Centros de Excelencia Técnica
Unidad CET Normalización y Laboratorios

NORMA DE CONSTRUCCIÓN NC - RA1 - 631

Estructura Trillizo configuración retención para red aérea nivel de tensión 44 kV, 34.5 kV y 33 kV

Control de cambios						
Versión [1]	**Revisión [2]**	**Fecha**	**Naturaleza del cambio**	**Elaboró**	**Revisó**	**Aprobó**
1	0	2023-01-13	Creación	CET [1]	Jefe Unidad CET NyL [2]	Gerente CET [3]
EPM CET NyL: Johan Sebastian Higuita Higuita, Gabriel Jaime Romero Choperena [1]; Área Proyectos CHEC – CET: José Narces Orozco Galeano [1]; Área Proyectos ESSA – CET: Fredy Antonio Pico Sanchez [1]; Área Gestión Operativa EDEQ – CET: Orlando Iván Ramírez Morales [1]; Área Proyectos CENS – CET: Laura Burgos Graterón [1]; Ramón Héctor Ortiz Tamayo [2;] Luis Fernando Aristizábal Gil [3] D0323010017011						

[1] La versión es un estado documental que corresponde a cambios de fondo en el contenido de la norma.
[2] La revisión es un estado documental que obedece a cambios de forma y no sustanciales en el contenido de la norma. Se podrán tener varias revisiones para una única versión.

El uso de este documento es gratuito. No obstante, se prohíbe su reproducción y/o alteración total o parcial sin la autorización expresa de las empresas del Grupo EPM. Cualquier uso y/o aplicación de los documentos o su contenido es responsabilidad exclusiva de quien la efectúa.

Contenido

1. ALCANCE 4
2. GENERALIDADES 4
3. MODELO 7
4. MATERIALES 9
5. TENSIONADO DEL CONDUCTOR 11
6. PUNTOS DE DISEÑO 11
7. NOTAS GENERALES 13

Grupo epm®

Lista de tablas

Tabla 1. *Calibres de conductores para redes a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV*..... 5
Tabla 2. *Materiales y cantidades para cada opción de montaje* 9
Tabla 3. *Materiales opcionales* 10
Tabla 4. *Características para construcción de estructura: montaje a con viento y sin bayoneta* 11
Tabla 5. *Características para construcción de estructura: montaje b con viento y con bayoneta* 12

Lista de figuras

Figura 1. *Vista isométrica* 7
Figura 2. *Vista frontal* 8
Figura 3. *Vista en planta* 9

Grupo epm®

1. Alcance

Esta norma tiene como propósito establecer los requisitos técnicos para el diseño, construcción y mantenimiento de redes aéreas de distribución de energía eléctrica con niveles de tensión a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV con estructuras Trillizo configuración retención, teniendo en cuenta las condiciones límites resultantes del análisis electromecánico de las estructuras. Los requisitos técnicos de esta norma aplican para el sistema de distribución de energía eléctrica de las empresas del Grupo EPM.

En el Anexo I del documento se presenta información complementaria sobre las curvas de utilización de la estructura.

2. Generalidades

La presente norma se sustenta teóricamente en el documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y sus anexos. Es aplicable a todas las condiciones climáticas y meteorológicas encontradas en las áreas de influencia del Grupo EPM en Colombia. La norma ha sido elaborada con base en las condiciones de clima cálido, altitudes hasta 1000 msnm y velocidad de viento máxima de 100 km/hora, siendo estas las condiciones más desfavorables para el diseño de las estructuras. No obstante, no limita al diseñador de la red para evaluar otras condiciones particulares por medio de la metodología definida en el documento GM-12.

La estructura se evalúa en condición normal como hipótesis de carga (conductores y cable de guarda sanos en condición de viento máximo).

El análisis mecánico de los postes considera un 10% adicional sobre la capacidad de estos, para tener en cuenta la instalación de infraestructura de telecomunicaciones.

El análisis electromecánico emplea poste de concreto de 14 m y 1350 kgf monolítico; no obstante, podrán ser empleados postes de igual longitud y capacidad de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o metálico (acero).

