	U70 PP 20	<u>48.08.01</u>
3	1	Cruceta recta	RC-10 S	52.31.02
4	1	Cruceta recta	RC-12,5 S	52.31.02
5	1	Cruceta recta	RC-15 S	<u>52.31.02</u>
6	2	Órgano de corte en red manual	OCRM-24-TT-PAT	<u>74.53.05</u>
7	6	Terminación cable subterráneo	TES/24	<u>56.80.02</u>
S/n	-	Puentes, según conductor		
S/n	-	Tornillería, piezas de conexión		

NOTA: Podrán usarse OCRM-24-TE-PAT

## 5 Escalamiento por apoyos y línea de seguridad

En todos los apoyos con maniobra se instalarán elementos fijos para facilitar las actuaciones de operación y mantenimiento. Estos elementos son los recogidos en el documento NI 52.36.01 y que se resumen a continuación:

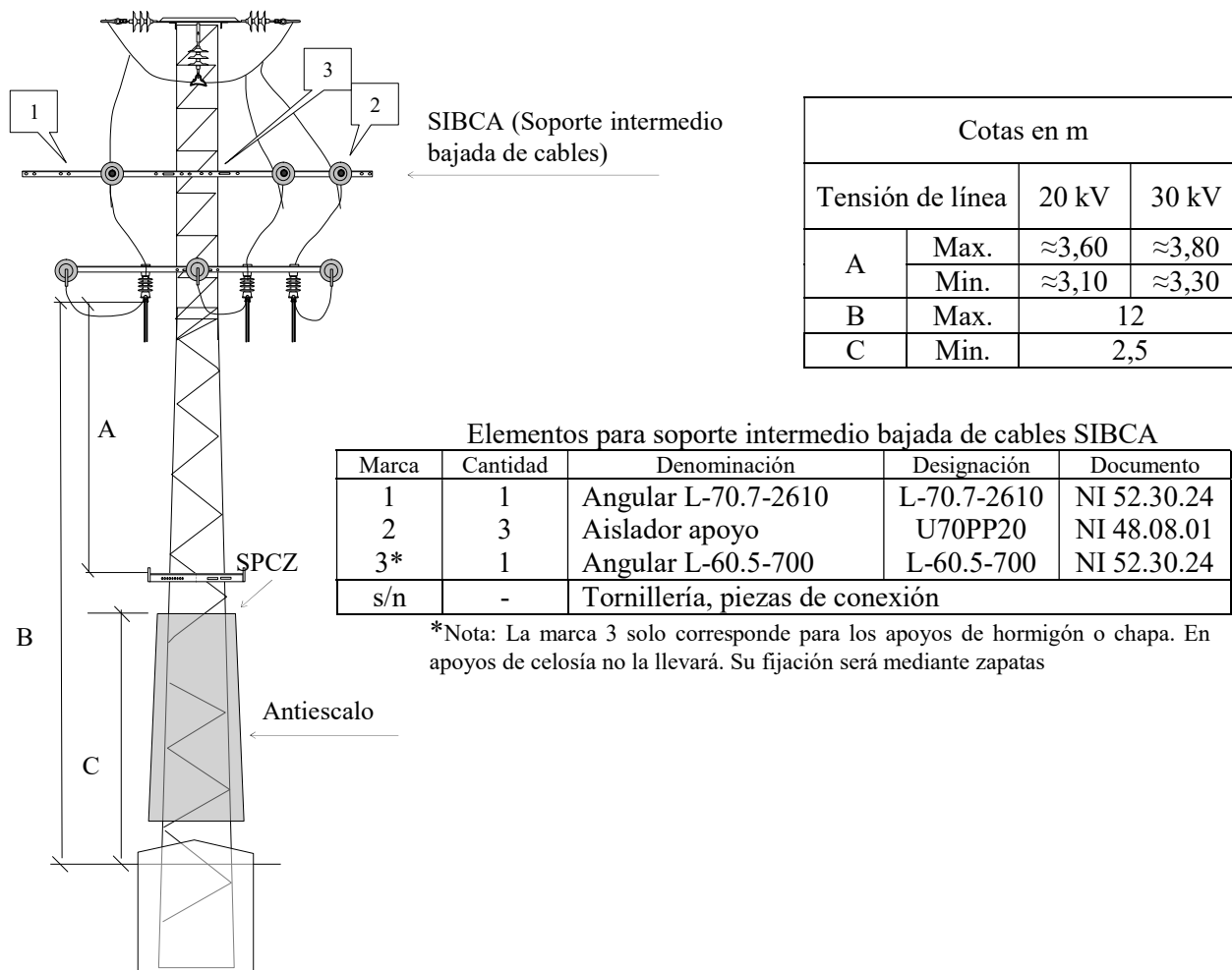
- SPCZ Soporte posapies para apoyos de celosía con zapata de anclaje.
- SPCMCZ Soporte posapies con pasamanos para apoyos de celosía con zapata de anclaje.
- TALS Tornillo de anclaje para línea de seguridad.
- SSLS Soporte de sujeción para línea de seguridad
- PAEC Pate ajustable de escalamiento par apoyos de celosía

Los elementos de maniobra y/o protección (seccionadores unipolares, cortacircuitos fusibles de expulsión) de accionamiento por pértiga aislante, no deberán instalarse a una altura superior a 12 m sobre la línea de tierra según se indica en la figura 7.

### Apoyos de celosía

En estos apoyos se instalará un SPCZ a una distancia de los elementos en tensión entre 3,10 y 3,60 m, para líneas de 20 kV y entre 3,30 y 3,80 para líneas de 30 kV, según se indica en la figura siguiente.

