

Nº Rev.	Fecha	Revisiones
01	Noviembre 2007	Emisión
02	Noviembre 2012	2ª Edición
03	Mayo 2016	3ª Edición

Ámbito: Endesa Distribución Eléctrica – Red AT – Líneas AT

Emisión: Estandarización de Líneas AT	Verificación: Solution Development Center HV Network Components	Aprobación: Network Technology Iberia
		

INDICE

1	OBJETO	4
2	CAMPO DE APLICACION	4
3	LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE	4
4	ESPECIFICACIONES BASICAS	6
4.1	GENERAL	6
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS.....	6
4.2.1	<i>Apoyos.....</i>	6
4.2.2	<i>Cabeza del apoyo.....</i>	6
4.2.3	<i>Fuste del apoyo.....</i>	6
4.2.4	<i>Crucetas</i>	7
4.2.5	<i>Cúpula del cable de tierra.....</i>	7
4.2.6	<i>Uniones.....</i>	8
4.2.7	<i>Cimentaciones</i>	9
4.2.8	<i>Toma de tierra del apoyo.....</i>	9
4.2.9	<i>Materiales</i>	9
4.2.10	<i>Ensayos.....</i>	10
5	TIPOLOGIA DE APOYOS.....	10
5.1	Esfuerzos normalizados	10
5.2	Diagramas de utilización normalizados.....	13
5.3	Dimensiones normalizadas	17
5.3.1	<i>Altura útil del apoyo.....</i>	17
5.3.2	<i>Base del apoyo.....</i>	17
5.3.3	<i>Longitudes mínimas de crucetas.....</i>	17
5.3.4	<i>Distancias minimas entre conductores.....</i>	18
5.4	Apoyos de conversión aérea-subterránea	18
5.5	Apoyos de entronque.	18
6	DENOMINACIÓN	19
7	CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO Y CALCULO	21
7.1	General.....	21
7.2	Criterios geométricos	22
7.3	Criterios sobre solicitaciones mecánicas.	22
7.4	Criterios sobre desplazamiento máximo	23
7.5	Criterios sobre cimentacion de los apoyos.....	23
7.6	Criterios sobre métodos y programas de cálculo.....	24

7.6.1	Herramientas de cálculo.....	24
7.7	Documentación estructural.....	24
8	ENSAYOS DE LOS APOYOS.....	25
8.1	Ensayos de tipo.....	25
8.2	Ensayos de recepción	27
9	INFORMACION A PRESENTAR Y CONDICIONES DE SUMINISTRO	29
9.1	Información técnica a presentar.	29
9.2	Condiciones de suministro.	29
10	GARANTIA	30
11	PROPIEDAD INTELECTUAL.....	30
ANEXO A. DIAGRAMAS DE UTILIZACIÓN NORMALIZADOS DE APOYOS.....		31

1 OBJETO

Esta norma tiene por objeto definir las características que deben cumplir los apoyos de celosía para líneas eléctricas aéreas de tensión nominal superior a 30 kV, así como los ensayos que deben satisfacer.

2 CAMPO DE APLICACION

Esta norma es aplicable al suministro y recepción de apoyos construidos con perfiles metálicos abiertos, atornillados y soldados destinados a líneas eléctricas aéreas de alta tensión de Endesa Distribución, aunque pueden adaptarse a ella otro tipo de diseños.

Será también de aplicación en los apoyos destinados a formar parte de la red de Endesa Distribución, aunque pertenezcan a líneas realizadas por terceros.

3 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

Los componentes suministrados y los apoyos montados cumplirán estrictamente las especificaciones técnicas que señala el R.D. 223/2008 y en concreto su ITC-LAT-07, especialmente en relación a resistencias mecánicas y geometrías básicas y siempre con los coeficientes de seguridad correspondientes.

Los diseños deberán estar contrastados con códigos de cálculo avanzados avalados por la práctica y validados por Endesa Distribución Eléctrica y los soportes habrán sido testados en plataformas de ensayo reales y dispondrán de los correspondientes documentos extendidos por los centros de ensayos o empresas de certificación autorizadas, en los que se establezcan: el montaje utilizado, las condiciones del ensayo, los esfuerzos máximos y composición de los mismos y los resultados obtenidos.

Los apoyos deben haber sido diseñados y construidos según las recomendaciones de la norma EN-50341-1:2012 "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements - Common specifications".

Como alternativa se aceptarán apoyos que, en su totalidad, hayan sido diseñados, construidos y ensayados según el estándar ASCE 10-97 "Design of Latticed Steel Transmission Structures".

Así mismo, el proceso de fabricación (cortado, punzonado, soldadura, zincado, etc.) deberá estar avalado por certificado de control de calidad de acuerdo a la norma ISO 9001.

Los materiales utilizados en la fabricación de estructuras (perfiles, chapas, tornillería, etc.) deberán cumplir con el Reglamento Europeo de Productos de la Construcción nº 305/2011, estando disponibles certificados de calidad de origen, extendidos por entidades de certificación autorizadas.

También deberán ir acompañados de los certificados oportunos tanto los procesos de fabricación como los ensayos a los que hayan sido sometidos.

Las especificaciones básicas aplicables a elementos componentes deben cumplir con las siguientes normas y recomendaciones:

R.D. 223/2008	Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
R.P.C. 305/2011	Reglamento europeo de productos de la construcción.
ITC-LAT-07	Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
UNE-EN 1090	Ejecución de estructuras de acero y aluminio.
UNE-EN 1992	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón.
UNE-EN 1993	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.
UNE-EN 10025	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras
UNE-EN 10056	Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural
UNE-EN 10149	Productos planos laminados en caliente de acero de alto límite elástico para conformado en frío.
EN 50341	Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV
UNE-EN 60652	Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas.
UNE-EN 60865	Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos.
UNE-EN 61773	Líneas aéreas. Ensayos de cimentaciones de estructuras.
UNE-EN ISO 1461	Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE-EN ISO 17025	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
UNE-17115:2010	Elementos de fijación. Conjuntos de tornillo, tuerca y arandela para uso en apoyos metálicos para líneas eléctricas aéreas. Características dimensionales y mecánicas.
ASCE 10-97	Design of Latticed Steel Transmission Structures

4 ESPECIFICACIONES BASICAS

4.1 GENERAL

En caso de que esta especificación no aporte determinados datos o características deberá aplicarse la norma EN-50341-1:2012 y UNE-EN 1993-1-1:2013

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

4.2.1 Apoyos

Los apoyos de celosía están compuestos principalmente por perfiles angulares de lados iguales soldados o atornillados.

Dentro del apoyo, la cabeza es una estructura de sección rectangular y estándar en sus dimensiones a la que se unen los brazos del apoyo o **armado**, que sujetan los conductores a través de las cadenas de aisladores.

A la cabeza se une el **fuste**, que tiene forma tronco piramidal y longitud variable, de forma que se establezca la necesaria gama de alturas útiles de apoyo que permitan su adaptación a la topografía del trazado.

La cabeza termina con una estructura piramidal o bipiramidal en cuyo extremo superior se sujeta el cable de tierra.

El apoyo transmite los esfuerzos al terreno mediante una cimentación de hormigón o pernos metálicos.

4.2.2 Cabeza del apoyo

Será estándar para todas las alturas. Se trata de una pieza de forma prismática o piramidal con sección cuadrada y resistencia aproximadamente simétrica en sus dos ejes principales de inercia. Estará compuesta por cuatro montantes unidos por celosías de perfiles de lados iguales soldados o atornillados.

4.2.3 Fuste del apoyo

Será habitualmente una pieza de celosía tronco piramidal de sección cuadrada, formada por cuatro montantes, unidos en celosía, con angulares de lados iguales atornillados o soldados, con resistencia aproximadamente simétrica en sus dos ejes principales de inercia.

Según la altura puede estar formado por dos o más tramos, variando la composición de éstos.

En los montantes de apoyos cuya base sea superior a 3,5 m se instalarán soportes posapies para facilitar al acceso al apoyo durante el montaje y mantenimiento.

Los soportes posapies deben tener una distancia libre superior a 20 cm. y se instalarán cada 0.5 m aproximadamente desde una altura de 2 metros sobre la cimentación.

No se permite el uso de pernos de diámetro inferior a 16 mm. como soportes posapies.

4.2.4 Crucetas

Todas las crucetas deben permitir la utilización de cadenas de amarre o suspensión de forma sencilla. Para ello se diseñarán con tres taladros preparados para cadenas de amarre y un taladro adicional preparado para cadenas de suspensión.

El eje de los taladros preparados para cadenas de amarre será perpendicular al plano horizontal y los taladros se dispondrán formando un triángulo isósceles horizontal con la base paralela a la dirección de la línea.

El eje del taladro preparado para cadenas de suspensión será paralelo a la dirección de la línea.

El diámetro de estos taladros estará comprendido entre 21,5 y 22 mm. a no ser que se especifique expresamente otra dimensión.

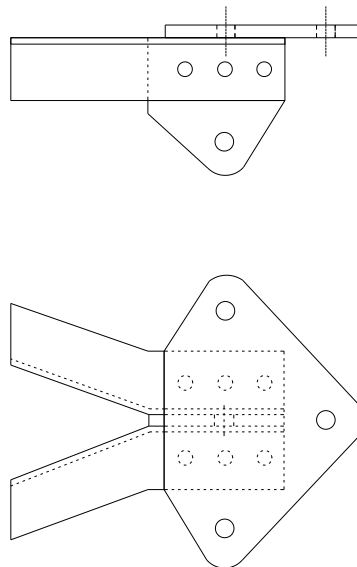


Figura 1: Esquema ejemplo punta cruceta

4.2.5 Cúpula del cable de tierra.

Al igual que las crucetas, la cúpula del cable de tierra debe permitir su utilización con función de amarre o suspensión de manera sencilla. En el caso de su uso como alineación, el cable de tierra deberá quedar situado a un lado del apoyo, a una distancia horizontal mínima de 20 cm del mismo.

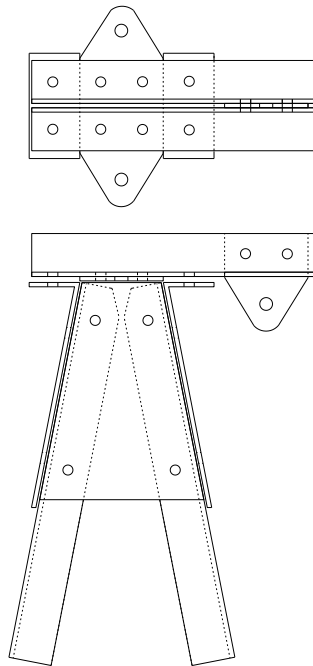


Figura 2: Esquema ejemplo punta cúpula de tierra.

Algunos apoyos podrán disponer de dos cúpulas. En este caso ambas cúpulas deben tener geometrías y resistencias similares.

4.2.6 Uniones

Las **uniones** entre los distintos tramos del apoyo se llevarán a cabo mediante tornillería y ,preferiblemente, con casquillo y cubrejuntas.

Los tornillos, tuercas y arandelas utilizados en los apoyos cumplirán la norma UNE-17115:2010 y serán de calidad 5.6 garantizada o superior.

El diámetro del agujero tendrá una holgura máxima de 1,5 mm. respecto al diámetro nominal del tornillo.

En espesores de perfiles o placas superiores a 10 mm. los agujeros deberán ser taladrados. Está permitido punzonar los agujeros a un diámetro inferior al nominal y posteriormente alcanzar el diámetro definitivo con taladro o escariador, pero no podrán ser punzonados directamente.

La resistencia de las uniones y su geometría seguirán las recomendaciones indicadas en la norma UNE-EN 1993-1-8:2013 “Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8: Uniones”. En concreto se respetarán las distancias mínimas y máximas entre agujeros y al borde en perfiles atornillados.

Como alternativa las uniones se podrán diseñar siguiendo la norma ASCE 10-97, en cuyo caso se utilizarán la resistencia y distancias mínimas entre taladros indicadas en esta norma.

En caso de no cumplir estas condiciones la resistencia de la unión deberá ser comprobada mediante ensayos o justificada mediante cálculos específicos.

En cualquier caso, se comprobará la resistencia de los tornillos al aplastamiento con los perfiles que unen usando un límite de agotamiento máximo de 2'4, expresado en función del límite de fluencia del material.

4.2.7 Cimentaciones

Las cimentaciones pueden ser monobloque o en dados separados para cada montante.

En casos especiales se podrán utilizar placas de anclaje para pernos, debiendo disponer los apoyos de las correspondientes uniones a placas de anclajes calculadas para soportar los esfuerzos y momentos correspondientes.

En cualquier caso las cimentaciones se calcularán para soportar los esfuerzos nominales de los apoyos, aunque podrán adaptarse a las características particulares de cada proyecto.

En la documentación relativa a cada apoyo se incluirán las cimentaciones necesarias para soportar los esfuerzos nominales en las condiciones indicadas en el apartado 7.5 y para terrenos con las siguientes características:

- Cimentaciones monobloque:

$$K = 6, 10, 12 \text{ y } 16 \text{ daN/cm}^3$$

- Cimentaciones independientes:

- Terreno flojo: Ángulo de arranque = 20° ; K = 2 daN/cm²
- Terreno medio: Ángulo de arranque = 30° ; K = 2.5 daN/cm²
- Terreno normal: Ángulo de arranque = 30° ; K = 3 daN/cm²

4.2.8 Toma de tierra del apoyo

Todos los apoyos dispondrán del correspondiente taladro para toma de tierra. Este taladro se dispondrá en todos los montantes y a una distancia mínima de 60 cm. del nivel de la cimentación.

Esta distancia deberá estar acotada en los planos de montaje del apoyo.

