

NORMA DE CONSTRUCCIÓN

NC-RA6-001

Retenidas para redes aéreas de distribución energía

Control de cambios						
Versión ¹	Revisión ²	Fecha	Naturaleza del cambio	Elaboró	Revisó	Aprobó
3	00	2024-03-07	Homologación de norma técnica, se incluyen criterios de verificación mecánica y detalles de instalación.	CET ¹	Jefe Unidad CET NyL ²	Gerente CET ³
EPM CET NyL: Johan Sebastian Higueta Higueta, 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						

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.....	5
2.	DEFINICIONES.....	5
3.	GENERALIDADES.....	5
3.1.	ESTRUCTURAS DE LA RED AÉREA DE DISTRIBUCIÓN QUE REQUIEREN RETENIDAS	6
3.1.1.	Estructuras en configuración en ángulo.....	7
3.1.2.	Estructuras en configuración en referencia	7
3.1.3.	Estructuras en configuración terminal.....	7
3.2.	TIPOS DE RETENIDAS	7
4.	COMPONENTES Y MATERIALES QUE INTEGRAN LAS RETENIDAS	8
4.1.	CABLE	8
4.2.	AISLADOR TENSOR.....	8
4.3.	VARILLA DE ANCLAJE	10
4.4.	BLOQUE DE ANCLAJE	11
4.5.	GRAPAS, HERRAJES Y CONEXIONES.....	12
4.5.1.	Conexiones	15
4.6.	CAMISA DE PROTECCIÓN PARA RETENIDA.....	18
5.	TIPOS Y FORMAS DE RETENIDAS	19
5.1.	RETENIDA CONVENCIONAL A SUELO.....	19
5.2.	RETENIDA CONVENCIONAL A POSTE AUXILIAR.....	20
5.3.	RETENIDA EN Y A POSTE AUXILIAR O SUELO	21
5.4.	CANTIDADES APROXIMADAS PARA CADA TIPO DE RETENIDA.....	23
6.	VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL POSTE Y LA RETENIDA	24
6.1.	ESTABILIDAD DEL POSTE.....	24
6.1.1.	Tipos de suelos	25
6.1.2.	Procedimiento para clasificar el suelo en campo	27
6.1.3.	Cálculo del factor de seguridad al volcamiento	28
6.2.	ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA (POSTE) CONSIDERANDO EL USO DE RETENIDAS.....	28
6.3.	VERIFICACIÓN DEL ANCLAJE DE LA RETENIDA	29
6.3.1.	Instalación del bloque de anclaje.....	33
6.3.2.	Consideraciones particulares	34
6.4.	VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO	35
7.	REFERENCIAS.....	36
	ANEXO I. CURVAS PARA LA VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO DE UN POSTE	37
	ANEXO II.....	47

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Cables para retenidas</i>	8
Tabla 2. <i>Aisladores tensores de porcelana</i>	9
Tabla 3. <i>Aisladores tensores de poliéster reforzado con fibra de vidrio</i>	9
Tabla 4. <i>Varillas de anclaje</i>	10
Tabla 5. <i>Bloque de anclaje de concreto</i>	11
Tabla 6. <i>Bloque de anclaje polimérico</i>	11
Tabla 7. <i>Grapas preformadas para cables de acero EHS</i>	12
Tabla 8. <i>Collarines</i>	13
Tabla 9. <i>Tuerca de ojo alargada</i>	14
Tabla 10. <i>Guardacabos</i>	15
Tabla 11. <i>Camisa protectora para retenida</i>	18
Tabla 12. <i>Postes auxiliares y estructuras que requieren retenida con poste auxiliar (convencional o en Y)</i>	22
Tabla 13. <i>Cantidades aproximadas por tipo de retenida</i>	23
Tabla 14. <i>Guía práctica para clasificar el tipo de suelo</i>	27
Tabla 15. <i>Valores máximos de referencia para los esfuerzos soportados por la cuña de suelo.</i>	30
Tabla 16. <i>Dimensiones aproximadas de la excavación para la instalación del anclaje de la retenida.</i> ..	33
Tabla 17. <i>Distancia horizontal entre el poste y el punto de anclaje de la retenida. Longitud aproximada del cable.</i>	47