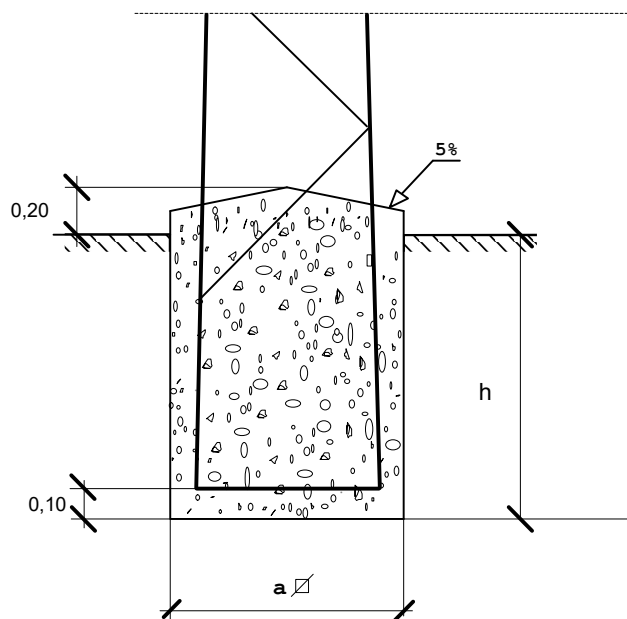
Disposición de elementos fijos en apoyos de celosía



**Anexo E - Cimentaciones para apoyos y puestas a tierra****Índice**

	Página
Cimentaciones para apoyos de perfiles metálicos.....	141
Cimentaciones en roca (mixtas) para apoyos de perfiles metálicos con pernos.....	142
Apoyo monobloque-Cimentación en tierra- Zona no frecuentada.....	144
Apoyo monobloque-Cimentación en tierra-- Zonas frecuentadas y de pública concurrencia y apoyo de maniobra .....	145
Apoyo monobloque-Cimentación mixta y en roca-Zona no frecuentada.....	146
Apoyo monobloque-Cimentación mixta y en roca-Zona frecuentada de pública concurrencia y apoyos de maniobra.....	147
Mejora de las puestas a tierra.....	148
Protocolo de las puestas a tierra.....	149

## Apoyos de perfiles metálicos, según Documento NI 52.10.01



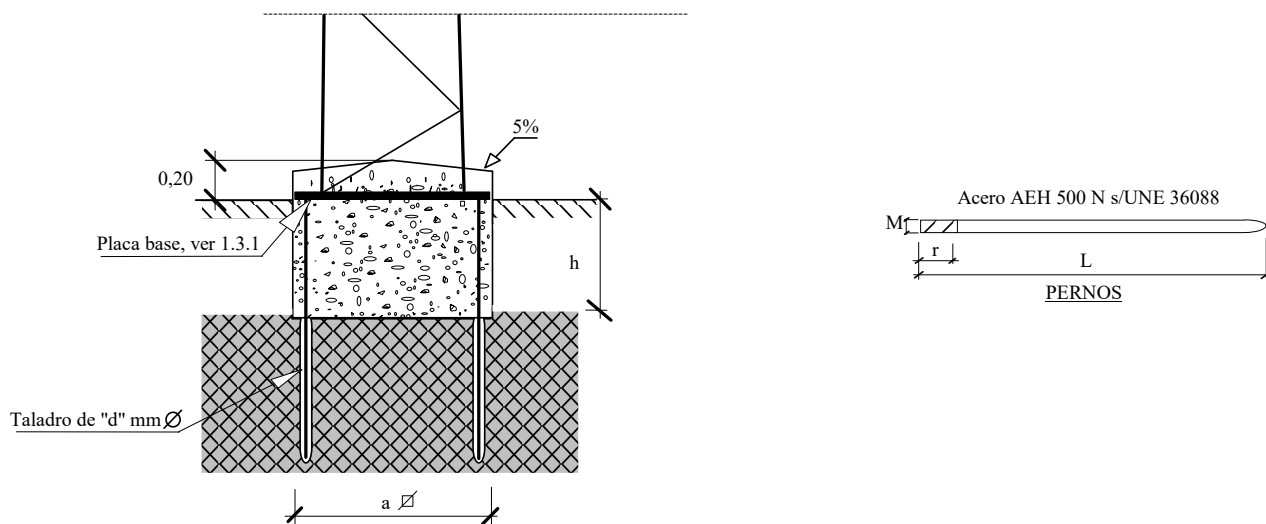
Nota: El conductor de puesta a tierra, bajante grapada por el apoyo, será de aluminio acero y de una sección no inferior a 100 mm<sup>2</sup>, al objeto evitar los robos que se producen con conductores de cobre.

## Cimentaciones para apoyos de perfiles metálicos

APOYO	CIMENTACION			
	Designación i-DE	a m	h m	Vol. excav. m <sup>3</sup>
C1000- 12E	1,00	1,99	1,99	2,14
C1000- 14E	1,08	2,06	2,41	2,58
C1000- 16E	1,15	2,13	2,82	3,01
C1000- 18E	1,23	2,20	3,33	3,55
C1000- 20E	1,30	2,26	3,82	4,07
C1000- 22E	1,39	2,32	4,47	4,76
C2000- 12E	1,00	2,30	2,30	2,44
C2000- 14E	1,08	2,37	2,76	2,93
C2000- 16E	1,15	2,43	3,22	3,41
C2000- 18E	1,24	2,48	3,82	4,04
C2000- 20E	1,31	2,54	4,36	4,61
C2000- 22E	1,39	2,59	5,01	5,30
C3000- 12E	1,00	2,51	2,51	2,66
C3000- 14E	1,09	2,58	3,06	3,23
C3000- 16E	1,16	2,64	3,56	3,75
C3000- 18E	1,25	2,69	4,21	4,44
C3000- 20E	1,32	2,75	4,79	5,05
C3000- 22E	1,41	2,79	5,55	5,85

APOYO	CIMENTACION			
	Designación i-DE	a m	h m	Vol. excav. m <sup>3</sup>
C4500- 12E	1,01	2,75	2,81	2,96
C4500- 14E	1,10	2,82	3,41	3,59
C4500- 16E	1,17	2,89	3,96	4,15
C4500- 18E	1,26	2,94	4,66	4,89
C4500- 20E	1,33	2,99	5,30	5,56
C4500- 22E	1,43	3,03	6,20	6,50
C7000- 12E	1,35	2,84	5,18	5,45
C7000- 14E	1,53	2,87	6,73	7,08
C7000- 16E	1,69	2,91	8,32	8,75
C7000- 18E	1,88	2,93	10,35	10,89
C7000- 20E	2,04	2,96	12,32	12,96
C7000- 22E	2,22	2,98	14,68	15,44
C7000- 24E	2,38	3,00	17,01	17,89
C7000- 26E	2,56	3,02	19,79	20,82
C9000- 12E	1,35	3,02	5,50	5,77
C9000- 14E	1,53	3,06	7,15	7,50
C9000- 16E	1,69	3,09	8,83	9,26
C9000- 18E	1,88	3,11	10,99	11,53
C9000- 20E	2,04	3,14	13,07	13,71
C9000- 22E	2,22	3,16	15,56	16,32
C9000- 24E	2,38	3,18	18,04	18,92
C9000- 26E	2,56	3,20	20,97	22,00

### Aposos de perfiles metálicos según Documento NI 52.10.01 Cimentaciones en roca con pernos



Nota: El conductor de puesta a tierra, bajante grapada por el apoyo, será de aluminio acero y de una sección no inferior a 100 mm<sup>2</sup>, al objeto evitar los robos que se producen con conductores de cobre.