4.2.9 Materiales

Los materiales utilizados en la fabricación de los apoyos deben cumplir con los requisitos de los eurocódigos estructurales UNE-EN 1992-1-1:2013 "Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón." y UNE-EN 1993-1-1:2013 "Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero" y el reglamento europeo de productos de la construcción 305/2011. También deben adecuarse a las normas UNE-EN 10149:2014 "Productos planos laminados en caliente de acero de alto límite elástico para conformado en frío." y UNE-EN 1090:2011 "Ejecución de estructuras de acero y aluminio."

Los materiales para perfiles de acero deberán cumplir la norma UNE-EN 10025 "Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.", siendo el perfil mínimo

admitido el L40X40X4 en caso de apoyos atornillados y el L35X35X4 en caso de barras soldadas. El espesor mínimo de ala será 4 mm. en cualquier caso.

Los perfiles y el resto de componentes tales como presillas, montantes, casquillos y placas base, etc., deben haber sido fabricados de acuerdo a la norma UNE-EN 10056 "Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural." con acero S275 ó S355J2 de límite elástico $R = 275$ ó 355 N/mm², respectivamente.

En el caso de utilizar cartelas, éstas serán de un espesor igual o superior al espesor de los perfiles que unan, con un mínimo de 6 mm.

El recubrimiento superficial de todos los componentes del apoyo será el de galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461:2010 "Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo." con un espesor local del recubrimiento mínimo de 75 μ m.

En el caso de la tornillería, el espesor local del recubrimiento mínimo será de 45 μ m. con un espesor medio de 55 μ m.

Endesa se reserva el derecho de solicitar a los suministradores los certificados de productos, de fabricación y ensayo de todos los materiales empleados en la fabricación del apoyo.

4.2.10 Ensayos

Los ensayos, a los que el suministrador deberá hacer señalamiento expreso y documentado, habrán sido realizados de acuerdo a lo señalado en la norma UNE- EN 60652:2004 "Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas"

En caso de ser necesarios ensayos sobre las cimentaciones, se realizarán de acuerdo a la norma UNE-EN 61773:1998 "Líneas aéreas. Ensayos de cimentaciones de estructuras"

5 TIPOLOGIA DE APOYOS

5.1 Esfuerzos normalizados

Se define *esfuerzo nominal* como un conjunto de acciones mínimas que debe ser capaz de soportar el apoyo, para cada hipótesis de carga de las contempladas en la ITC-LAT-07.

Los *esfuerzos nominales* se consideran actuando en el punto de aplicación de las cargas y tienen en consideración todas las acciones que los conductores y cables de tierra originan sobre el apoyo.

Además de los esfuerzos nominales, el apoyo debe soportar simultáneamente el peso propio de la estructura en cada hipótesis reglamentaria y en el caso de la primera hipótesis deberá soportar además la acción del viento sobre el apoyo, considerando una velocidad máxima de viento de 120 km/h.

Se define un conjunto de esfuerzos nominales normalizados como los esfuerzos nominales mínimos que debe soportar cada tipo de apoyo normalizado manteniendo

un **coeficiente de seguridad de 1,5** para las hipótesis primera y segunda y **1,2** para las hipótesis tercera y cuarta.

Para las hipótesis primera, segunda y tercera los esfuerzos se consideran aplicados en todas las crucetas del apoyo simultáneamente. En caso de que el apoyo sea de doble circuito deberá soportar además estos esfuerzos aplicados tan solo en tres crucetas con disposición al tresbolillo.

En la cuarta hipótesis (rotura de conductor) los esfuerzos se consideran aplicados en una sola cruceta, debiendo soportarlos el apoyo en cualquiera de ellas individualmente, mientras que en el resto de crucetas tan solo se aplicará el esfuerzo vertical y el doble del esfuerzo transversal considerado. Los tipos de apoyo F, o cualquier otro siempre que su función en la línea sea de fin de línea, deberán soportar además estos esfuerzos aplicados simultáneamente en las dos crucetas extremas de un mismo lado del apoyo.

Los esfuerzos nominales normalizados que definen cada tipo de apoyo son los indicados a continuación.

Tipo Apoyo	Esfuerzo nominal mínimo soportado en crucetas (daN)											
	HIPOTESIS 1ª Viento (C.S. 1,5)			HIPOTESIS 2ª Hielo (C.S. 1,5)			HIPOTESIS 3ª Desequilibrio (C.S. 1,2)			HIPOTESIS 4ª Rotura (C.S. 1,2)		
	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.
L-0	250	-	264	250	-	264	250	330	-	250	1.025	-
L-1	500	-	531	500	-	531	500	664	-	500	1.375	-
L-2	1.212	-	620	1.212	-	620	1.212	775	-	1.212	1.620	-
L-3	1.715	-	1.490	1.715	-	1.490	1.715	1.863	-	1.715	1.915	-
M-0	600	-	820	600	-	820	600	1.025	-	600	2.050	-
M-1	1.120	-	1.100	1.120	-	1.100	1.120	1.375	-	1.120	2.750	-
M-2	1.290	-	1.300	1.290	-	1.300	1.290	1.625	-	1.290	3.240	-
M-3	1.855	-	1.600	1.855	-	1.600	1.855	2.000	-	1.855	3.975	-
M-4	3.735	-	1.810	3.735	-	1.810	3.735	2.263	-	3.735	4.515	-
G-1	1.100	-	2.485	1.100	-	2.485	1.100	1.328	1.779	1.100	2.654	711
G-2	1.290	-	2.930	1.290	-	2.930	1.290	1.565	2.097	1.290	3.127	838
G-3	1.365	-	3.460	1.365	-	3.460	1.365	1.848	2.477	1.365	3.696	990
G-5	2.850	-	4.080	2.850	-	4.080	2.850	2.180	2.920	2.850	4.361	1.169
F-1	857	2.698	382	857	2.750	-	857	4.000	-	857	3.300	-
F-2	1.002	3.826	589	1.271	3.728	-	1.272	5.000	-	1.271	4.100	-
F-3	1.895	3.877	1.013	1.895	4.515	-	1.895	6.400	-	1.895	4.600	-

Tabla 1: Esfuerzo nominal mínimo aplicado en crucetas.

Además de estos esfuerzos aplicados en las crucetas, en cada una de las hipótesis anteriores se deberá tener en cuenta el esfuerzo transmitido al apoyo por el cable de tierra.

Al igual que en el caso de los conductores, en las hipótesis primera, segunda y tercera estos esfuerzos se consideran aplicados de forma simultánea a los provocados por los conductores para cada tipo de apoyo.

En la cuarta hipótesis los esfuerzos se aplican en la cúpula de tierra mientras que en las crucetas tan solo se aplicará el esfuerzo vertical y el doble del esfuerzo transversal considerado para los conductores en el mismo tipo de apoyo.

Si el apoyo tiene dos cúpulas de tierra, en la segunda cúpula se aplicará el esfuerzo vertical y el doble del esfuerzo transversal aplicado en la primera. Considerando ambas cúpulas indistintamente.

Los esfuerzos nominales normalizados aplicados en las cúpulas de tierra para cada tipo de apoyo son los siguientes:

Tipo Apoyo	Esfuerzo nominal mínimo soportado en la cúpula del hilo de tierra (daN)											
	HIPOTESIS 1ª Viento (C.S. 1,5)			HIPOTESIS 2ª Hielo (C.S. 1,5)			HIPOTESIS 3ª Desequilibrio (C.S. 1,2)			HIPOTESIS 4ª Rotura (C.S. 1,2)		
	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.	Vert.	Long.	Transv.
L-0	220	-	252	220	-	252	220	1.000	-	220	2.000	-
L-1	437	-	365	437	-	365	437	1.067	-	437	2.135	-
L-2	500	-	412	1.090	-	412	1.090	1.374	-	1.090	2.747	-
L-3	1.615	-	1.099	1.615	-	1.099	1.615	1.374	-	1.615	2.747	-
M-0	530	-	600	530	-	600	530	1.000	-	530	2.000	-
M-1	701	-	748	1.020	-	1.099	1.020	1.374	-	1.020	2.747	-
M-2	1.190	-	1.099	1.190	-	1.099	1.190	1.374	-	1.190	2.747	-
M-3	1.755	-	1.099	1.755	-	1.099	1.755	1.374	-	1.755	2.747	-
M-4	2.110	-	1.099	2.110	-	1.099	2.110	1.374	-	2.110	2.747	-
G-1	1.000	-	1.995	1.000	-	1.995	1.000	1.066	1.428	1.000	2.132	571
G-2	1.190	-	2.483	1.190	-	2.483	1.190	1.327	1.777	1.190	2.653	711
G-3	1.265	-	2.483	1.265	-	2.483	1.265	1.327	1.777	1.265	2.653	711
G-5	2.110	-	2.483	2.110	-	2.483	2.110	1.327	1.777	2.110	2.653	711
F-1	757	2.386	380	757	2.747	-	757	3.400	-	757	3.900	-
F-2	902	2.386	530	1.171	2.747	-	1.172	3.400	-	1.171	3.900	-
F-3	1.795	2.386	928	1.795	3.100	-	1.795	3.900	-	1.795	3.900	-

Tabla 2: Esfuerzo nominal mínimo aplicado en la cúpula del hilo de tierra.

Las mismas combinaciones de esfuerzos nominales longitudinales y transversales serán soportados por el apoyo con los mismos coeficientes de seguridad mínimos anteriores cuando los esfuerzos verticales aplicados en las crucetas e hilo de tierra sean nulos.

El suministrador deberá certificar los esfuerzos nominales que el apoyo puede soportar así como el tipo de apoyo normalizado en el que se encuadra, siendo siempre los esfuerzos nominales del tipo de apoyo normalizado inferiores o iguales a los esfuerzos nominales soportados por el apoyo suministrado, sin perjuicio de la obligación legal de

que el apoyo suministrado cumple también todos los requisitos de acciones que pueda contemplar la normativa vigente en el momento del suministro.

5.2 Diagramas de utilización normalizados.

El comportamiento resistente de los apoyos cuando están sometidos a esfuerzos distintos a los nominales indicados en el apartado anterior se define mediante varios diagramas de utilización para cada tipo de apoyo.

Un diagrama de utilización nominal representa para una configuración de cargas definida, la combinación de esfuerzos longitudinales y transversales en la que el coeficiente de seguridad de un apoyo es igual o superior al indicado para la carga vertical especificada.

Para cada tipo de apoyo normalizado se define un conjunto de diagramas de utilización normalizados como los diagramas de utilización nominales mínimos que debe soportar un apoyo para encuadrarse en ese tipo.

Se definen los siguientes diagramas de utilización normalizados:

- Viento en la estructura.
Este diagrama se corresponde con la hipótesis primera establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008.

Las cargas soportadas por el apoyo son las siguientes:

- Peso propio sobre la estructura.
- Viento de 120 Km/h sobre la estructura.
- En cada cruceta una carga longitudinal (L), transversal (T) y vertical (V) que son iguales en todas las crucetas.
- En la cúpula o cúpulas de tierra una carga que será proporcional a la carga aplicada en las crucetas según los siguientes coeficientes:

$$\alpha = \frac{\text{Carga longitudinal cúpula de tierra}}{\text{Carga longitudinal cruceta}}$$

$$\beta = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (L) aplicada en cada cruceta y en el eje vertical del gráfico se representa la carga transversal (T) aplicada a cada cruceta.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,5 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo.

- Viento en la estructura y seguridad reforzada.
Este diagrama tiene las mismas características que el anterior pero se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,875 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo.
- Desequilibrio.

Este diagrama se corresponde con la hipótesis tercera establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008.

Las cargas soportadas por el apoyo son las siguientes:

- Peso propio sobre la estructura.
- En cada cruceta una carga longitudinal (L), transversal (T) y vertical (V) que son iguales en todas las crucetas.
- En la cúpula o cúpulas de tierra una carga que será proporcional a la carga aplicada en las crucetas según los siguientes coeficientes:

$$\alpha = \frac{\text{Carga longitudinal cúpula de tierra}}{\text{Carga longitudinal cruceta}}$$

$$\beta = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (L) aplicada en cada cruceta y en el eje vertical del gráfico se representa la carga transversal (T) aplicada a cada cruceta.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,2 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo.

- Rotura de un conductor.

Este diagrama se corresponde con la hipótesis cuarta establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008, para el caso de rotura de alguno de los conductores.

Las cargas soportadas por el apoyo son las siguientes:

- Peso propio sobre la estructura.
- En una de las crucetas (en la que se considera que hay un conductor roto) una carga longitudinal (Lcr), transversal (Tcr) y vertical (Vcr).
- En todas las demás crucetas una carga longitudinal nula (L=0 daN), una carga transversal (T) doble de la aplicada en la cruceta anterior (T=2×Tcr) y una carga vertical (V) igual a la aplicada en la cruceta anterior (V=Vcr).
- En la cúpula de tierra una carga que será proporcional a la carga aplicada en las crucetas (L,T y V) según los siguientes coeficientes:

$$\beta = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En este caso, puesto que L=0 daN la carga longitudinal aplicada a la cúpula de tierra será igualmente nula y no será necesario indicar el coeficiente α .

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (Lcr) aplicada en la cruceta con el conductor roto, y en el eje vertical la carga transversal (Tcr) aplicada en la misma cruceta.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,2 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo, y considerando que el cable roto se puede encontrar en cualquiera de las crucetas del apoyo.