Lista de figuras

Figura 1. <i>Formación de cuñas de suelo en función del tipo de suelo.</i>	6
Figura 2. <i>Aislador tensor de porcelana</i>	9
Figura 3. <i>Aislador tensor de poliéster reforzado con fibra de vidrio</i>	9
Figura 4. <i>Varilla de anclaje</i>	10
Figura 5. <i>Bloque de anclaje de concreto</i>	11
Figura 6. <i>Bloque de anclaje polimérico</i>	12
Figura 7. <i>Grapa preformada para cable de acero galvanizado</i>	13
Figura 8. <i>Collarín</i>	13
Figura 9. <i>Tuerca de ojo alargada</i>	14
Figura 10. <i>Eslabones en “U”</i>	14
Figura 11. <i>Eslabón en “U”</i>	14
Figura 12. <i>Guardacabo</i>	15
Figura 13. <i>Conexión 1: cable de acero a poste</i>	15
Figura 14. <i>Conexión 2: cable de acero a cruceta</i>	16
Figura 15. <i>Conexión 3: cable de acero a aislador tensor</i>	16
Figura 16. <i>Conexión 3’: cable de acero a aislador tensor</i>	17

Figura 17. <i>Conexión 4: cable de acero a varilla de anclaje</i>	17
Figura 18. <i>Camisa protectora para retenida</i>	18
Figura 19. <i>Vista isométrico retenida convencional al suelo</i>	19
Figura 20. <i>Vista lateral retenida convencional al suelo</i>	20
Figura 21. <i>Vista isométrico-retenida en Y a poste auxiliar.</i>	21
Figura 22. <i>Vista lateral retenida en Y a poste auxiliar</i>	22
Figura 23. <i>Esquema de las fuerzas que actúan sobre un poste</i>	24
Figura 24. <i>Diagrama de cuerpo libre de una retenida para un poste</i>	29
Figura 25. <i>Esquema de las reacciones en la base y en la cima de la retenida</i>	30
Figura 26. <i>Esquema de la instalación de varilla y bloque de anclaje para la retenida</i>	33
Figura 27. <i>Métodos alternativos anclaje sin excavación</i>	34
Figura 28. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 8m – 510kgf</i>	37
Figura 29. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 10m – 510kgf</i>	38
Figura 30. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 510kgf</i>	39
Figura 31. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 750kgf</i>	40
Figura 32. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 750kgf</i>	41
Figura 34. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 1050kgf</i>	42
Figura 35. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 1050kgf</i>	43
Figura 36. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 16m – 1050kgf</i>	44
Figura 37. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 1350kgf</i>	45
Figura 38. <i>Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 1350kgf</i>	46

1. Alcance

Esta norma tiene como propósito describir las características técnicas principales para el montaje e instalación de retenidas para las redes aéreas de distribución de energía en media y baja tensión del Grupo EPM.

Los requisitos técnicos de esta norma aplican para las retenidas, templete o vientos, los diferentes componentes que las integran y las verificaciones mecánicas necesarias.

En los Anexos I y II del documento se presentan requisitos complementarios a los cubiertos por esta norma técnica que, según se indique, serán obligatorios o informativos.

Esta norma técnica no cubre o no contempla el dimensionamiento o diseño de cimentaciones.

2. Definiciones

Retenida: es un elemento mecánico que sirve para contrarrestar las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste. El término retenida se unifica con los términos templete y viento, por lo cual, para efecto de las normas técnicas se hace referencia únicamente al término retenida.