#### Cimentaciones en roca con pernos para apoyos de perfiles metálicos

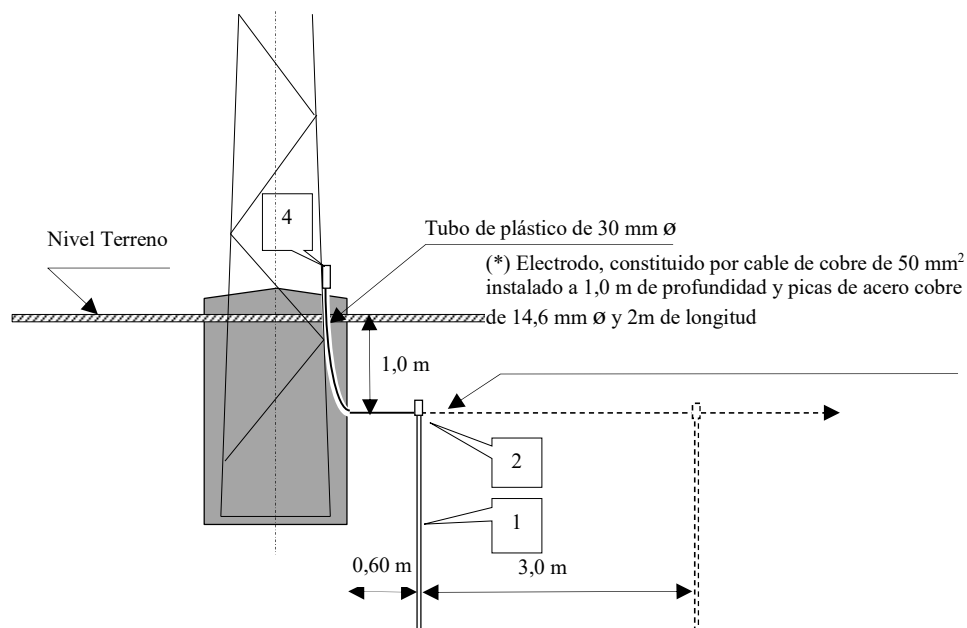
APOYO Designación i-DE	CIMENTACION				PERNOS				
	a ∅ m	h máximo m	Vol. excav m <sup>3</sup>	Vol. horm. m <sup>3</sup>	Disposi- ción	L mínimo m	d mínimo cm	M mm	r mínimo mm
C1000- 12P	1,21	0,40	0,59	1,08	1	1,69	6	30	250
C1000- 14P	1,29	0,40	0,67	1,24	1	1,71	6	30	250
C1000- 16P	1,37	0,40	0,75	1,40	1	1,74	6	30	250
C1000- 18P	1,45	0,40	0,84	1,57	1	1,77	6	30	250
C1000- 20P	1,53	0,40	0,94	1,76	1	1,79	6	30	250
C2000- 12P	1,21	0,40	0,59	1,08	3	1,83	5	24	250
C2000- 14P	1,29	0,40	0,67	1,24	3	1,87	5	24	250
C2000- 16P	1,37	0,40	0,75	1,40	3	1,89	5	24	250
C2000- 18P	1,45	0,40	0,84	1,57	3	1,92	5	24	250
C2000- 20P	1,53	0,40	0,94	1,76	3	1,94	5	24	250

Continúa

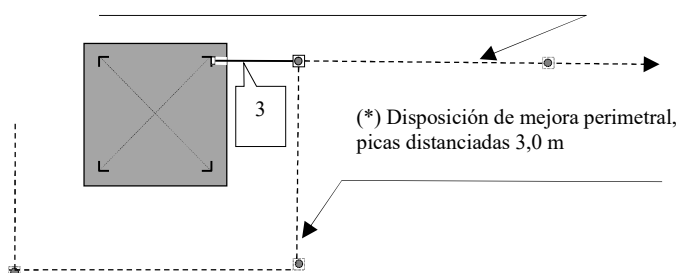
**Cimentaciones en roca con pernos para apoyos de perfiles metálicos  
(continuación y final)**

APOYO Designación i-DE	CIMENTACION				PERNOS				
	a ∅ m	h máximo m	Vol. excav m <sup>3</sup>	Vol. horm. m <sup>3</sup>	Disposi- ción	L mínimo m	d mínimo cm	M mm	r mínimo mm
C3000- 12P	1,21	0,40	0,59	1,08	3	2,04	6	30	250
C3000- 14P	1,29	0,40	0,67	1,24	3	2,07	6	30	250
C3000- 16P	1,37	0,40	0,75	1,40	3	2,10	6	30	250
C3000- 18P	1,45	0,40	0,84	1,57	3	2,12	6	30	250
C3000- 20P	1,53	0,40	0,94	1,76	3	2,15	6	30	250
C4500- 12P	1,21	0,40	0,59	1,08	3	2,19	6	30	250
C4500- 14P	1,29	0,40	0,67	1,24	3	2,23	6	30	250
C4500- 16P	1,37	0,40	0,75	1,40	3	2,32	7	36	250
C4500- 18P	1,45	0,40	0,84	1,57	3	2,35	7	36	250
C4500- 20P	1,53	0,40	0,94	1,76	3	2,37	7	36	250
C7000- 12P	1,51	0,40	0,91	1,71	3	2,34	7	36	250
C7000- 14P	1,61	0,40	1,04	1,95	3	2,37	7	36	250
C7000- 16P	1,71	0,40	1,17	2,21	3	2,41	7	36	250
C7000- 18P	1,81	0,40	1,31	2,49	4	2,43	7	36	250
C7000- 20P	1,91	0,40	1,46	2,79	4	2,45	7	36	250
C7000- 22P	2,01	0,40	1,62	3,10	4	2,47	7	36	250
C7000- 24P	2,11	0,40	1,78	3,43	4	2,49	7	36	250
C9000- 12P	1,51	0,40	0,91	1,71	4	2,46	7	36	250
C9000- 14P	1,61	0,40	1,04	1,95	4	2,49	7	36	250
C9000- 16P	1,71	0,40	1,17	2,21	4	2,52	7	36	250
C9000- 18P	1,81	0,40	1,31	2,49	4	2,55	7	36	250
C9000- 20P	1,91	0,40	1,46	2,79	4	2,57	7	36	250
C9000- 22P	2,01	0,40	1,62	3,10	5	2,59	7	36	250
C9000- 24P	2,11	0,40	1,78	3,43	5	2,61	7	36	250