- Rotura de un conductor en apoyos con función fin de línea.
Este diagrama se corresponde con la hipótesis cuarta establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008, para el caso de rotura de alguno de los conductores en apoyos cuya función en la línea es de fin de línea.
Por lo tanto solo es necesario que lo cumplan los apoyos tipo F o aquellos que tengan función de fin de línea
Las cargas soportadas por el apoyo son las siguientes:
 - Peso propio sobre la estructura.
 - En una de las crucetas (en la que se considera que hay un conductor roto) no se aplica ninguna carga.
 - En el resto de las crucetas una carga longitudinal (L), transversal (T) y vertical (V).
 - En la cúpula de tierra una carga que será proporcional a la carga aplicada en las crucetas (L,T y V) según los siguientes coeficientes:

$$\alpha = \frac{\text{Carga longitudinal cúpula de tierra}}{\text{Carga longitudinal cruceta}}$$

$$\beta = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (L) aplicada en todas las crucetas menos una, y en el eje vertical la carga transversal (T) aplicada en las mismas crucetas.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,2 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo, y considerando que el cable roto se puede encontrar en cualquiera de las crucetas del apoyo.

- Rotura de un cable de tierra.
Este diagrama se corresponde con la hipótesis cuarta establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008, para el caso de rotura de un cable de tierra.
Las cargas soportadas por el apoyo son las siguientes:
 - Peso propio sobre la estructura.
 - En la cúpula de tierra (en la que se considera que hay un cable roto) una carga longitudinal (Lct), transversal (Tct) y vertical (Vct).
 - Si hubiera varias cúpulas de tierra, en las demás se aplica una carga longitudinal nula, una carga transversal doble a la anterior (2xTct) y una carga vertical igual a la anterior (Vct).
 - En las crucetas una carga longitudinal nula (L=0 daN) y cargas transversales y verticales proporcionales a las aplicadas en la cúpula de tierra según los siguientes coeficientes:

$$\beta_r = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En este caso, puesto que $L=0$ daN, la carga longitudinal aplicada a las crucetas será igualmente nula y no será necesario indicar el coeficiente α .

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (L_{ct}) aplicada en la cúpula de tierra con el cable roto, y en el eje vertical la carga transversal (T_{ct}) aplicada en la misma cúpula.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,2 para cualquier carga vertical (V_{ct}) igual o inferior a la carga V_{ct} definida para cada tipo de apoyo. En caso de que el apoyo tenga más de una cúpula de tierra, se considera que cable roto se puede encontrar en cualquiera de ellas.

- Rotura de un cable de tierra en apoyos con función de fin de línea.
Este diagrama se corresponde con la hipótesis cuarta establecida en la ITC-LAT-07 del R.D. 223/2008, para el caso de rotura de un cable de tierra en apoyos con función de fin de línea y será necesario para apoyos tipo F o aquellos que tengan función de fin de línea. En él se representa la resistencia del apoyo cuando está sometido a las siguientes cargas:
 - Peso propio sobre la estructura.
 - En las crucetas una carga longitudinal (L), transversal (T) y vertical (V).
 - En la cúpula de tierra (en la que se considera que hay un cable roto) no se aplica ninguna carga.
 - Si hubiera varias cúpulas de tierra, en las demás se aplica una carga que será siempre proporcional a la carga aplicada en las crucetas según los siguientes coeficientes:

$$\alpha = \frac{\text{Carga longitudinal cúpula de tierra}}{\text{Carga longitudinal cruceta}}$$

$$\beta = \frac{\text{Carga transversal cúpula de tierra}}{\text{Carga transversal cruceta}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Carga vertical cúpula de tierra}}{\text{Carga vertical cruceta}}$$

En el eje horizontal del gráfico se representa la carga longitudinal (L) aplicada en todas las crucetas y en el eje vertical la carga transversal (T) aplicada en todas las crucetas.

Sobre el gráfico se representa la línea en la que el coeficiente de seguridad debe ser igual o superior a 1,2 para cualquier carga vertical (V) igual o inferior a la carga V definida para cada tipo de apoyo.

En caso de que el apoyo tenga más de una cúpula de tierra, se considera que cable roto se puede encontrar en cualquiera de ellas.

Los diagramas de utilización normalizados de cada tipo de apoyo se incluyen en el Anexo A.

5.3 Dimensiones normalizadas

5.3.1 Altura útil del apoyo

Se define la altura útil del apoyo, como la distancia desde el terreno hasta el punto de enganche de la cruceta más baja del apoyo.

Las alturas se logran por adición de tramos completos o bien por un tramo especial de anclaje.

Si varias alturas del mismo tipo de apoyo comparten tramos con el mismo esquema geométrico, estos tramos deberán ser idénticos, utilizando los mismos perfiles, cartelas y tornillos, de forma que sean intercambiables entre todas las alturas que los utilizan.

En la siguiente tabla se indican las alturas útiles normalizadas de los apoyos contemplados en esta norma.

Altura útil del apoyo (m)									
10	12	15	18	21	24	27	31	35	39

Cada tipo de apoyo debe de poder suministrarse para cada una de estas alturas normalizadas.

Excepcionalmente se podrán suministrar apoyos de alturas no incluidas en esta tabla si las condiciones de utilización del apoyo así lo requieren.

5.3.2 Base del apoyo

En función de la altura útil normalizada y del tipo de cimentación, la base del apoyo (incluida la cimentación) no podrá sobrepasar las siguientes dimensiones máximas.

Dimensión máxima de la base del apoyo (m)										
Altura útil	10	12	15	18	21	24	27	31	35	39
Monobloque	2,25	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,13	3,3	3,46
Cuatro macizos	3,75	4,14	4,71	5,29	5,86	6,44	7,01	7,78	8,55	9,31

5.3.3 Longitudes mínimas de crucetas.

Dependiendo de la tensión de la línea, la longitud mínima que deberá tener el apoyo desde la punta de cada una de las crucetas hasta el borde de la cabeza del apoyo es la siguiente.

Tensión (kV)	Longitud mínima (m)
45-66	1,50
110	1,93
132	2,30
220	3,45

Cada tipo de apoyo debe de poder suministrarse con cualquiera de estas longitudes mínimas de cruceta.

5.3.4 Distancias minimas entre conductores

Las distancia mínima entre conductores y entre estos y el cable o cables de tierra se elegirá para cada apoyo de entre las siguientes:

Distancia mínima entre conductores (m)						
2,5	3,0	4,0	5,0	5,5	7,0	7,5

Cada tipo de apoyo debe de poder suministrarse con cualquiera de estas distancias mínimas entre conductores.

5.4 Apoyos de conversión aérea-subterránea

En los apoyos en los que la línea pase de ser aérea a subterránea se modificarán las crucetas para poder instalar sobre ellas los terminales y pararrayos adecuados.

Estos elementos se situarán en cada fase por debajo del punto de amarre del conductor, instalando crucetas auxiliares en caso necesario.

Además se añadirán sobre una cara del apoyo elementos para el soporte, guiado y protección del cable subterráneo desde la base hasta los terminales, que cumplirán las especificaciones indicadas en el estándar NDZ001.

5.5 Apoyos de entronque.

Un apoyo de entronque es aquel en el que una línea doble circuito se separa en dos líneas simple circuito o aquel del que parte una derivación en una línea de dos o más circuitos.

Para entronques en líneas de simple circuito se utilizarán apoyos normalizados de doble circuito con la resistencia adecuada.

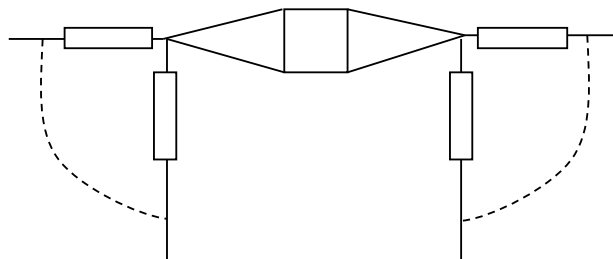


Figura 3: Esquema entronque de una derivación en un simple circuito.

Para apoyos de entronque en líneas de doble circuito se usarán igualmente apoyos normalizados pero será necesario añadir tres crucetas adicionales para el circuito pasante. Estas crucetas estarán a la misma altura de las normales cuando el circuito que se deriva sea el del lado de la derivación y tendrán una longitud suficiente para

cumplir la distancia entre conductores necesaria en el circuito pasante respecto al eje del apoyo.

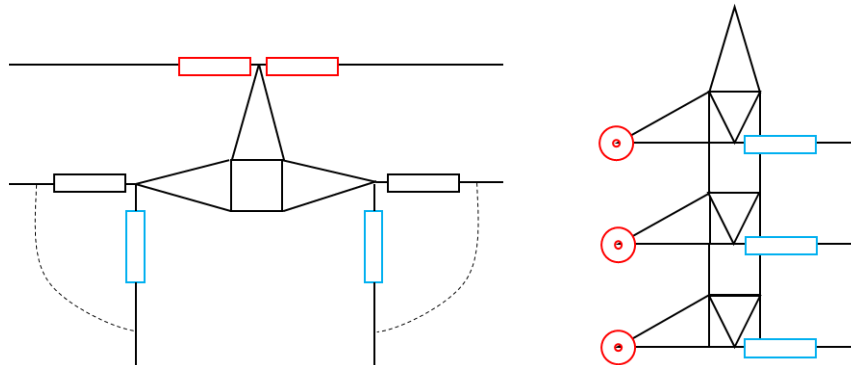


Figura 4: Esquema entronque doble circuito en el lado de la derivación.

Si el circuito que se quiere derivar no está en el lado de la derivación se instalarán las crucetas adicionales a una altura distinta a las normales para permitir el paso de un circuito sobre los demás. La distancia entre conductores que deben mantener estas crucetas entre sí estará definida por la distancia entre conductores necesaria del circuito pasante.

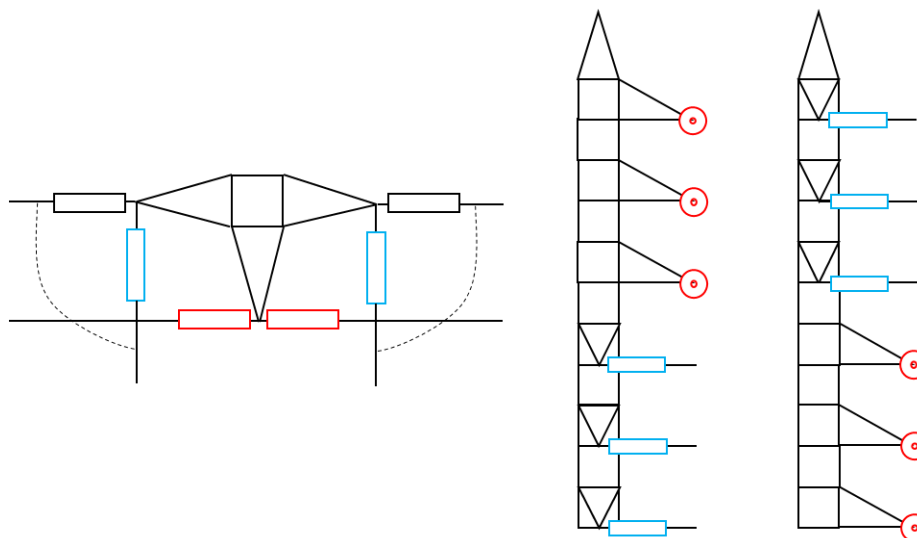


Figura 5: Esquema entronque doble circuito lado contrario a la derivación (dos opciones).

Se tendrá en cuenta que los apoyos de entronque deben soportar las solicitaciones particulares de la línea en la que se instalan con función de fin de línea en el sentido de la derivación.

6 DENOMINACIÓN

La denominación de los apoyos los identificará respecto a los esfuerzos mínimos que soporta y las dimensiones características del mismo y constará de:

- Una letra que indicará si los circuitos que sostiene el apoyo:
 - S: Indica simple circuito
 - A: Indica doble circuito
 - C: Indica cuádruple circuito

- Una letra seguida de un número y separados por un guión que indicarán la resistencia nominal del apoyo según las tablas 1 y 2 del apartado 5.1 y los diagramas del Anexo A y que pueden ser los siguientes:

Tipos de apoyos según su resistencia			
L-0	M-0	G-1	F-1
L-1	M-1	G-2	F-2
L-2	M-2	G-3	F-3
L-3	M-3	G-5	
	M-4		

- Un número de dos o tres cifras seguido de “ kV ” para indicar la longitud mínima de las crucetas y que normalmente se corresponderá con la tensión nominal de la línea según el punto 5.2.3.:
 - 66 kV: Indica una distancia mínima de crucetas de 1,50 m.
 - 110 kV: Indica una distancia mínima de crucetas de 1,93 m.
 - 132 kV: Indica una distancia mínima de crucetas de 2,30 m.
 - 220 kV: Indica una distancia mínima de crucetas de 3,45 m.

- Un número de dos cifras seguido de un guion que indica la distancia de separación entre conductores en decímetros:
 - 25-: Indica 2,5 m. de separación entre conductores
 - 30-: Indica 3 m. de separación entre conductores
 - ...
 - 75-: Indica 7,5 m. de separación entre conductores

- Un número de dos cifras seguido de la letra m para indicar la altura útil del apoyo según el apartado 5.2.1:
 - 10m: Indica 10 m. de altura útil.
 - 12m: Indica 12 m. de altura útil.
 - ...
 - 39m: Indica 39 m. de altura útil.

Ejemplos de denominación:

AM-1 66 kV 30-15m: Indica un apoyo para doble circuito tipo M-1 con crucetas de al menos 1,5 m. de longitud, 3 m. de distancia entre conductores y una altura útil de 15 m.

SG-3 132 kV 40-21m: Indica un apoyo para simple circuito tipo G-3 con crucetas de al menos 2,3 m. de longitud, 4 m. de distancia entre conductores y una altura útil de 21 m.

La denominación del apoyo normalizado, una identificación del fabricante y el año de fabricación deberán estar grabados en la parte inferior de los montantes, aproximadamente a 2 m. de la cimentación y de forma visible.