Cuando se requiera cumplir con distancias verticales de seguridad en zonas de cultivo o arborizadas, se podrá implementar el uso de postes de mayor longitud (16 m y 18 m) conservando como mínimo la capacidad mecánica definida.

En redes con tensión igual a 33 kV o 34.5 kV:

- Se utiliza aislador poste porcelana 48kV 15" ANSI C29.7 clase 57-3 y aislador de suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta (cadena de 3 aisladores).

- Para zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera se debe utilizar aislador poste polimérico 48 kV 18.1" ANSI C29.18 clase 51-4F distancia de fuga 850mm y distancia de arco 311.15 mm, aislador de suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta (cadena de 4 aisladores) o aislador polimérico tipo suspensión 48 kV ANSI C29.13 clase DS-46, clevis distancia de fuga 900mm.
- Para zonas de alta densidad de descargas atmosféricas utilizar aislador poste polimérico 48 kV 18.1" ANSI C29.18 clase 51-4F, CFO 250 kV y, aislador de suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta (cadena de 3 aisladores) CFO 315kV o aislador polimérico tipo suspensión 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35 CFO 250 kV

En redes con tensión igual a 44 kV:

- Se utiliza aislador poste polimérico 46 kV 25.9" ANSI C29.18, clase 51-16 grapa vertical y, aislador de suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta (cadena de 3 aisladores).
- Para zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera se debe utilizar aislador poste polimérico 46 kV 25.9" ANSI C29.18, clase 51-16 grapa vertical, distancia de fuga 1295.4 mm y distancia de arco 488.9 mm y, aislador de suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta (cadena de 4 aisladores) o aislador polimérico tipo suspensión 72.5 kV ANSI C29.13 clase DS-69 clevis – lengüeta distancia de fuga 1190mm.
- Para zonas de alta densidad de descargas atmosféricas utilizar aislador poste polimérico 46 kV 25.9" ANSI C29.18, clase 51-16 grapa vertical CFO 300 kV y, aislador polimérico tipo suspensión 48 kV ANSI C29.13 clase DS-46 clevis CFO 290 kV.

Se pueden emplear aisladores fabricados en vidrio de las mismas clases y características definidas.

Los conductores utilizados en la verificación de esta norma son tipo ACSR (Conductor de aluminio con refuerzo de acero) y sus equivalentes tipo AAAC (Conductor de aleación de aluminio), los calibres utilizados son:

Tabla 1. ***Calibres de conductores para redes a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV.***

ACSR	AAAC
2/0 AWG (Quail)	155.4 kcmil (Anaheim)
4/0 AWG (Penguin)	246.9 kcmil (Alliance)
266.8 kcmil (Waxwing)	312.8 kcmil (Butte)
336.4 kcmil (Linnet)	394.5 kcmil (Canton)

En los montajes con bayoneta se utilizará cable de acero recubierto de aluminio 7x8 AWG como cable de guarda. Como cable neutro se utiliza 2/0 ACSR (GA o AW).

La norma técnica RA8-022 describe en detalle las acciones que se deben ejecutar sobre las redes de distribución de energía que se ubican en zonas especiales.

La estructura debe estar acompañada de un sistema de puesta a tierra, de acuerdo con los requisitos de la norma RA6-010 “Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica”. En todo caso, las redes con neutro corrido o cable de guarda deben estar puestas a tierra sólidamente cada 3 apoyos y, en las estructuras terminales.

Los vientos o retenidas se deben construir de acuerdo con los detalles de instalación y materiales que se describen en la norma técnica RA6-001 “Instalación de vientos o retenidas”

Durante la implementación de esta estructura se debe tener en cuenta la constitución o definición de la zona de servidumbre de acuerdo con la norma técnica RA6-040 Distancias de seguridad y servidumbres en redes de distribución.

Cuando sea necesario realizar un cambio en alguno de los criterios o variables consideradas, el diseñador o constructor deberá remitirse al documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y sus anexos.