**PUESTA A TIERRA EN APOYOS. CIMENTACIÓN MONOBLOQUE EN TIERRA****Zona no frecuentada (N)**

(\*) Disposición de mejora en antena, picas distanciadas 3,0 m

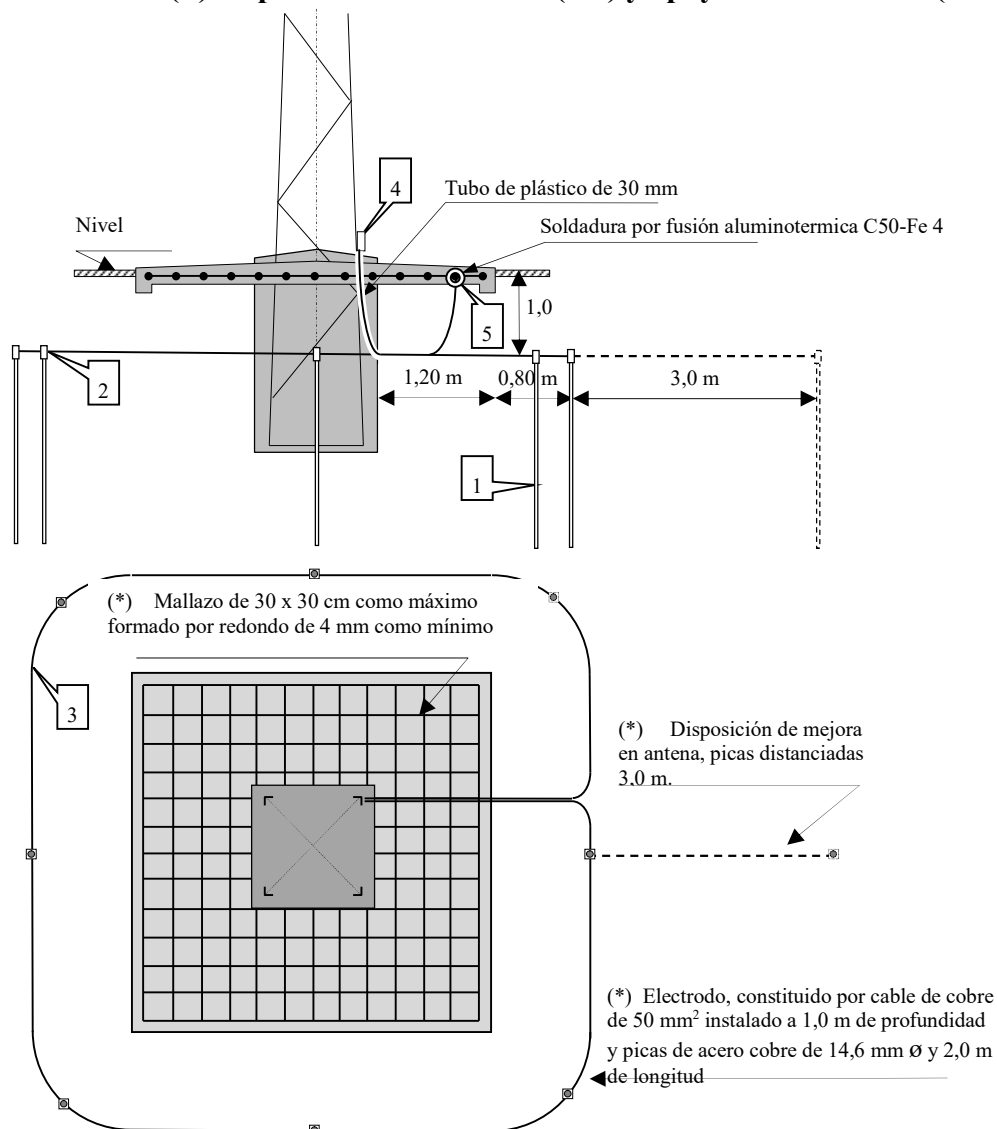


(\*) Disposición de mejora perimetral, picas distanciadas 3,0 m

(\*) Ver MT 2.22.05

Marca	Designación	Denominación	Código	Documento
1	PL 14-1500	Pica cilíndrica acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud	50 26 164	NI 50.26.01
2	GC-P14,6/C50	Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable de CU	58 26 631	NI 58.26.03
3	C 50	Cable de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	54 10 050	NI 54 10 01
4	GCS/C16	Grapa de conexión sencilla para cable de CU	58 26 024	NI 58.26.04

**PUESTA A TIERRA EN APOYOS. CIMENTACIÓN MONOBLOQUE EN TIERRA**  
**Zona frecuentada (F) de pública concurrencia (PC) y apoyos de maniobra (AM)**