Cuando sea necesario se añadirán al final de la denominación las siglas siguientes:

- “MON”: para indicar que el apoyo es necesariamente de tipo monolítico.
- “CON”: para indicar que el apoyo es de conversión aérea-subterránea.
- “ENT”: para indicar que el apoyo es de entronque.

Si el circuito que se deriva está en el lado contrario a la derivación se añadirá un guión seguido de una letra indicando si el circuito pasante está a un nivel superior (“-S”) o inferior (“-I”) a los circuitos derivados.

Además si la distancia entre conductores de las fases pasantes es diferente a la de las fases derivadas se indicara con dos cifras al igual que en la denominación normal del apoyo.

Por ejemplo, la denominación del apoyo representado en la figura 3 podría ser:

AM-1 66 kV 30-15m **ENT**: que indica que es un apoyo de entronque con 3 crucetas adicionales al mismo nivel que las normales.

La denominación de los apoyos representados en la figura 4 podría ser:

AM-1 66 kV 30-15m **ENT -S**: que indica que es un apoyo de entronque con 3 crucetas adicionales a un nivel superior a las normales

AM-1 66 kV 30-15m **ENT -I**: que indica que es un apoyo de entronque con 3 crucetas adicionales a un nivel inferior a las normales.

- “2CT”: para indicar que el apoyo dispone de dos cúpulas para el cable de tierra.
- “CAP”: para indicar una disposición de los conductores en capa.
- “DAN”: para indicar una disposición de los conductores de tipo Danubio
- “ESP”: para indicar que el apoyo presenta alguna característica especial, no especificada en esta norma.

7 CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO Y CALCULO

7.1 General

En el diseño de las líneas eléctricas de alta tensión siempre se tendrá en cuenta la seguridad de la instalación, en sentido amplio.

Para ello, los materiales, las normas de diseño, montaje, instalación y mantenimiento deben estar probados por la práctica.

La norma básica de obligado cumplimiento es el RD 223/2008 y especialmente su instrucción técnica complementaria ITC-LAT-07 que señala los coeficientes de seguridad mínimos a utilizar y las hipótesis de cálculo a las que deben someterse los componentes, aunque se podrán establecer requisitos adicionales en esta norma.

En concreto, a continuación se desarrollan los criterios particulares que es necesario tener en consideración en relación a la geometría, a los esfuerzos a considerar, a los métodos de cálculo y a las calidades de los materiales.

7.2 Criterios geométricos

La geometría de apoyos responderá a los siguientes criterios geométricos generales:

- a. Los apoyos se diseñarán para uno, dos o cuatro circuitos.
- b. La disposición de los circuitos será al tresbolillo en los apoyos de simple circuito y en doble bandera o hexágono en los demás. Se usará disposición en capa cuando sea necesario por condicionamientos de altura.
- c. Preferentemente, la situación del hilo de tierra en el apoyo será tal que todos los conductores se encuentren bajo él con un ángulo de desviación máximo de 35°. En los apoyos de cuatro circuitos se instalarán dos cables de tierra.
- d. Los apoyos tendrán un diseño de bajo impacto, buscando un mínimo de ocupación del terreno en la cimentación.
- e. La estética del apoyo obedecerá a los criterios de sencillez, esbeltez, robustez, formas rebajadas y acordadas y transparencia de la silueta.

7.3 Criterios sobre sollicitaciones mecánicas.

Las cargas que las líneas soportan primeramente sobre los conductores y que transmiten a los apoyos y estos al terreno se calcularán teniendo en cuenta la reglamentación vigente y son de los siguientes tipos:

- a. Cargas permanentes o de peso propio de los elementos suspendidos: conductores, cables de tierra, aisladores y diferentes herrajes. Son cargas verticales y sus puntos de aplicación se sitúan en los amarres, encastres, etc.
- b. Presiones debidas al viento sobre todo tipo de superficies que producen cargas horizontales y perpendiculares a ellas. Para los apoyos referenciados en esta norma se considerarán vientos de 120 km/h.
- c. Sobrecargas producidas por el hielo formando manguitos en los conductores y cables de tierra, y que producen cargas verticales de valores diferentes, según se sitúe la línea en altura sobre el nivel del mar, en tres zonas: A para líneas con alturas menores a 500 m; B en alturas entre 500 m y 1000m y C para las situadas por encima de 1000m.
- d. Desequilibrio de tracciones que introducen esfuerzos diferenciales a ambos lados del apoyo y con valores distintos según sea la función del apoyo (alineación, ángulo, amarre o fin de línea).
- e. Esfuerzos provocados por rotura de conductores en todos los puntos de engrape de conductor o cable de tierra con diferentes valores según la función del apoyo.

Las cargas que los apoyos soportan directamente son las cargas debidas al peso de la propia estructura y las provocadas por la presión que ejerce el viento sobre la misma.

Estas cargas son distribuidas pero en general se pueden considerar como cargas puntuales aplicadas en los nudos de la estructura sin introducir errores significativos.

La carga total de viento sobre la estructura será, como mínimo, la mayor de las siguientes:

- La presión de viento multiplicada por el área del apoyo expuesta al viento. Considerando:
 - Presión de viento = $170 \cdot (\text{Velocidad del viento en Km/h} / 120)^2 \text{ daN/m}^2$
 - Área del apoyo expuesta al viento = área que resulta de proyectar sobre un plano perpendicular a la dirección del viento todos y cada uno de los elementos del apoyo, incluyendo crucetas, cartelas o placas e independientemente de la cara del apoyo en la que se encuentren.
- La indicada en la ITC-LAT-07 del RD 223/2008.

La carga correspondiente a cada elemento se puede considerar aplicada en los nudos extremos del mismo. Para establecer cuál es la carga que corresponde a cada elemento se utilizará el Método 2 indicado en el punto 4.4.3.3 de la norma EN-50341-1:2012, pudiendo considerar un valor constante para la presión de viento y los coeficientes estructurales y de arrastre, de forma que la suma de las cargas obtenidas en todos los elementos coincida con la carga total sobre el apoyo indicada en el párrafo anterior.

Se puede usar otro método para calcular la carga de viento en cada elemento siempre que los esfuerzos provocados en el apoyo no sean inferiores a los obtenidos según lo indicado.

7.4 Criterios sobre desplazamiento máximo

En cualquier condición de utilización, el desplazamiento máximo en cualquier punto del modelo de cálculo del apoyo no podrá sobrepasar los siguientes valores:

- 1/30 veces la altura máxima del apoyo sobre el terreno para apoyos tipo L.
- 1/50 veces la altura máxima del apoyo sobre el terreno para el resto de apoyos.

7.5 Criterios sobre cimentación de los apoyos

Normalmente se utilizan dos tipos de cimentaciones:

- Tipo monobloque, esto es: un único bloque de hormigón donde se empotra el apoyo.
- Cimentaciones independientes con un bloque de hormigón para cada anclaje.

Se dimensionarán de acuerdo a las características del terreno y a las cargas verticales y horizontales transmitidas por el apoyo de acuerdo a las cargas permanentes y sobrecargas combinadas según las hipótesis de carga, la zona y la función del apoyo.

- Las cimentaciones de tipo monobloque se dimensionarán según el método de Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno. El coeficiente de seguridad al vuelco (momento estabilizador/momento de vuelco) será 1,2.

- Las cimentaciones independientes o de cuatro patas, se dimensionarán confiando solamente a las reacciones verticales la estabilidad de la misma. Se utilizará para ello el método del “cono de tierras” y recomendaciones diversas sobre los adecuados ángulos de arranque y presión sobre el terreno, de acuerdo a las características de éste, adoptando un coeficiente de seguridad (esfuerzo resistente/esfuerzo de arranque) de 1,5 o 1,2 en función de la hipótesis considerada.
En este tipo de cimentaciones se admitirá que las patas vayan ancladas mediante placas de anclaje y pernos embebidos en el hormigón o bien que las patas entren en el hormigón la profundidad necesaria para asegurar la estabilidad, si bien se dará preferencia a este último caso.
Se comprobará además que todas las cargas de compresión de cada hipótesis divididas por la superficie de la solera de la cimentación, no sobrepasan la carga admisible del terreno.

7.6 Criterios sobre métodos y programas de cálculo

De forma general, el cálculo mecánico de los apoyos podrá realizarse mediante procedimientos estáticos y lineales, salvo en aquellos casos en que se indique expresamente lo contrario.

Situaciones en que sea necesario utilizar procedimientos que se salgan de lo indicado en el párrafo anterior pueden ser:

- Análisis de la respuesta de la línea ante la presencia de sismos.
- Presencia de fenómenos meteorológicos extremos:
 - Huracanes
 - Vientos racheados de componente no horizontal.

Las excentricidades de los extremos de las barras, respecto de la posición del nudo teórico deberán considerarse en el cálculo cuando superan el uno por ciento (1%) de la longitud teórica de la barra.

La longitud de cada elemento en el modelo de cálculo no será inferior a la longitud existente entre los nudos teóricos del mismo.

7.6.1 Herramientas de cálculo

El suministrador de los apoyos deberá calificar el funcionamiento mecánico de éstos, comprobando que verifica las acciones indicadas en esta norma y todas aquellas que se especifiquen en la normativa vigente en el momento del suministro, con los coeficientes de seguridad que en ellas se obliguen.

Para realizar esta calificación las estructuras deberán haber sido calculadas con programas de cálculo de solvencia manifiesta que deberán haber sido aprobados previamente por Endesa Distribución Eléctrica.

7.7 Documentación estructural

El fabricante deberá suministrar, por cada tipo de apoyo y en formato electrónico, la siguiente documentación:

- Identificación del fabricante.
- Identificación del programa empleado para el cálculo.
- Denominación del apoyo en referencia a esta norma.
- Denominación del apoyo propia del fabricante.
- Tipo de acero usado en el apoyo.
- Carga de viento sobre el apoyo y puntos de aplicación de la misma.
- Esfuerzos nominales máximos soportados.
- Coeficientes de seguridad en cada hipótesis de cálculo.
- Diagramas de utilización nominales del apoyo para las distintas hipótesis de cálculo.
- Reacciones máximas soportadas por el terreno en cada hipótesis de cálculo.
- Geometría de la cimentación necesaria para cada tipo de terreno considerado en el punto 4.2.7.

8 ENSAYOS DE LOS APOYOS

Los apoyos y estructuras de líneas eléctricas aéreas se dimensionan, desde el punto de vista mecánico, para responder a un conjunto de solicitaciones denominadas hipótesis de cálculo y relacionadas directamente con la carga nominal que caracteriza al apoyo. Sin embargo, los materiales empleados (perfilería, tornillería, etc.), los procesos de fabricación (corte, punzonado, galvanizados, etc.) y el montaje (pares de apriete, tensiones residuales, etc.), van introduciendo variables adicionales que es necesario inspeccionar o verificar al final de toda la cadena hasta llegar a la materialidad del apoyo.

Por ello, se hace necesario llevar a cabo ensayos mecánicos sobre el apoyo a tamaño real, sometiendo el mismo a un sistema de cargas, con los márgenes de seguridad establecidos, frente a las cuales debe responder con éxito de forma que se verifique la correcta ejecución de toda la cadena desde el diseño hasta su implantación.

Se distinguirán dos tipos de ensayos:

- a. De calificación o de tipo que tienen por objetivo la inclusión del fabricante y modelo en la lista de suministradores de Endesa Distribución Eléctrica. Estos ensayos seguirán la recomendación de la norma UNE-EN 60652:2004 "Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas", y deben realizarse siempre sobre el conjunto a tamaño real.
- b. De recepción que está ligado al suministro de equipos o componentes.

Endesa Distribución Eléctrica, en todo caso, se reserva el derecho a que el suministrador de los apoyos, en fase de calificación o de suministro como adjudicatario de un concurso, lleve a cabo la repetición de los ensayos que considere oportunos para contrastar capacidades y respuestas de los apoyos o incluso a los que le llevaron a la obtención de la marca de calidad que ostente.

8.1 Ensayos de tipo

Los denominados ensayos de diseño o de tipo, tienen por objeto verificar el cumplimiento del diseño de un apoyo con las especificaciones o desarrollar o validar

una nueva metodología o proceso de fabricación y se realizan normalmente sobre un prototipo, y siempre a tamaño real.

Los materiales utilizados en la fabricación de prototipos deben ser idénticos a los materiales utilizados en la producción de los apoyos y conformes a especificaciones industriales adecuadas.

El apoyo ensayado se someterá a los esfuerzos nominales de cada una de las hipótesis del reglamento mayorados según su coeficiente de seguridad correspondiente.

El ensayo se considera superado cuando el apoyo resista el 100 % de la carga de ensayo especificada durante un tiempo no inferior a un minuto sin que aparezcan deformaciones locales permanentes tales como arqueamientos o alabeos de barras secundarias.

Los ensayos a los que se sometan los apoyos, se realizarán en una estación de ensayo, acreditada a su vez por una organización externa cualificada que asegure la calidad del centro según los procedimientos definidos en la UNE-EN 17025. Además se deberá definir la organización responsable del control del apoyo previo al ensayo.

Se tomarán medidas del desplazamiento del apoyo y, siempre que sea posible, el ensayo será registrado en video en su totalidad de forma que las imágenes estén sincronizadas con las medidas.