3. Generalidades

Las retenidas se usan para equilibrar las fuerzas longitudinales originadas por el desequilibrio de tensiones en un vano o vanos adyacentes de un circuito de distribución red aérea, por operaciones de tendido de conductor, rotura de conductores, fuerzas transversales debidas al viento y, ángulos de deflexión de la red. Por lo tanto, la función de la retenida es transmitir los esfuerzos longitudinales de la estructura al suelo.

Es importante tener en cuenta que la resistencia final de la retenida no está relacionada con la resistencia del cable, sino con la resistencia del suelo y de la cuña de suelo que se forma a partir de la geometría de los componentes de la retenida bloque de anclaje y varilla.

Por ejemplo, en la siguiente figura se observa dos cuñas de suelo con volúmenes diferentes pero construidas con los mismos componentes y características (varilla y bloque de anclaje) la diferencia radica en el tipo de suelo, dado que, los suelos granulares drenados (granular soils drained) permiten la formación de una cuña de suelo con mayor resistencia que los suelos cohesivos no drenados (cohesive soils undrained).

Figura 1. Formación de cuñas de suelo en función del tipo de suelo.



Las retenidas están conformadas por cable, aislador tensor, varilla de anclaje, bloque de anclaje, grapas o conectores y, cuña de suelo. En el numeral 4 de esta norma se detalla información de cada uno de estos componentes.

La conexión entre el cable de la retenida y el poste se debe ubicar en el punto más cercano al lugar donde están concentrados los esfuerzos que se pretenden contrarrestar. En este punto el ángulo que se forma entre el cable y el eje vertical del poste debe estar entre 30° y 40° , en el anexo II, **Tabla 17**, se presenta las distancias horizontales para la ubicación del punto de anclaje en el suelo y la longitud aproximada del cable en función del ángulo, la longitud del poste y la ubicación de la retenida sobre el poste.

Las retenidas deben estar conectados al sistema de puesta a tierra, a excepción de aquellos en los que se instalen uno o más aisladores tipo tensor que impidan que el templete o retenida pueda energizarse dentro de 2.45 m medios sobre el nivel del suelo.

Las normas técnicas de construcción para cada estructura de la red incluyen detalles específicos para la instalación de la retenida cuando estos son requeridos en especial en las estructuras terminales.

3.1. Estructuras de la red aérea de distribución que requieren retenidas

Las retenidas se deben instalar en las estructuras con configuración en ángulo, referencia y terminal así:

3.1.1. Estructuras en configuración en ángulo

La retenida se debe ubicar en la bisectriz del ángulo formado con los ejes de la línea.

3.1.2. Estructuras en configuración en referencia

La retenida se puede instalar de dos formas, teniendo en cuenta si en ese punto la estructura tiene la función de amarre o no.

- a. Cuando la estructura no es amarre: la retenida se ubica en la bisectriz del ángulo que describa la red o la línea.
- b. Cuando la estructura es amarre: esta funcionalidad está relacionado con la condición de rotura de uno de los conductores de fase, por lo cual es necesario instalar 2 retenidas, alineadas con el eje de la línea, se debe tener en cuenta que esta funcionalidad o propiedad de la estructura solo puede ser cuando la línea tenga un ángulo de deflexión de 0° . En cada norma de construcción se presentan detalles constructivos y de materiales para la instalación de estas retenidas.

3.1.3. Estructuras en configuración terminal

Generalmente requiere de 2 o 3 retenidas ubicadas en el sentido de la línea, dado que en esta estructura se tiene un desequilibrio de tensión completo. Las retenidas se instalan a al nivel de las fases y al nivel del cable de guarda/neutro cuando se requiera.

Cuando se presentan varias retenidas en una misma estructura estas pueden anclarse en el mismo punto del suelo, teniendo como consideraciones, la capacidad portante de la cuña del suelo y el ángulo formado entre el cable y el eje del poste de la retenida con ubicación más alta, es decir, más cercana a la cima del poste o al cable de guarda/neutro.