3. Modelo

Figura 1. *Vista isométrica*

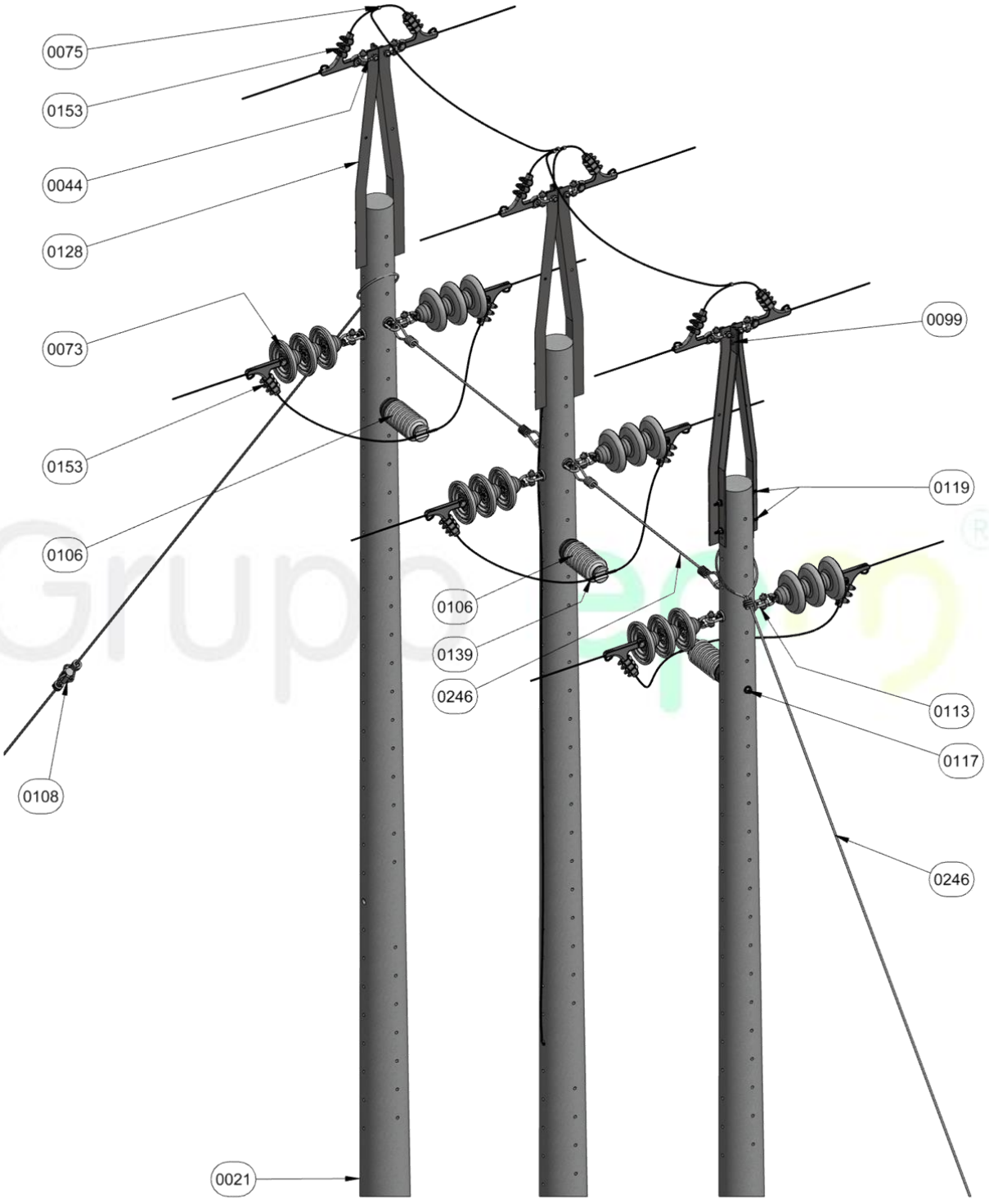