Como resultado del ensayo, se elaborará un informe detallado que estará en todo momento a disposición de Endesa Distribución Eléctrica, y que incluirá, entre otros:

- a. Identificación del diseñador, fabricante, estación de ensayos, personas presentes;
- b. Características de los componentes (especificaciones y ensayos) y materiales utilizados;
- c. Relación de planos de construcción (dimensionales, calidades y tolerancias) y montaje;
- d. Proceso de montaje del apoyo y su ejecución;
- e. Esquema de aplicación de cargas propuesto por el fabricante;
- f. Qué cargas y cómo se aplicaron (esfuerzos, puntos de aplicación, direcciones y ángulos, escalones de carga y descarga y tiempos de permanencia en ellos, tolerancias, etc.) y específicamente la combinación de ellas;
- g. Cuáles fueron las medidas realizadas de desplazamientos, deformaciones elásticas y plásticas, en su caso, con registro de aquellas más importantes
- h. En caso de fallo (colapso) de la estructura, máximas cargas aplicadas con descripción de la dinámica del fallo, y registro visual del mismo.
- i. El informe deberá concluir con la aceptación o no del apoyo: en el primer caso, deberá considerarse satisfactorio si el apoyo ha resistido las cargas nominales al 100%, durante 1 minuto, sin que aparezcan deformaciones locales permanentes tales como arqueamientos o alabeos de barras secundarias; en el segundo, quedará constatado el valor a partir del cual no es admisible el apoyo.
- j. El informe permanecerá en poder del suministrador y en la estación de ensayo, al menos durante 10 años.

Para poder homologar el diseño de un apoyo, adicionalmente a los ensayos de tipo, es necesario que la fábrica en la que se produce este apoyo haya sido calificada por Endesa Distribución.

Endesa Distribución Eléctrica se reserva el derecho a no realizar los ensayos descritos anteriormente, de acuerdo con el suministrador, siempre y cuando disponga de los coeficientes de repercusión de todas las barras en función del peso propio, viento sobre la estructura y cargas unitarias aplicadas en las tres dimensiones en todos los puntos de enganche del conductor y cable de tierra o toda la información necesaria para poder obtener estos coeficientes mediante programas de cálculo de uso habitual. Esta información incluye, entre otros, los siguientes datos:

- Descripción completa de la geometría del apoyo y cimentación.
- Geometría de las líneas de ejes de las barras o “modelo alámbrico”, o esquema.
- Descripción completa de cada uno de los perfiles empleados, incluyendo:
 - Catálogo y sección
 - Tipo de acero
 - Longitud
- Descripción completa de todas las uniones incluyendo el número, diámetro y situación de los tornillos y taladros utilizados así como características de las cartelas, forros o soldaduras empleados.

Además, en estos casos se montará un primer apoyo o prototipo con todas sus piezas que se inspeccionará visualmente en busca de posibles defectos, comprobando que todas las piezas ensamblan perfectamente sin necesidad de usar escariador y se emitirá un informe fotográfico del montaje del prototipo.

8.2 Ensayos de recepción

Estos ensayos se realizarán durante la producción de un lote de apoyos como control de calidad de la fabricación o de los materiales utilizados. El material se podrá seleccionar aleatoriamente de entre los apoyos pertenecientes al pedido que se está recepcionando.

Los ensayos de recepción serán variables, a juicio de Endesa Distribución Eléctrica, para lo cual se tendrán en cuenta los aspectos siguientes:

- a. El sistema de calidad que el fabricante tenga instaurado en el proceso de fabricación, especialmente del sistema de recepción y ensayo de materiales, será elemento a considerar en la extensión e intensidad de los ensayos.
- b. Los ensayos de muestra podrán abarcar componentes, subsistemas o apoyos completos, de forma que se verifique el acuerdo a las especificaciones. Están pensados para llevarse a cabo después de fabricar un lote, para servir de control de calidad y se procederá a muestrear del lote, de acuerdo a las normas contrastadas por la práctica en este tipo de procesos.

En general consistirán en una inspección sobre el total del pedido o lote de envío, totalmente terminado y empaquetado y dispuesto para su envío.

Durante la inspección el material correspondiente al pedido o lote se encontrará almacenado por tipo de apoyo y número en una zona de fácil acceso específica para la inspección. Se comprobará visualmente que todo este material se ha embalado y

protegido convenientemente para evitar daños y pérdidas durante el transporte, haciendo un recuento de todos los paquetes.

Se elegirá un grupo de apoyos de inspección formado por el 5 % del total del pedido redondeando hacia arriba, procurando que los apoyos elegidos para la inspección sean diferentes entre sí. Si en el pedido hubiera algún apoyo con alguna particularidad, como por ejemplo de conversión aérea-subterráneo, entronque, con crucetas especiales, etc...se incluirá preferentemente en el grupo de inspección.

Dentro del grupo de apoyos de inspección se verificará que el contenido de todos los paquetes de barras y cartelas que los forman se ajusta a la lista de empaquetado de los mismos, al igual que el contenido de, al menos, un 10 % de los bidones de tornillería.

Esta comprobación se podrá realizar, a juicio del inspector, verificando que el peso total del paquete coincide exactamente con el teórico indicado en la documentación de referencia del apoyo.

Si dos o más paquetes o bidones resultasen defectuosos se rechazará la recepción.

Si uno de los paquetes o bidones resultase defectuoso, se inspeccionará un nuevo número de apoyos doble al anterior, aceptando la recepción si todos los paquetes de la segunda inspección son correctos.

Se realizará un control dimensional del 5% de las barras y del 5% de las cartelas del grupo de apoyos de inspección, procurando que las piezas sean distintas entre sí.

Igualmente se comprobará dimensionalmente el 5% de los tornillos incluidos en los bidones seleccionados para la verificación del contenido.

En estas piezas se revisarán, cuando proceda, agujeros, cortes y demás características morfológicas, comprobando que están libres de cualquier defecto.

Las tolerancias de estas medidas de las piezas son las siguientes:

- | | |
|--|----------|
| • Sobre la dimensión total de la pieza: | 1 mm/m |
| • Sobre centros de taladros de grupos diferentes: | 1 mm/m |
| • Sobre centros de taladros del mismo grupo: | 0.7 mm |
| • Sobre gramiles: | 0.7 mm |
| • Sobre desplazamiento de una cara respecto a la otra: | 0.7 mm |
| • Sobre diámetro de taladros: | -0; +3mm |
| • Sobre enderezado de barras principales: | 2/1000 |
| • Enderezado de celosías y barras secundarias: | 1/1000 |

Todas las medidas estarán dentro de las tolerancias especificadas. Si uno de los valores estuviera fuera, se inspeccionará un nuevo número de piezas doble al anterior, aceptando la recepción si todas las dimensiones de la segunda inspección están dentro de las tolerancias.

Sobre las piezas inspeccionadas se comprobará que la calidad y el espesor de galvanizado es el correcto usando el método magnético.

Se realizarán ensayos de tracción sobre 2 tornillos y de tracción y resiliencia sobre probetas tipo halterio de 2 cartelas y 2 perfiles. Estos ensayos se podrán sustituir por

los realizados sobre las materias primas cuando exista trazabilidad de las mismas, aunque, si el inspector así lo indica, se deberán repetir en su presencia para comprobar que los resultados obtenidos están de acuerdo con los certificados de origen del acero .

También se inspeccionarán visualmente las soldaduras, pudiendo solicitar el decapado y la inspección mediante líquidos penetrantes de las piezas que se considere oportunas.

Se comprobará que la denominación del apoyo normalizado y el año de fabricación están grabados en la parte inferior de los montantes de forma visible, y que esta marca aparece en los planos del apoyo.

Los ensayos recogidos en el sistema de calidad del fabricante que se hayan realizado durante el proceso de fabricación por un departamento de calidad independiente y que sean similares o más restrictivos a los solicitados en este apartado podrán utilizarse en sustitución de los mismos, previa autorización del inspector. Para ello será necesario que el resultado de los ensayos permanezca documentado en el sistema de calidad del fabricante.

9 INFORMACION A PRESENTAR Y CONDICIONES DE SUMINISTRO

En relación a la entrega de los apoyos, el suministrador deberá presentar, por un lado, la documentación técnica que se solicita a continuación y, por otro, a la hora de suministrar los materiales tendrá en cuenta una serie de especificaciones que se recogen en los puntos siguientes.

9.1 Información técnica a presentar.

El suministrador de los apoyos deberá presentar a petición de Endesa la siguiente documentación:

- a. Los diagramas LNS del apoyo o diagramas de utilización nominales que permitan conocer las condiciones de utilización del apoyo.
- b. Los protocolos de los ensayos realizados según la norma UNE-EN 60652.
- c. Esquema alámbrico del apoyo con indicación de los perfiles y tornillos utilizados en el que se acotarán las distancias principales (altura útil, distancia entre conductores, distancia del punto de enganche del conductor al fuste del apoyo,...).
- d. Planos de montaje en los que se detallen con precisión la identificación de barras y marca de todos los componentes de los apoyos.
- e. Listas de empaquetado con indicación de la composición de los paquetes.
- f. Planos de anclajes para la cimentación.

9.2 Condiciones de suministro.

El suministro material de los distintos elementos debe de tener en cuenta una serie de consideraciones que se señalan a continuación y tienen por objetivo eliminar cualquier tipo de error en la identificación y a la postre facilitar el montaje.

Así, por un lado, la identificación de elementos y modos de montaje deben ser inequívocas de forma que pueda verificarse en todo momento, antes y después de su montaje por los certificadores de Endesa Distribución Eléctrica. En especial, deberá tenerse en cuenta las siguientes especificaciones:

- a. La identificación de los apoyos, especialmente en los montantes y al menos en uno de ellos de forma troquelada, estará compuesta por: el anagrama del suministrador, la denominación del apoyo según la presente norma y el año de fabricación.
- b. Todos los elementos sueltos deben ir marcados de forma indeleble e identificados para el montaje, con número, apoyo al que va destinado e identificado de la forma anterior.
- c. Los tornillos llevarán grabada la marca del fabricante y la calidad.

En relación con la forma del envío y su preparación para el montaje deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Los componentes de un apoyo deberán ir empaquetados con flejes y formando un mínimo de paquetes, manejables en el transporte y traslado al emplazamiento.
- b. Estos paquetes irán identificados con una etiqueta para abrazarla por el fleje e identificada con los elementos siguientes:
 - Identificación específica de Endesa Distribución Eléctrica en referencia a la línea y código de plan.
 - Identificación del apoyo en la línea (número de apoyo).
 - Fabricante.
 - Tipo de apoyo, tensión nominal, altura y distancia entre conductores.
 - Dirección de destino.
 - Denominación del paquete (cruceta superior, tramo 1º, etc.)
 - Número del paquete y total de ellos.
- c. Cada paquete irá acompañado de su lista de materiales.
- d. Con cada apoyo se suministrará su plano de montaje particular.
- e. Los elementos sueltos tales como tornillos, tuercas, arandelas, casquillos, pletinas etc., deberán suministrarse en cajas adecuadas, con la identificación anteriormente señalada.
- f. La tornillería se suministrará agrupada por medida identificando cada uno de los grupos distintos según la norma UNE-17115:2010

10 GARANTIA

El suministrador se comprometerá a una garantía sobre los apoyos suministrados por un periodo mínimo de 10 años, a establecer inmediatamente desde la recepción, obligándose a reponer los materiales afectados y trabajos asociados en caso de que en dicho periodo pudieran resultar defectuosos.

El suministrador garantizará la existencia de repuestos durante un mínimo de 10 años después del suministro.

11 PROPIEDAD INTELECTUAL

El contenido de este documento es una obra de propiedad intelectual cuya explotación y divulgación corresponde, de forma exclusiva, a Endesa Distribución.

ANEXO A. DIAGRAMAS DE UTILIZACIÓN NORMALIZADOS DE APOYOS.

Los diagramas de utilización normalizados que definen la resistencia de cada tipo de apoyo se representan en los siguientes gráficos incluidos a continuación:

Gráfico 1. Viento en la estructura para apoyos tipo L y M.

Gráfico 1. Viento en la estructura para apoyos tipo G y F.

Gráfico 1 bis. Viento en la estructura con seguridad reforzada para apoyos tipo L y M.

Gráfico 1 bis. Viento en la estructura con seguridad reforzada para apoyos tipo G y F.

Gráfico 2. Desequilibrio para apoyos tipo L y M.

Gráfico 2. Desequilibrio para apoyos tipo G y F.

Gráfico 3. Rotura de conductor para apoyos tipo L y M.

Gráfico 3. Rotura de conductor para apoyos tipo G y F.

Gráfico 3 bis. Rotura de conductor para apoyos con función de fin de línea tipo F.

Gráfico 4. Rotura de un cable de tierra para apoyos tipo L y M.

Gráfico 4. Rotura de un cable de tierra para apoyos tipo G y F.

Gráfico 4 bis. Rotura de un cable de tierra para apoyos con función de fin de línea tipo F.