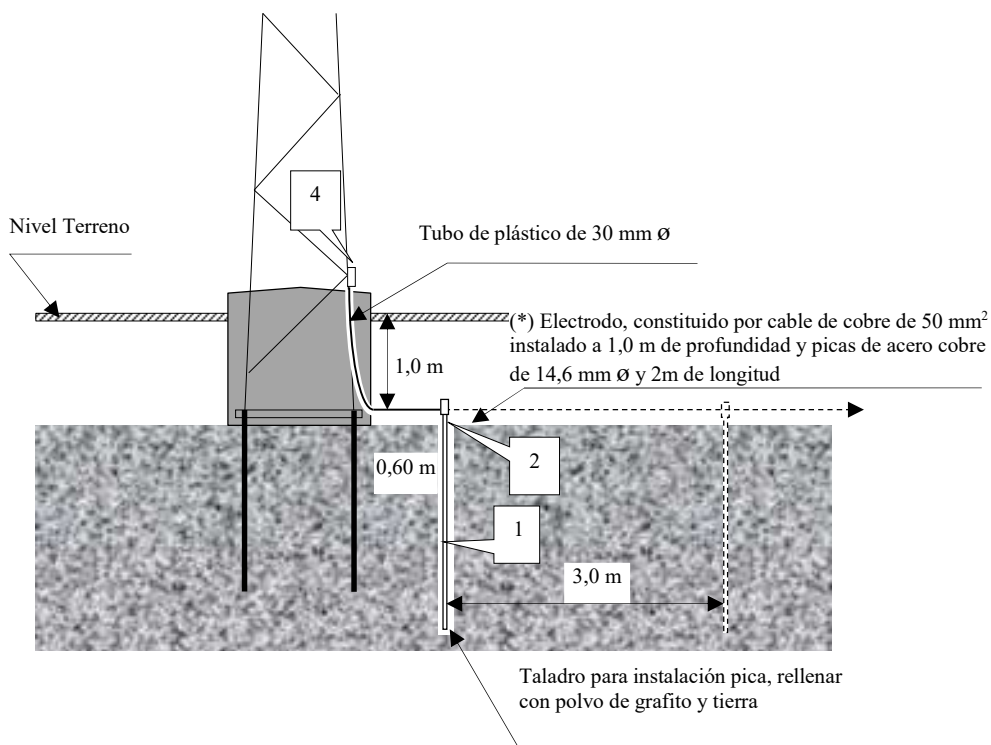


(\*) Ver MT 2.22.05

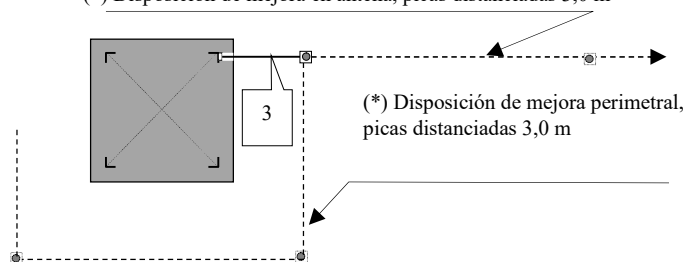
Nota: En caso de llevar conductor de puesta a tierra visible, bajará grapado al apoyo, será de aluminio acero y de una sección no inferior a 100 mm<sup>2</sup>, al objeto de evitar los robos que se producen con conductores de cobre, sustituyéndose la grapa de la marca 4 por una doble paralela bimetálica.

Marca	Designación	Denominación	Código	Documento
1	PL 14-1500	Pica cilíndrica acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud	50 26 164	NI 50.26.01
2	GC-P14,6/C50	Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable CU	58 26 631	NI 58.26.03
3	C 50	Cable de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	54 10 050	NI 54.10.01
4	GCP/C16	Grapa de conexión paralela para cable de CU	58 26 035	NI 58.26.04
5	S/n	Soldadura por fusión aluminotérmica C 50 con redondo de tetracero de 4 mm de Ø.		
6	DCP 50c/50c	Conector por cuña a presión para conductor de cobre de 50/50 mm <sup>2</sup>	58 21 510	NI 58.21.01

**PUESTA A TIERRA EN APOYOS. CIMENTACIÓN MONOBLOQUE  
MIXTA Y EN ROCA  
Zona no frecuentada (N)**



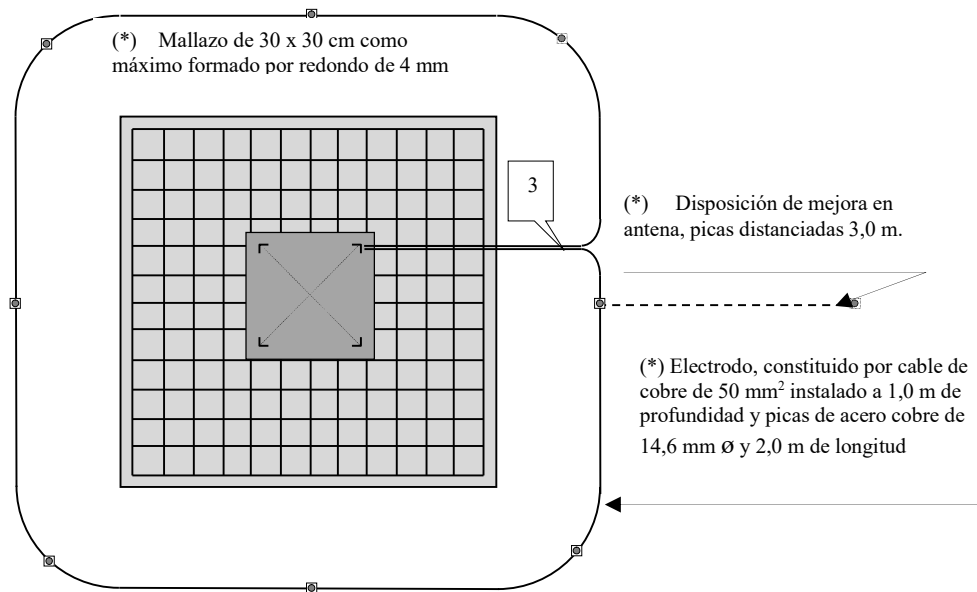
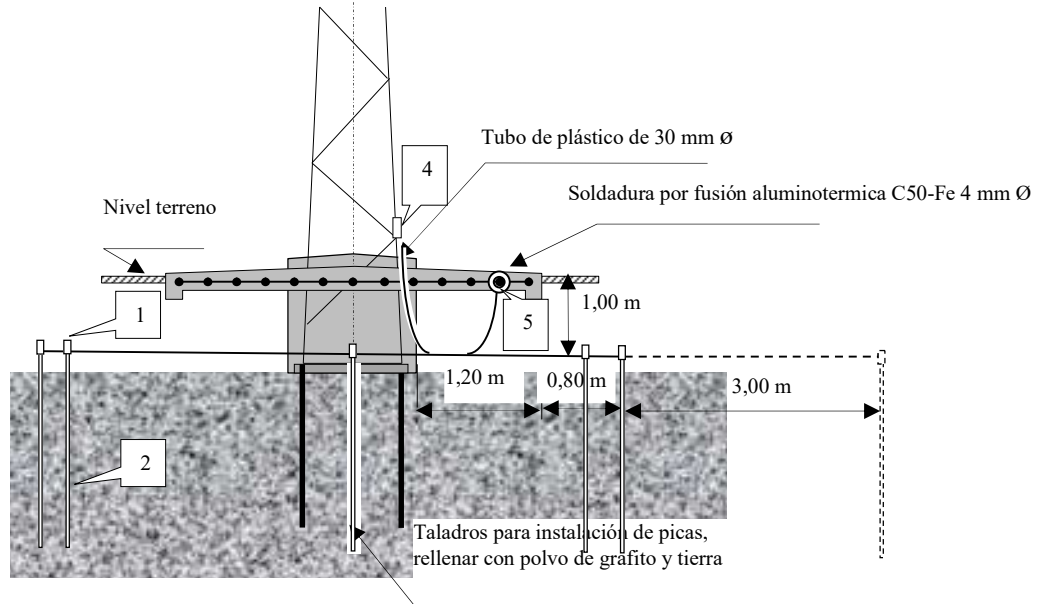
(\*) Disposición de mejora en antena, picas distanciadas 3,0 m