Figura 2. *Vista frontal*

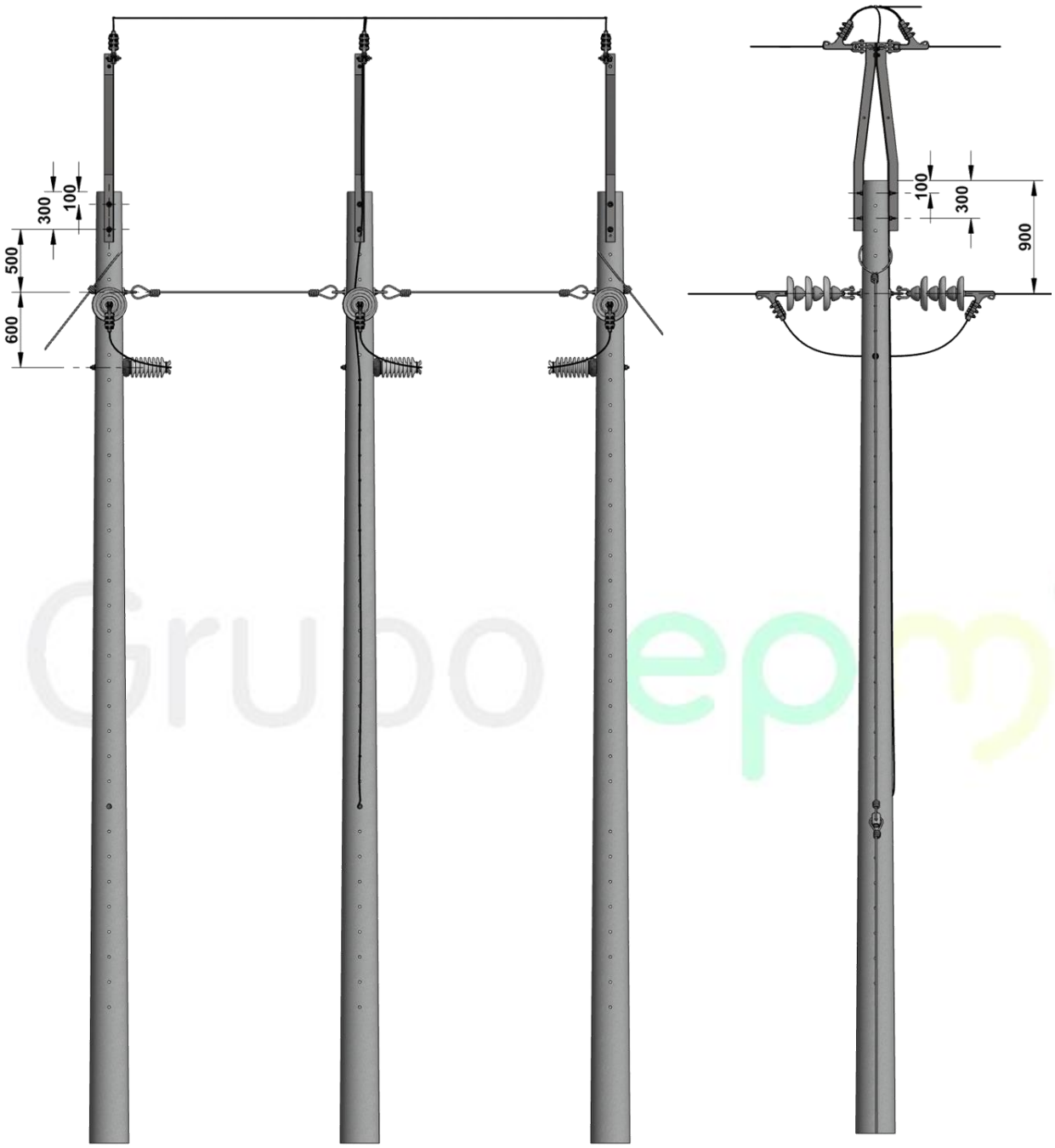
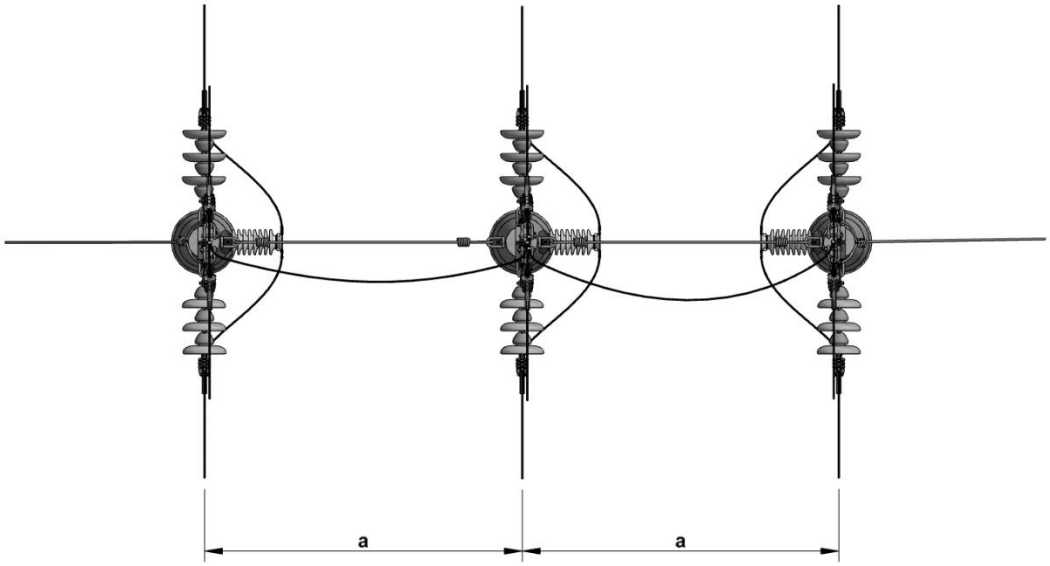