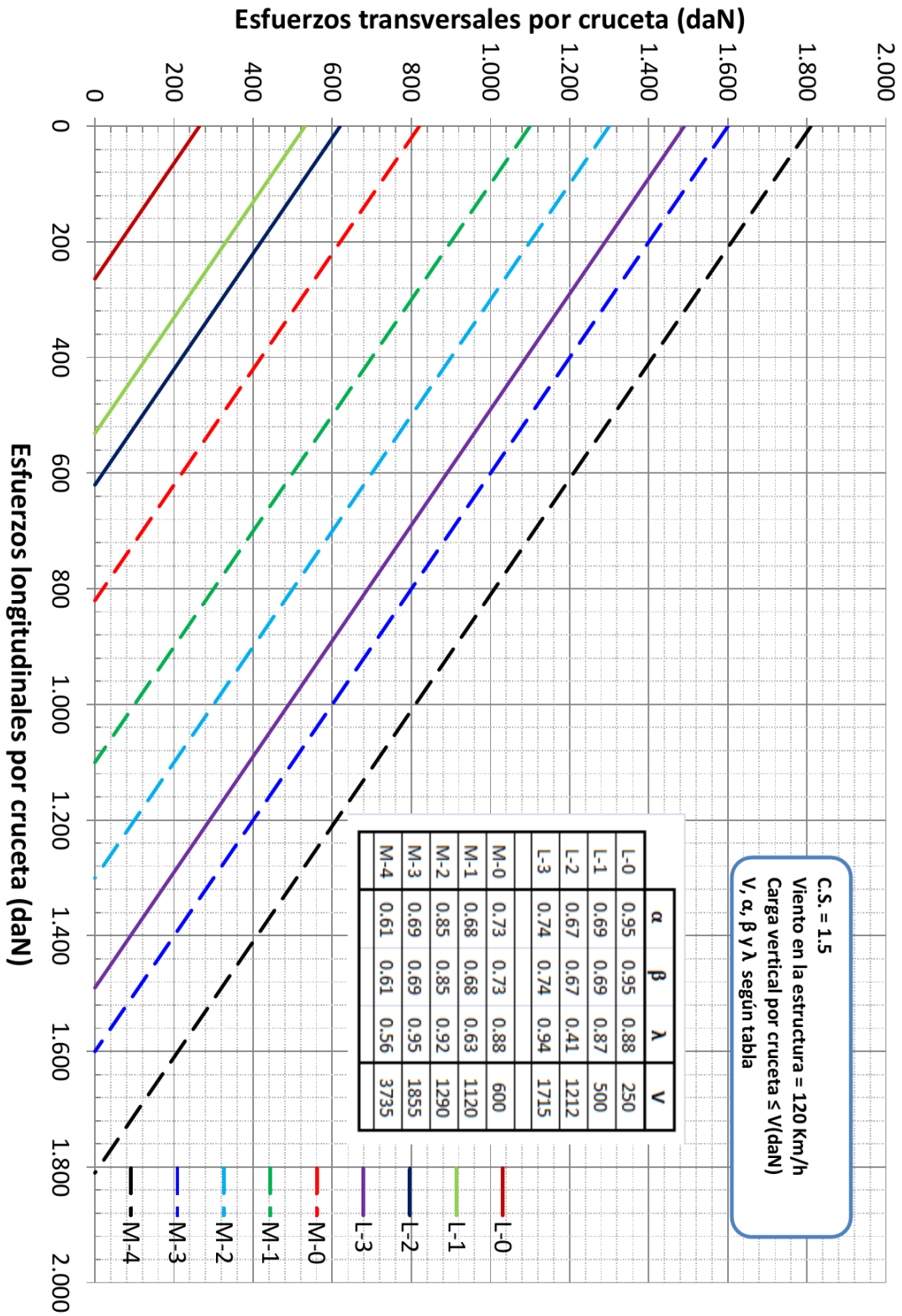


Gráfico 1: Apoyos tipo L y M

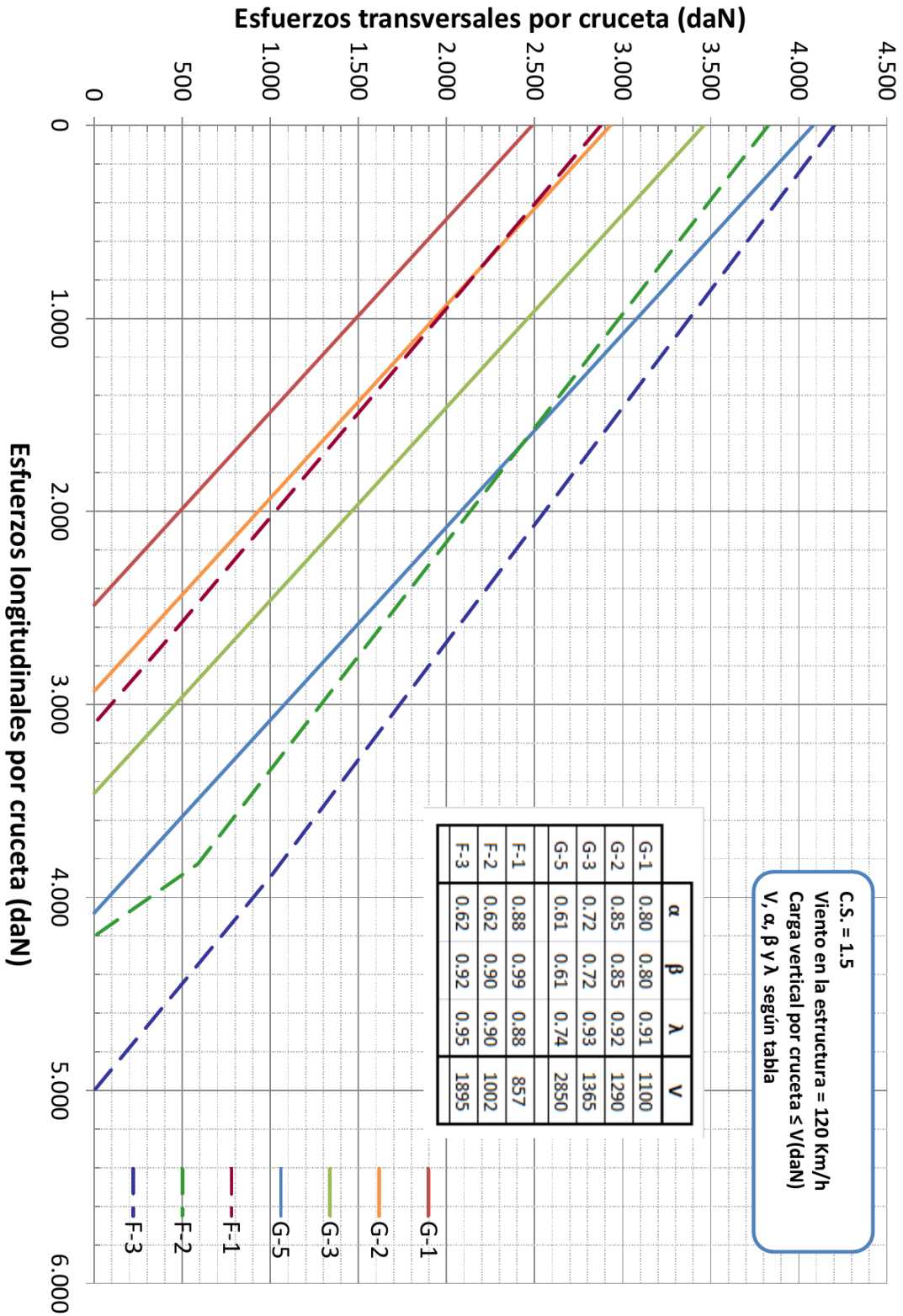


Gráfico 1: Apoyos tipo G y F

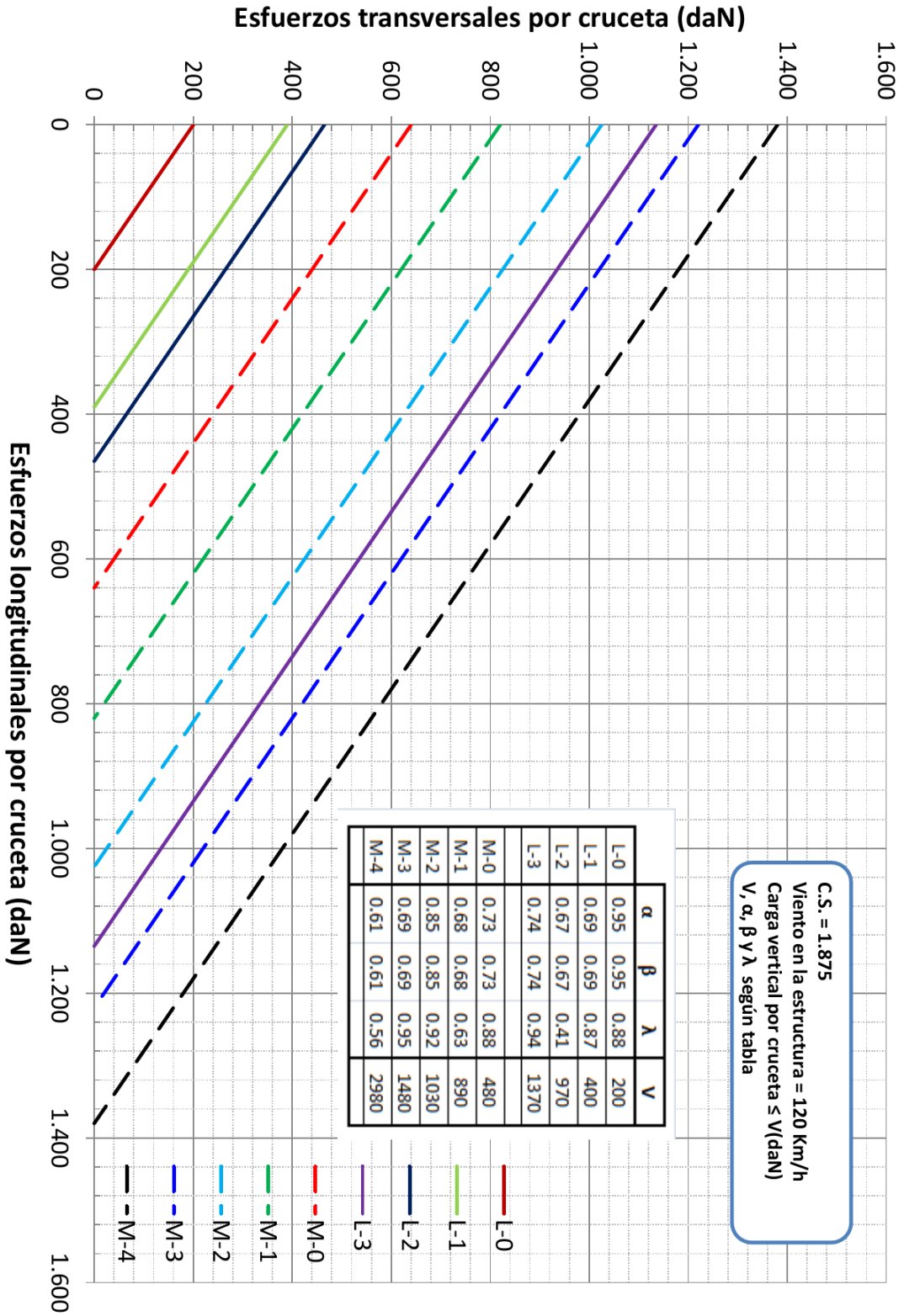
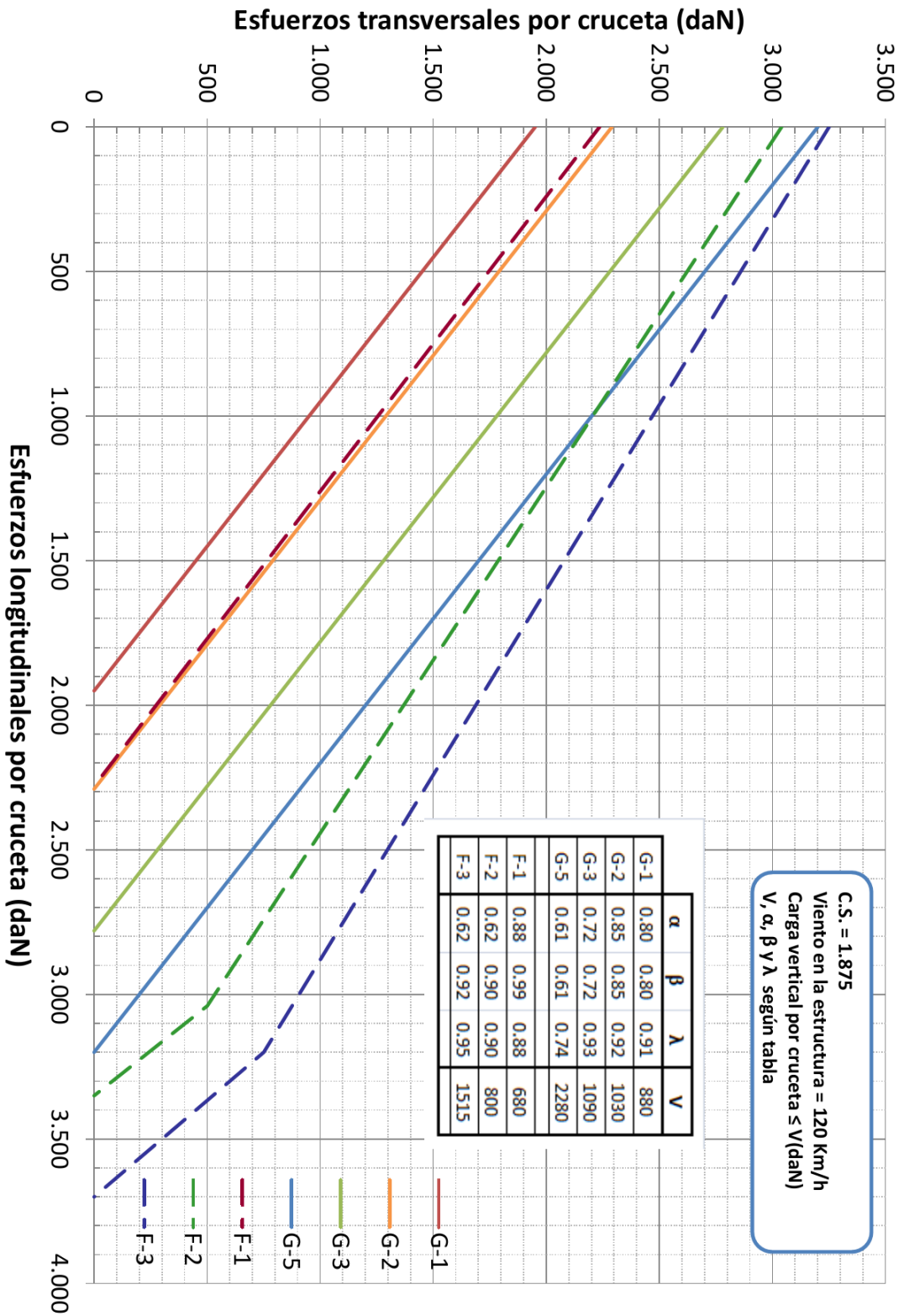