(*) Ver MT 2.22.05		acción	Denominación	Código	Documento
1	PL 14-1500		Pica cilíndrica acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud	50 26 164	NI 50.26.01
2	GC-P14,6/C50		Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable de CU	58 26 631	NI 58.26.03
3	C 50		Cable de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	54 10 050	NI 54.10.01
4	GCS/C16		Grapa de conexión sencilla para cable de CU	58 26 024	NI 58.26.04

## PUESTA A TIERRA EN APOYOS. CIMENTACIÓN MONOBLOQUE MIXTA Y EN ROCA

### Zona frecuentada (F) y apoyos de maniobra



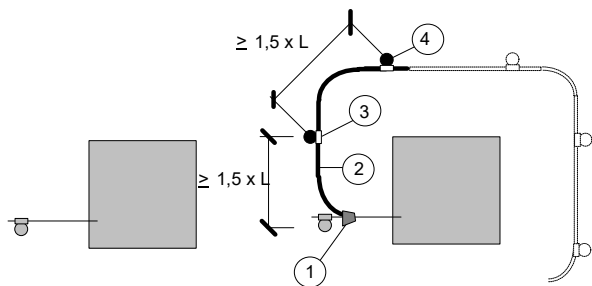
(\*) Ver MT 2.22.05

Nota: El conductor de puesta a tierra visible, bajará grapado al apoyo, será de aluminio acero y de una sección no inferior a 100 mm<sup>2</sup>, al objeto evitar los robos que se producen con conductores de cobre.

Marca	Designación	Denominación	Código	Documento
1	PL 14-1500	Pica cilíndrica acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud	50 26 164	NI 50.26.01
2	GC-P14,6/C50	Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable CU	58 26 631	NI.58.26.03
3	C 50	Cable de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	54 10 050	NI 54.10.01
4	GCP/C16	Grapa de conexión paralela para cable de CU	58 26 035	NI 58.26.04
5	S/n	Soldadura por fusión aluminotérmica C 50 con redondo de tetracero de 4 mm de Ø.		
6	DCP 50c/50c	Conector por cuña a presión para conductor de cobre de 50/50 mm <sup>2</sup>	58 21 510	NI 58.21.01

**MEJORA DE LAS PUESTAS A TIERRA**

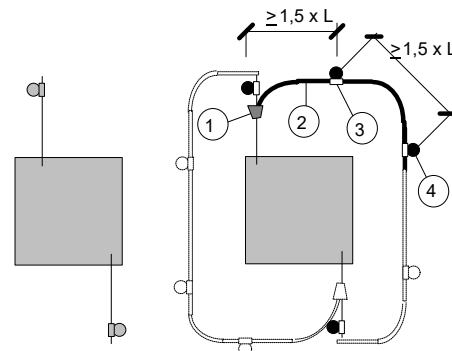
Posición 1



Instalación existente

Mejora puesta a tierra

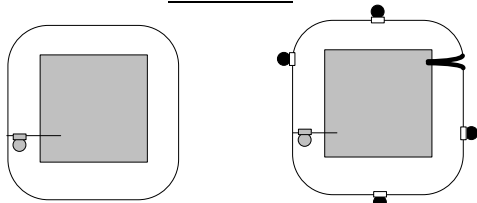
Posición 2



Instalación existente

Mejora puesta a tierra

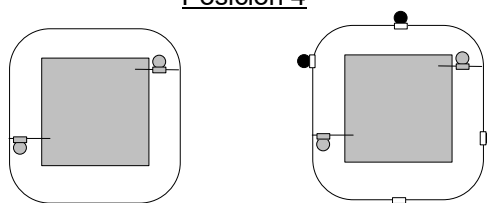
Posición 3



Instalación existente

Mejora puesta a tierra

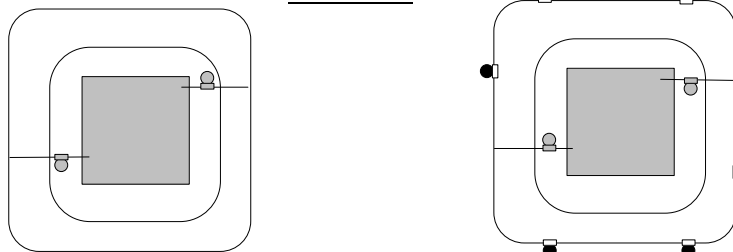
Posición 4



Instalación existente

Mejora puesta a tierra

Posición 5



Instalación existente

Mejora puesta a tierra

Materiales			Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5
Designación	Código	Documento	Cantidades				
PL 14-1500	50 26 164	NI 50.26.01	2 Und.	2 Und.	4 Und.	4 Und.	6 Und.
GC-P14,6/C50	58 26 631	NI 58 26 03	2 Und.	2 Und.	4 Und.	4 Und.	6 Und.
C 50	54 10 050	NI 54 10 01	6 m	6 m	4 m		
GCP/C16	58 26 035	NI 58 26 04			1 Und.		
DCP 50C/50C	58 21 510	NI 58.28.01	1	1	2		

**PROTOCOLO DE LAS PUESTAS A TIERRA**

Por cada línea o tramo de esta, se cumplimentará la hoja de toma de datos para la verificación de los sistemas de puesta a tierra en apoyos no frecuentados indicado en la tabla 1 del presente anexo.

Del mismo modo se cumplimentará la hoja de toma de datos para la verificación de los sistemas de puesta a tierra en apoyos frecuentados indicada en la tabla 2 del presente Anexo.