Figura 3. *Vista en planta*



4. Materiales

Tabla 2. *Materiales y cantidades para cada opción de montaje*

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE	Cantidad por montaje			
				a	b	c	d
0021[1] (ver tabla 3)	Poste de concreto de 14 m y 1350 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200024	3	3		
0044	Eslabón en u 5/8" forjado galvanizado	ET-TD-ME03-11	211318	6	18		
0073 (ver tabla 3)	Aislador suspensión porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta	ET-TD-ME02-01	200147	18	18		
0075[2]	Conector compresión tipo H aluminio 1/0 AWG a 266.8 kcmil (según calibre)	ET-TD-ME11-01	-		5		
0099	Tornillo de máquina cabeza hexagonal acero galvanizado 5/8" X 1 1/2"	ET-TD-ME03-17	211438		6		
0106 (ver tabla 3)	Aislador poste porcelana 48 kv 15" ANSI C29.7 clase 57-3	ET-TD-ME02-01	200153	3	3		
0113	Tuerca de ojo alargada 5/8"	ET-TD-ME03-09	211356	10	10		
0117	Esparrago 3/4" x 12" galvanizado con tuerca y arandela	ET-TD-ME03-19	211384	3	3		
0119	Esparrago 5/8" x 12"	ET-TD-ME03-19	211392	6	12		
0128[3]	Bayoneta metálica doble 1500 mm x 3" x 3 x 1/4"	ETTD-ME03-03	211300		3		
0153	Grapa de retención aluminio tipo pistola 2/0AWG-266.8kcmil	ET-TD-ME03-22	213341	6	12		
0139[4]	Alambre de amarre de aluminio 4 AWG desnudo	ET-TD-ME01-15	213943	6	6		
0246[5] [6] [7] (ver tabla 3)	Viento convencional a suelo cable de acero extra resistente diámetro 1/4", poste de 14 m.	RA6-001		2	2		

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE	Cantidad por montaje			
				a	b	c	d
(4)(8)	Cable AAAC monopolar cubierto XLPE/HDPE 15kV 90°C	ET-TD-ME01-05	-	6	6		

Notas:

(1) La capacidad mecánica del poste cambia de acuerdo con los puntos de diseño (función del vano viento), ver numeral 7
(2) Consultar el listado de artículos y agrupadores el número de artículo el conector requerido, según el calibre del conductor.
(3) Las dimensiones de la bayoneta cambian de acuerdo con los puntos de diseño (función del vano viento), ver numeral 7
(4) Las cantidades para los conductores están expresadas en la unidad de metros.
(5) Los componentes y cantidades asociadas a la instalación de los vientos se detallan en la norma RA6-001: Instalación de vientos.
(6) El diámetro del cable de viento cambia de acuerdo con los puntos de diseño (función del vano viento), ver numeral 7
(7) El ángulo de instalación del viento se presenta en el numeral 7
(8) Conductor requerido para los puentes primarios de las fases, el calibre debe corresponder con el conductor de la red.