Gráfico 1 bis: Apoyos tipo L y M

Gráfico 1 bis: Apoyos tipo G y F



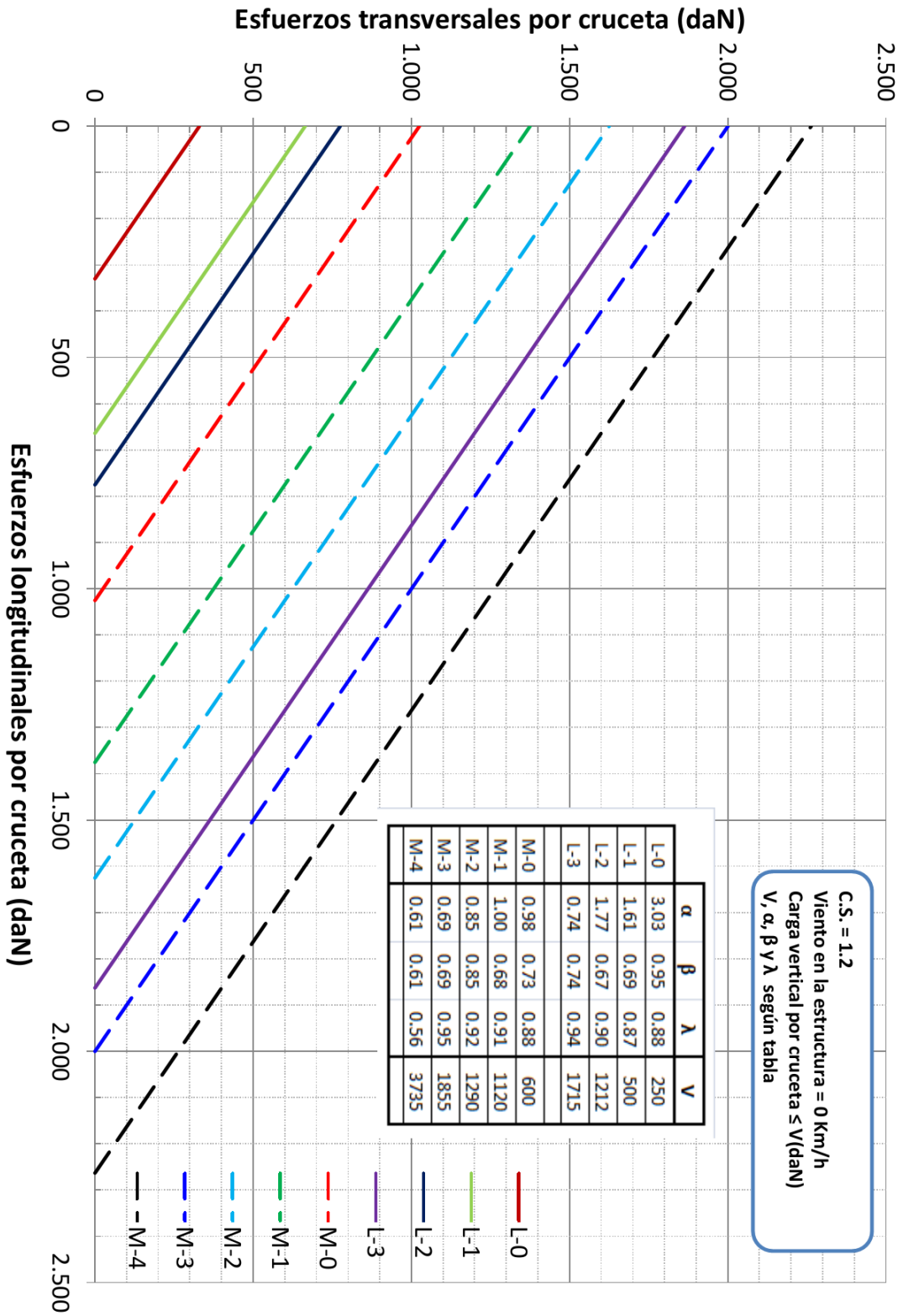


Gráfico 2: Apoyos tipo L y M

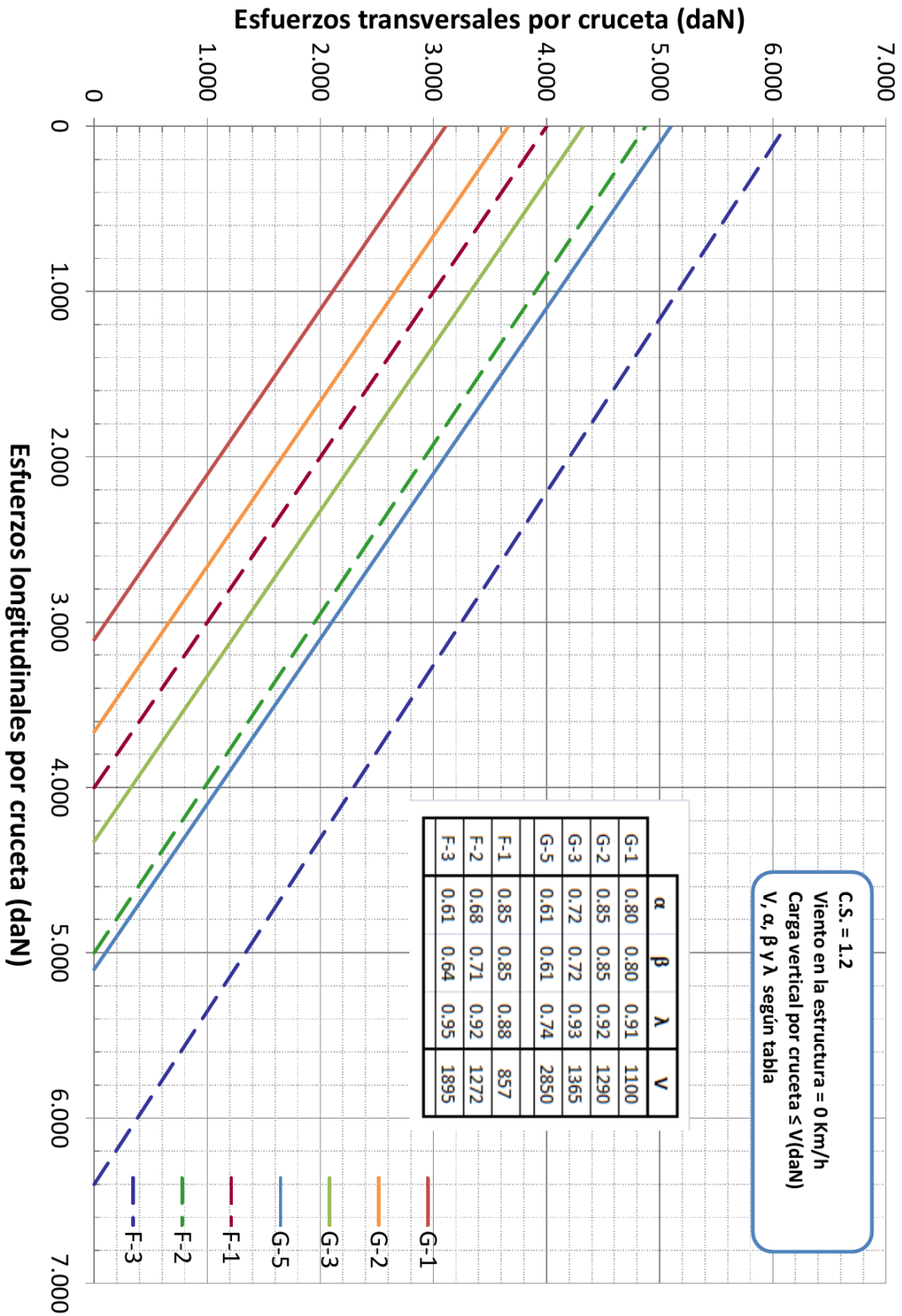


Gráfico 2: Apoyos tipo G y F

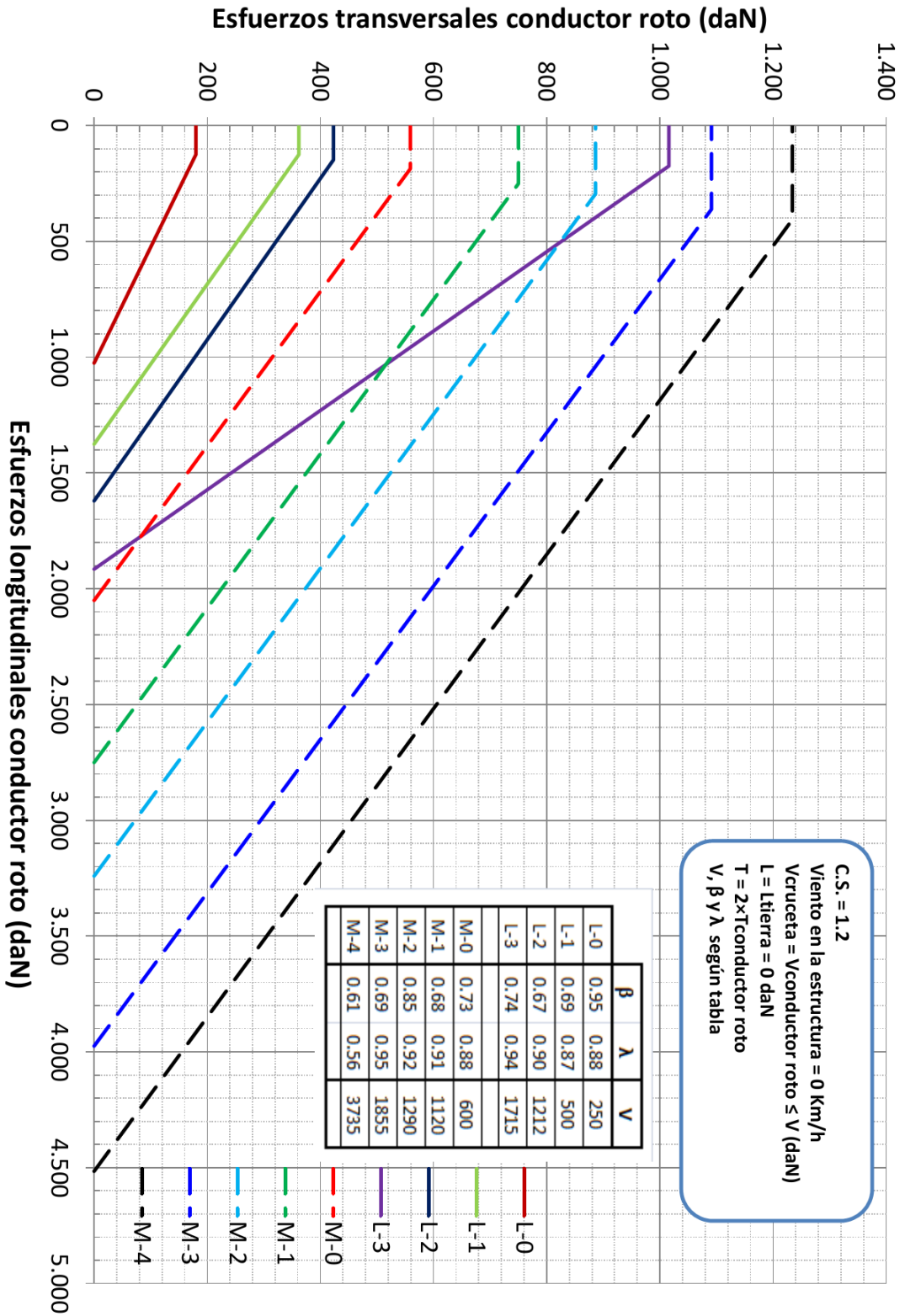


Gráfico 3: Apoyos tipo L y M

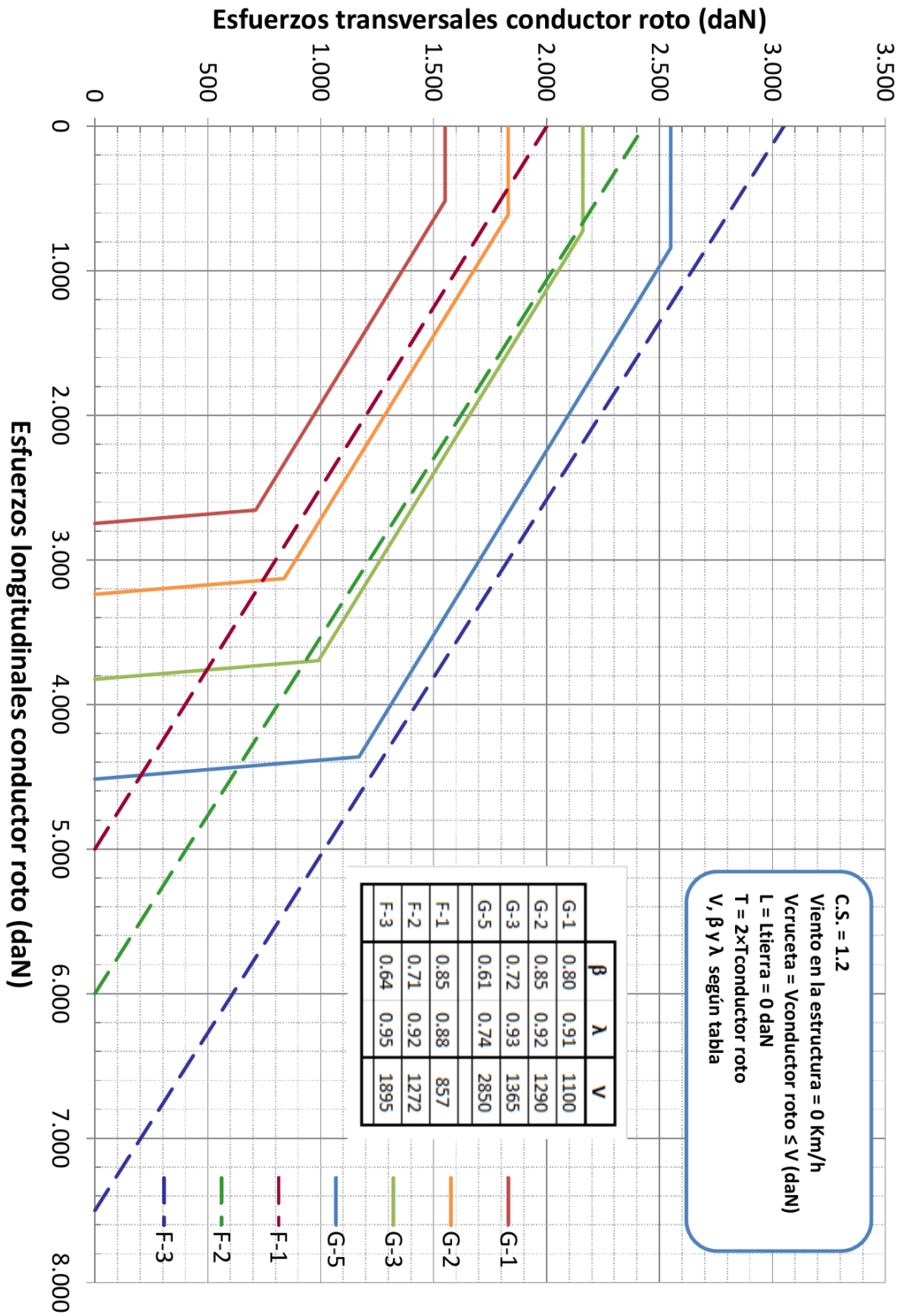