Las hojas de toma de datos para la verificación de los sistemas de puesta a tierra, tanto en apoyos no frecuentados como en apoyos frecuentados, serán documentos que se deberán registrar junto con el proyecto de la instalación.

El electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos no frecuentados, tal como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, proporcionará un valor de la resistencia de puesta a tierra lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Dicho valor máximo será de 150  $\Omega$ , 175  $\Omega$  y 230  $\Omega$  para 13,2 kV, 15 kV y 20 kV respectivamente.

De igual manera para los apoyos frecuentados, el valor de la resistencia de puesta a tierra será como máximo de 50  $\Omega$ .

Igualmente se indicará en la tabla 2 los tipos de configuración realizados de las puestas a tierra.

*TABLA 1: Hoja de toma de datos para la verificación de los sistemas de puesta a tierra en apoyos no frecuentados*

Identificación de la línea: .....					
APOYO Nº	Tipo de configuración conforme a la tabla 3	Tensión nominal de la red Un (kV)	Resistencia máxima de puesta a tierra Rmáx ( $\Omega$ )	Valor obtenido de la resistencia Rm ( $\Omega$ )	Rm < Rmáx SI ---- CUMPLE NO ----- NO CUMPLE
		13,2	150		
		15	175		
		20	230		
		13,2	150		
		15	175		
		20	230		
		13,2	150		
		15	175		
		20	230		
		13,2	150		
		15	175		
		20	230		
		13,2	150		
		15	175		
		20	230		

TABLA 2: HOJA DE TOMA DE DATOS PARA LA VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN APOYOS FRECUENTADOS

Identificación de la línea: ..... Tensión nominal (U<sub>n</sub> en kV):.....

APOYO Nº	Valor de la resistividad del terreno ( $\rho$ )	Tipo de configuración conforme a la tabla 4	Valor de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )		Valor considerado de la reactancia I <sub>LTH</sub> ( $\Omega$ )	Intensidad calculada de defecto a tierra I' <sub>IF</sub> (A)	Tiempo calculado de actuación de la protección t (s)	Valor de la tensión de paso aplicada admisible, U <sub>pa.adm</sub> (V)	Intensidad inyectada con el medidor I <sub>m</sub> (A)	Valores medidos de las tensiones de paso aplicadas		Valor mayor de la tensión de paso obtenida, corregida $U_{pa} = \max(U_{pam1}, U_{pam2}) \cdot \frac{I'_{IF}}{I_m}$ (V)	$U_{pa} \leq U_{pa.adm}$ SI -- CUMPLE NO -- NO CUMPLE
			Proyecto (teórico) $R_p = K_r \cdot \rho$	Medida R <sub>m</sub> ( $\Omega$ )						U <sub>pam1</sub> (V)	U <sub>pam2</sub> (V)		

Mediante las configuraciones de la puesta a tierra recogidas en la tabla 4, quedan justificados los valores de la resistencia de puesta a tierra y las tensiones de paso. La recogida de datos del valor medido de dicha resistencia y de las tensiones de paso servirán como justificación de esos cálculos.

El valor medido de la resistencia de puesta a tierra, R<sub>m</sub> ( $\Omega$ ) debe ser inferior a 50  $\Omega$ .

En la tabla 3 se indica el tipo de configuración de la puesta a tierra para apoyos no frecuentados

**TABLA 3: APOYOS NO FRECUENTADOS**

TENSION	RESISTENCIA DE P.a.t.	RESISTIVIDAD TERRENO ( $\Omega$ .m)	Tipo de configuración
13,2 kV	150 $\Omega$	200	CPT-LA-F(0,5)+1P(1,5)
		300	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		400	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		500	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		600	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		700	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
		800	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
		900	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
15 kV	175 $\Omega$	1.000	CPT-LA-F(0,5)+4P(1,5)
		200	CPT-LA-F(0,5)+1P(1,5)
		300	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		400	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		500	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		600	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		700	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		800	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
20 kV	230 $\Omega$	900	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
		1.000	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)
		200	CPT-LA-F(0,5)+1P(1,5)
		300	CPT-LA-F(0,5)+1P(1,5)
		400	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		500	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		600	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
		700	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)
800	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)		
900	CPT-LA-F(0,5)+2P(1,5)		
1.000	CPT-LA-F(0,5)+3P(1,5)		

Nota: El electrodo a utilizar deberá tener un valor de la resistencia menor 150  $\Omega$ , 175  $\Omega$  o 230  $\Omega$  para 13,2 kV, 15 kV o 20 kV respectivamente, con el fin de garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Esto se podrá conseguir enterrando un electrodo a 0,5 metros de profundidad, compuesto de conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> y una pica común al que se le unirán picas, de 1,5 metros, hincadas a 3 metros de distancia entre ellas (disposición en hilera ó perimetral alrededor de la cimentación)

En la tabla 4 se indica el tipo de configuración de la puesta a tierra para apoyos frecuentados

**TABLA 4: APOYOS FRECUENTADOS CON CALZADO**

Dimensiones de la cimentación (m)	Dimensiones del electrodo (m)	Tipo de configuración
0,6 x 0,6	2,6 x 2,6	CPT-LA-26 / 0,5
0,8 x 0,8	2,8 x 2,8	CPT-LA-28 / 0,5
1 x 1	3 x 3	CPT-LA-30 / 0,5
1,2 x 1,2	3,2 x 3,2	CPT-LA-32 / 0,5
1,4 x 1,4	3,4 x 3,4	CPT-LA-34 / 0,5
1,6 x 1,6	3,6 x 3,6	CPT-LA-36 / 0,5
1,8 x 1,8	3,8 x 3,8	CPT-LA-38 / 0,5
2 x 2	4 x 4	CPT-LA-40 / 0,5
2,2 x 2,2	4,2 x 4,2	CPT-LA-42 / 0,5
2,4 x 2,4	4,4 x 4,4	CPT-LA-44 / 0,5
2,6 x 2,6	4,6 x 4,6	CPT-LA-46 / 0,5
2,8 x 2,8	4,8 x 4,8	CPT-LA-48 / 0,5
3 x 3	5 x 5	CPT-LA-50 / 0,5



**ANEXO F - Determinación de la intensidad máxima en el conductor por transferencia de calor****Índice**

	<u>Página</u>
1 EQUILIBRIO TÉRMICO.....	153
2 POTENCIA CALORÍFICA GENERADA POR EFECTO JOULE.....	153
3 POTENCIA CALORÍFICA GENERADA POR EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR...	154
4 POTENCIA CALORÍFICA EVACUADA POR CONVECCIÓN.....	154
5 POTENCIA CALORÍFICA EVACUADA POR RADIACIÓN.....	155
6 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR.....	155