Opciones de montaje:

a. Con retenida y sin bayoneta
b. Con retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro
c. Sin retenida y sin bayoneta
d. Sin retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro

En esta norma también se permitirá el uso de los materiales mostrados en la Tabla 3 como opcionales, de acuerdo con requerimientos particulares para la utilización de la estructura.

Tabla 3. ***Materiales opcionales***

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE
0073	Aislador suspensión polimérico 48 kV ANSI C29.13 clase DS-46 clevis-lengüeta	ET-TD-ME02-04	200141
0073	Aislador suspensión polimérico 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35 clevis-lengüeta	ET-TD-ME02-04	200140
0153	Grapa de retención aluminio tipo pistola 4/0AWG a 336.4 kcmil	ET-TD-ME03-22	217324
0106	Aislador poste polimérico 48 kV 18.1" ANSI C29.18 clase 51-4F	ET-TD-ME02-04	200166
0106	Aislador poste polimérico 46 kV 25.9" ANSI C29.18 clase 51-16 grapa vertical.	ET-TD-ME02-04	266301
0246	Viento convencional a suelo cable de acero extra resistente diámetro 3/8"	RA6-001	-
0020	Poste de concreto de 14 m y 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200023
0020	Poste fibra de vidrio 14 m 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-02	200066
0020	Poste metálico 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200084
0020	Poste concreto 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-01	215641
0020	Poste fibra de vidrio 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	215648
0021	Poste fibra de vidrio 14 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200067
0021	Poste metálico 14 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	214750
0020	poste concreto 16 m 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200031
0020	poste fibra de vidrio 16 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	215232
0020	poste metálico 16 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200085
0021	Poste concreto 16 m 1350 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200032
0021	Poste fibra de vidrio 16 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200068
0021	Poste metálico 16 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	214753
0020	Poste fibra de vidrio 18 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200069
0020	Poste metálico 18 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200086
0021	Poste fibra de vidrio 18 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200070
0021	Poste metálico 18 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200087
0021	Poste fibra de vidrio 18 m 1350 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200070

5. Tensionado del conductor

El cálculo mecánico de los conductores se muestra en el documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y se hace para las siguientes condiciones limitantes.

- Hipótesis A. Máxima velocidad del viento (temperatura mínima y viento máximo).
- Hipótesis B. Mínima temperatura (temperatura mínima y sin viento).
- Hipótesis C. Operación Diaria (Tensión diaria promedio, EDS).
- Hipótesis D. Máxima flecha (Temperatura máxima, sin viento).

Los valores de tensión y flecha de los cables a diferentes temperaturas, para su tendido, se encuentran en el documento ANX-12D: Tablas de tendido de los cables desnudos. Mientras que, las condiciones mecánicas limitantes se encuentran en el documento ANX-12B: Tablas de cálculo mecánico de conductores.

6. Puntos de diseño

Tabla 4. ***Características para construcción de estructura: montaje a con viento y sin bayoneta***

Vano Viento	Separación (a)	Vano peso	Cantidad - Calibre Vientos	Poste	Ángulo Vientos	Vano máximo limitado por la separación de fases	Vano máximo limitado por flecha en terreno plano
100 m	0.9 m	150 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	100 m	190 m
150 m	1.1 m	225 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	160 m	190 m
200 m	1.3 m	300 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	220 m	190 m
250 m	1.4 m	375 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	250 m	190 m
300 m	1.6 m	450 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	300 m	190 m
350 m	1.8 m	525 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	350 m	190 m
400 m	2 m	600 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	400 m	190 m
450 m	2.2 m	675 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	450 m	190 m
500 m	2.4 m	750 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	500 m	190 m