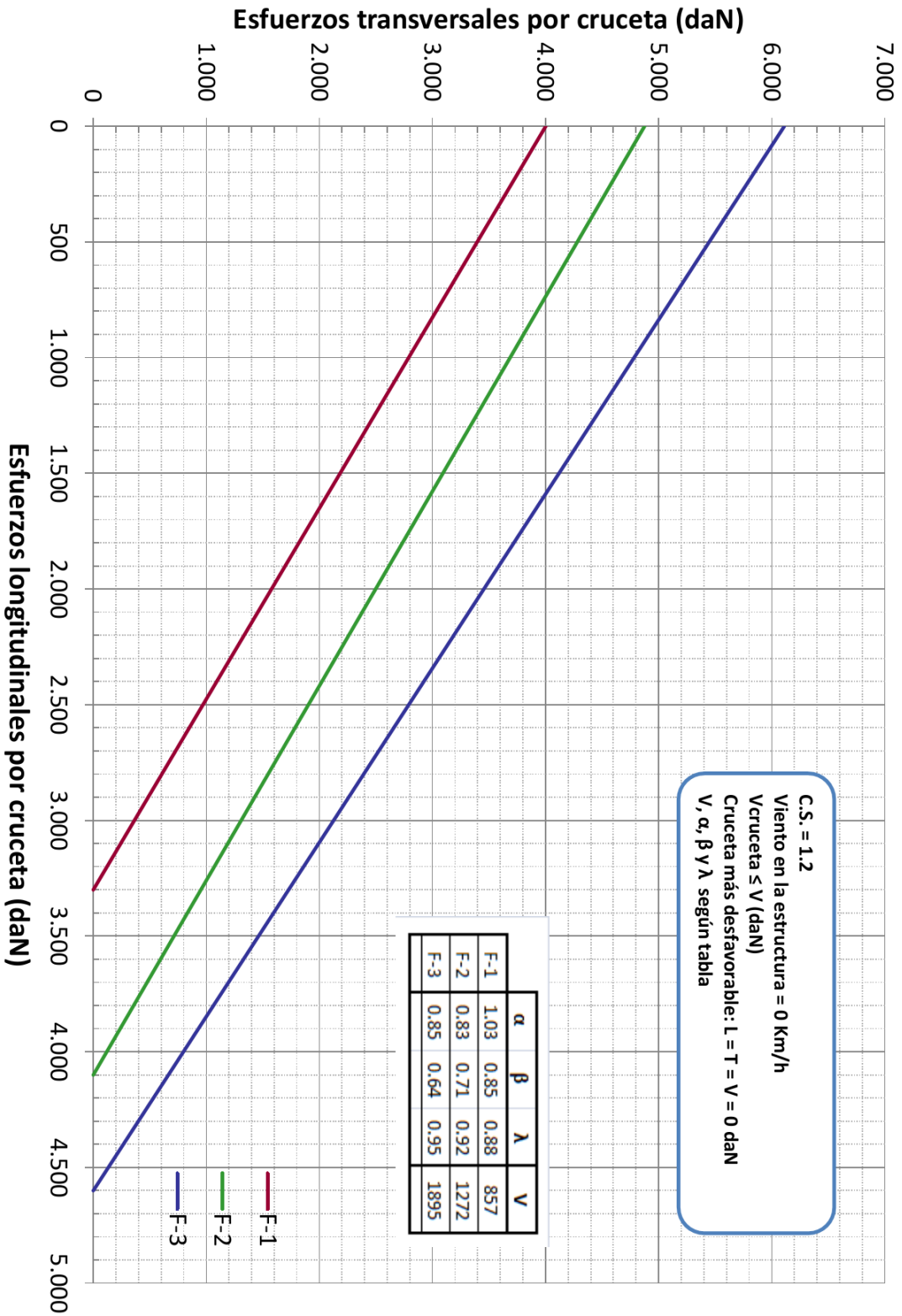


Gráfico 3: Apoyos tipo G y F

Gráfico 3 bis. Función Fin de línea: Apoyos tipo F



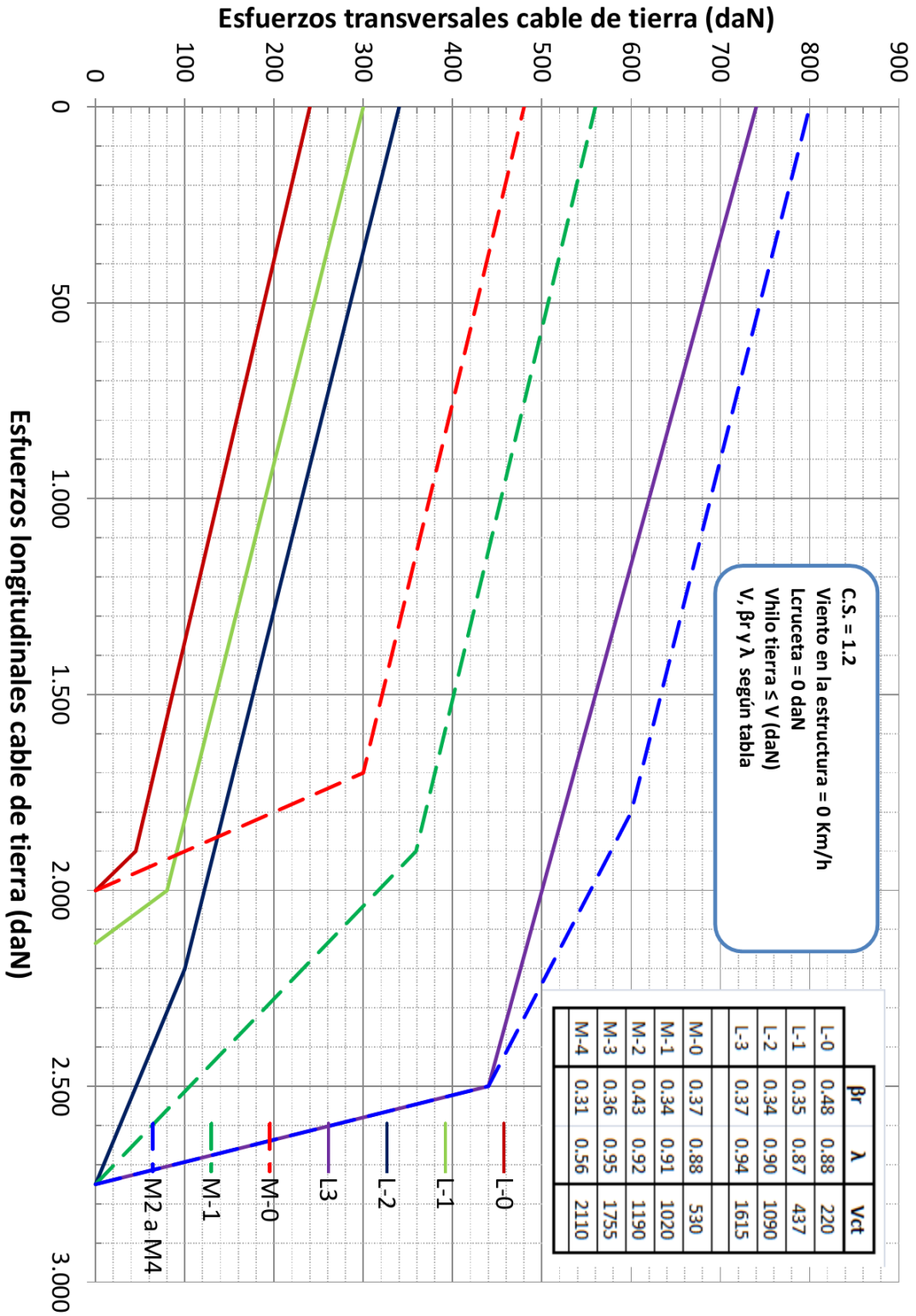


Gráfico 4: Apoyos tipo L y M

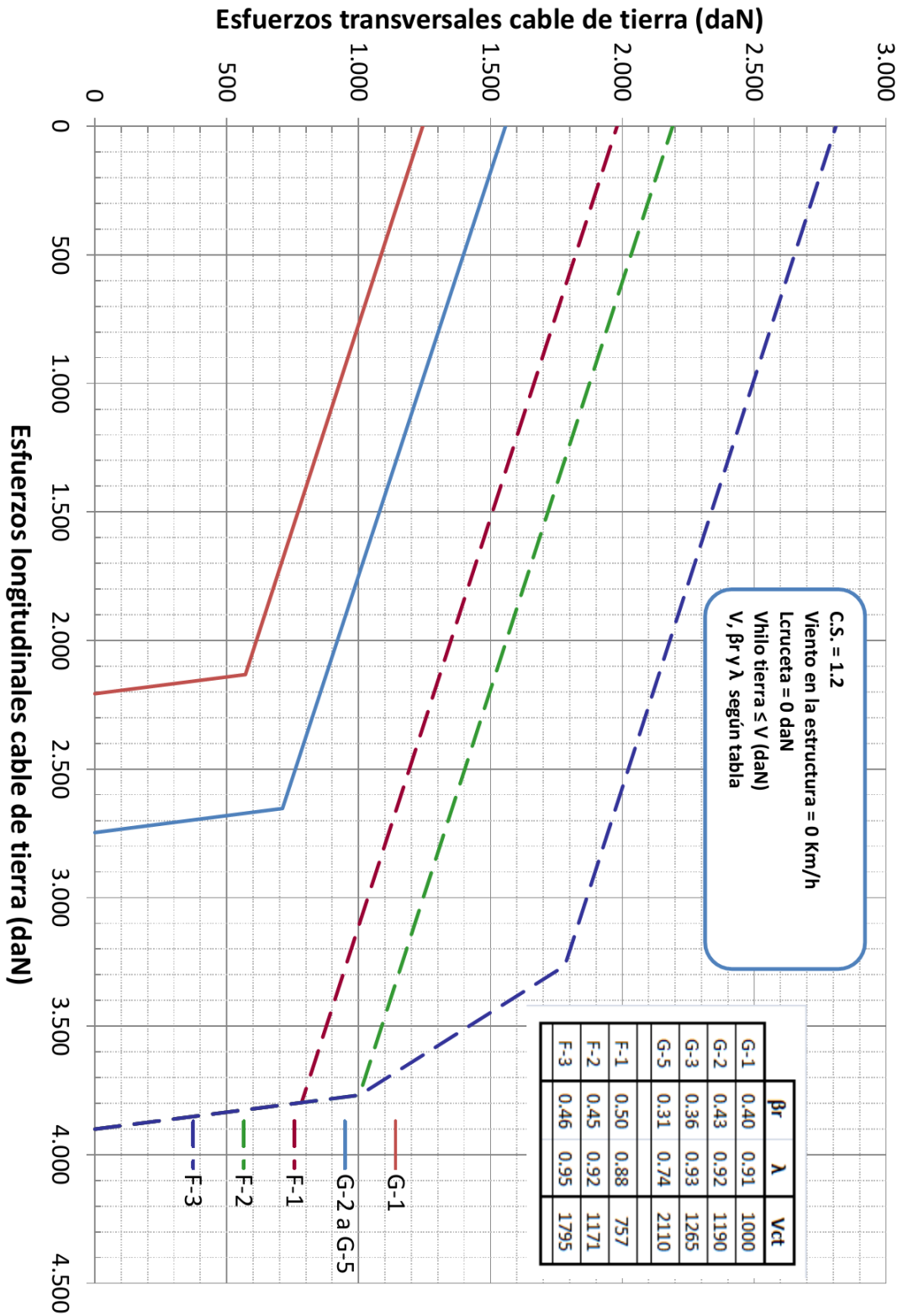


Gráfico 4: Apoyos tipo G y F

Gráfico 4 bis. Función Fin de línea: Apoyos tipo F