## 1 EQUILIBRIO TÉRMICO

El equilibrio térmico en el conductor se alcanza cuando el calor generado por unidad de tiempo es igual al calor evacuado.

$$P_{gen} = P_{eva}$$

Las principales fuentes de calor generado se deben al calor producido por efecto joule,  $P_J$  y al calor debido a la radiación solar,  $P_S$ , despreciándose el calor generado por el efecto corona, sobre todo en el caso de líneas de Media Tensión.

$$P_{gen} = P_J + P_S$$

Las principales fuentes de calor evacuado se deben al calor evacuado por convección,  $P_C$ , y al calor evacuado por radiación,  $P_R$ , despreciándose la aportación del calor evacuado por evaporación.

$$P_{eva} = P_C + P_R$$

En el equilibrio térmico, en régimen permanente se cumple:

$$P_J + P_S = P_C + P_R$$

## 2 POTENCIA CALORÍFICA GENERADA POR EFECTO JOULE

La potencia generada por efecto Joule en el conductor se puede calcular como:

$$P_J = I^2 \cdot R'_{dc} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

$I$  corriente que circula por el conductor

$R'_{dc}$  resistencia en corriente continua por unidad de longitud del conductor

$\alpha$  variación de la resistencia con la temperatura

$\theta$  temperatura media del conductor

En el caso de corriente alterna es necesario tener en cuenta el efecto del campo magnético sobre el conductor, provocando un aumento de resistencia debido al efecto pelicular, por tanto la expresión de  $P_J$ , quedaría:

$$P_J = I^2 \times R'_\theta \times [1 + \alpha \times (\theta - 20)]$$

Donde:

$R'_\theta$  resistencia en corriente alterna (considerando efecto pelicular) por unidad de longitud del conductor

### 3 POTENCIA CALORÍFICA GENERADA POR EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR

La potencia debida a la radiación solar,  $P_S$ , se puede expresar mediante

$$P_S = \alpha_s \times \Psi \times D_{ext}$$

siendo,

$\alpha_s$  coeficiente de absorción de la superficie del conductor, que en la mayoría de los casos vale 0,5

$\Psi$  radiación solar en la zona donde está emplazado el conductor ( $W/m^2$ )

$D_{ext}$  diámetro exterior del conductor (m)

### 4 POTENCIA CALORÍFICA EVACUADA CONVECCIÓN

La ecuación que describe la convección es la siguiente:

$$P_C = \pi \times \lambda_f \times (\theta - \theta_{amb}) \times Nu$$

donde

$\lambda_f$  conductividad térmica del aire en función de la temperatura

$$\lambda_f = 2,42 \times 10^{-2} + 7,2 \times 10^{-5} \times \theta_f$$

$$\theta_f = \frac{\theta + \theta_{amb}}{2}$$

$\theta$  temperatura media del conductor

$\theta_{amb}$  temperatura ambiente

$Nu$  número de Nusselt que depende del tipo de convección a aplicar, sea convección forzada o convección natural

## 5 POTENCIA CALORÍFICA EVACUADA POR RADIACIÓN

La ecuación que describe la potencia calorífica evacuada por unidad de longitud debida a radiación es la siguiente:

$$P_R = \pi \times D_{ext} \times \xi \times \sigma_B \times \left[ (\theta + 273)^4 - (\theta_{amb} + 273)^4 \right]$$

donde:

$D_{ext}$  diámetro exterior del conductor (m)

$\sigma_B$  constante de Stefan-Boltzman

$\xi$  coeficiente de emisividad del conductor, con un valor representativo de 0,5

$\theta_{amb}$  temperatura ambiente

$\theta$  temperatura media del conductor

## 6 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR

De la ecuación de equilibrio térmico se tiene:

$$P_J + P_S = P_C + P_R$$

Depejando, PJ, queda:

$$P_J = P_C + P_R - P_S$$

Sustituyendo el valor de PJ:

$$I^2 \times R'_\theta \times [1 + \alpha \times (\theta - 20)] = P_C + P_R - P_S$$

De donde:

$$I = \sqrt{\frac{P_C + P_R - P_S}{R'_\theta \times [1 + \alpha \times (\theta - 20)]}}$$

Para la obtención de los valores de la intensidad admisible por el conductor, indicados en el apartado 6.1.1, para los distintos emplazamientos, se han utilizado las expresiones anteriormente indicadas. Las diferentes variables que intervienen en dichas expresiones toman los valores indicados en la tabla siguiente.

Emplazamiento	Intensidad máxima admisible en verano I Máx (A)	Intensidad máxima admisible en invierno I Máx (A)
País Vasco y Cantabria	397,7	449,8
Comunidad Valenciana, Castilla y León, Navarra y Rioja	372,8	430
Castilla -La Mancha, Extremadura, Madrid y Murcia	360,7	440,1

Variable	Significado	Valor	
$\alpha$	Coefficiente de variación de la resistencia con la temperatura ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).	0,004032	
$\theta$	Temperatura máxima del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ).	85	
$\theta_{amb}$	Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ).	Verano	Invierno
		25 (Álava) 31 (Alicante) 34 (Toledo)	9 (Álava) 15 (Alicante) 11 (Toledo)
$R'_o \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$	Resistencia en corriente alterna, por unidad de longitud del conductor, a la temperatura, $\theta_{m\acute{a}x}$ , ( $\Omega/\text{km}$ ).	0,365	
$\alpha_s$	Coefficiente de absorción de la superficie del conductor.	0,5	
$\Psi$	Radiación solar en la zona donde está emplazado el conductor ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).	Verano	Verano
		311 (Álava) 496 (Alicante) 548 (Toledo)	311 (Álava) 496 (Alicante) 548 (Toledo)
Dext	Diámetro exterior del conductor (mm).	13,8	
Nu	Número de Nusselt.	Verano	Invierno
		9,30 (Álava) 9,24 (Alicante) 9,20 (Toledo)	9,49 (Álava) 9,42 (Alicante) 9,47 (Toledo)
$\sigma_B$	Constante de Stefan-Boltzman. $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}^4)$	$5,67 \cdot 10^{-8}$	
$\xi$	Coefficiente de emisividad del conductor.	0,5	