Vano Viento	Separación (a)	Vano peso	Cantidad - Calibre Vientos	Poste	Ángulo Vientos	Vano máximo limitado por la separación de fases	Vano máximo limitado por flecha en terreno plano
550 m	2.6 m	825 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	550 m	190 m
600 m	2.8 m	900 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	600 m	190 m
650 m	3 m	975 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	650 m	190 m
700 m	3.2 m	1050 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	700 m	190 m
750 m	3.4 m	1125 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	750 m	190 m
800 m	3.7 m	1200 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	800 m	190 m
850 m	3.9 m	1275 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	850 m	190 m
900 m	4.1 m	1350 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	900 m	190 m
950 m	4.4 m	1425 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	950 m	190 m
1000 m	4.6 m	1500 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	1000 m	190 m
1050 m	4.8 m	1575 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1350 kg	30°	1050 m	190 m

Notas:

1. Todos los vientos en la estructura tienen ángulos con la vertical del poste (Θ) de mínimo de 30°.

Tabla 5. ***Características para construcción de estructura: montaje b con viento y con bayoneta***

Vano Viento	Separación (a)	Vano peso	Cantidad - Calibre Vientos	Poste	Ángulo Vientos	Vano máximo limitado por la separación de fases	Vano máximo limitado por flecha en terreno plano	Perfil de la Bayoneta
100 m	0.9 m	150 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	100 m	190 m	3"X3"X1/4"
150 m	1.1 m	225 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	160 m	190 m	3"X3"X1/4"
200 m	1.3 m	300 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	220 m	190 m	3"X3"X1/4"
250 m	1.4 m	375 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	250 m	190 m	3"X3"X1/4"
300 m	1.6 m	450 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	300 m	190 m	3"X3"X1/4"
350 m	1.8 m	525 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	350 m	190 m	3"X3"X1/4"
400 m	2 m	600 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	400 m	190 m	3"X3"X1/4"
450 m	2.2 m	675 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	450 m	190 m	3"X3"X1/4"

Vano Viento	Separación (a)	Vano peso	Cantidad - Calibre Vientos	Poste	Ángulo Vientos	Vano máximo limitado por la separación de fases	Vano máximo limitado por flecha en terreno plano	Perfil de la Bayoneta
500 m	2.4 m	750 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	500 m	190 m	3"X3"X1/4"
550 m	2.6 m	825 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	550 m	190 m	3"X3"X1/4"
600 m	2.8 m	900 m	2-1/4" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	600 m	190 m	3"X3"X1/4"
650 m	3 m	975 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	650 m	190 m	3"X3"X1/4"
700 m	3.2 m	1050 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	700 m	190 m	3"X3"X1/4"
750 m	3.4 m	1125 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1050 kg	30°	750 m	190 m	3"X3"X1/4"
800 m	3.7 m	1200 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1350 kg	30°	800 m	190 m	3"X3"X1/4"
850 m	3.9 m	1275 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1350 kg	30°	850 m	190 m	3"x3"x5/16"
900 m	4.1 m	1350 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1350 kg	30°	900 m	190 m	3"x3"x5/16"
950 m	4.4 m	1425 m	2-3/8" (Uno a cada extremo)	1350 kg	30°	950 m	190 m	3"x3"x5/16"
1000 m	4.6 m	1500 m	4-3/8" (Dos a cada extremo)	1350 kg	30°	1000 m	190 m	3"x3"x5/16"

Notas:

1. Todos los vientos en la estructura tienen ángulos con la vertical del poste (Θ) de mínimo de 30°.

7. Notas generales

a. Todas las dimensiones, en las figuras, están dadas en milímetros.
b. zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera se debe utilizar conductores AAAC.
c. zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera se debe utilizar poste en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). ET-TD-ME04-02.
d. zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera se debe emplear herrajes de acero inoxidable y estructuras PRFV.
e. En caso de que el poste no tenga las perforaciones indicadas en los planos, se pude utilizar abrazadera o collarín fabricados según NTC 2663 con carga máxima a tensión de 30 KN y carga máxima cortante de 24 KN. Especificación técnica ET-TD-ME03-08.
f. La flecha del cable en los puentes de las fases debe ser de 40cm.