3.2. Tipos de retenidas

Los tipos de retenidas para las estructuras de la red aérea de distribución energía son:

- a. Retenida convencional
- b. Retenida convencional a poste auxiliar
- c. Retenida en Y
- d. Retenida en Y a poste auxiliar

En el numeral 5 de esta norma se presenta el detalle, modelo gráfico y, listado de materiales para cada tipo de retenida.

4. Componentes y materiales que integran las retenidas

A continuación, se presenta la información más relevante de cada uno de los componentes y materiales que integran las retenidas.

4.1. Cable

- Material: cable de acero galvanizado extra resistente calibres 1/4 o 3/8
- Ubicación: inicia en la estructura o poste y finaliza en la varilla de anclaje.
- Función: transmitir las tensiones horizontales a la cuña de suelo
- Otras características: en cada estructura se definen las condiciones de uso de cada calibre de acuerdo con las condiciones mecánicas requeridas.

Tabla 1. Cables para retenidas

CÓDIGO		DESCRIPCIÓN	Referencia
Grupo EPM*	AFINIA		
200527	-	Cable acero galvanizado 1/4" extra alta resistencia	ET-TD-ME01-41
200529	1434435 2000240	Cable acero galvanizado 3/8" extra alta resistencia	
298119	1530631	Cable acero galvanizado 1/2" extra alta resistencia	
* Aplica para las empresas CENS, CHEC, EDEQ, EPM y ESSA.			

4.2. Aislador tensor

- Material: porcelana o poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Ubicación: se ubican sobre el cable a una altura vertical 2.45 m (8 ft), desde el nivel de suelo. Cuando por los requerimientos mecánicos de las estructuras, las retenidas deban ubicarse entre los conductores activos del circuito, se debe utilizar aislador tensor de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Función: evitar que el tramo de cable que se encuentra en zona de fácil acceso o contacto se energice o tome el potencial de la línea debido a contactos con la red

Tabla 2. Aisladores tensores de porcelana

Código		Descripción	Referencia
Grupo EPM*	AFINIA		
200155	-	Aislador tensor porcelana 0.6kV 3 1/2" ANSI C29.4 clase 54-1	ET-TD-ME02-01
200156	1707561	Aislador tensor porcelana 15kV 4 1/4" ANSI C29.4 clase 54-2	
200157	1707562	Aislador tensor porcelana 38-48kV 6 3/4" ANSI C29.4 clase 54-4	
* Aplica para las empresas CENS, CHEC, EDEQ, EPM y ESSA.			

Figura 2. Aislador tensor de porcelana

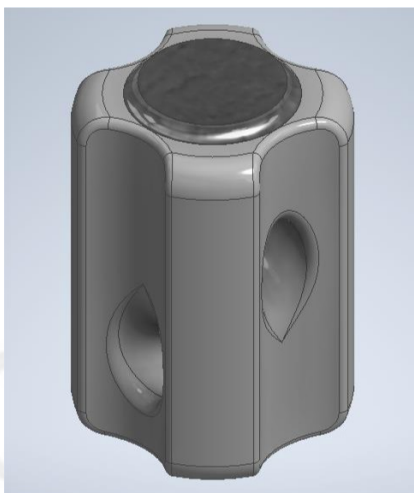
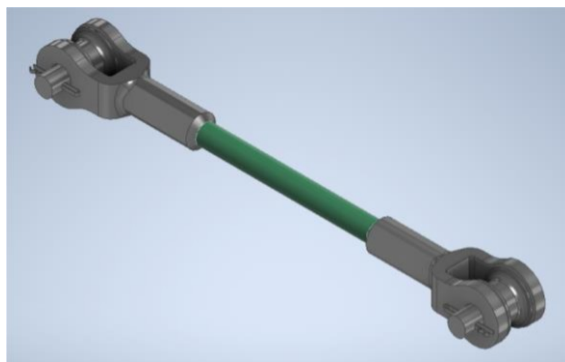


Tabla 3. Aisladores tensores de poliéster reforzado con fibra de vidrio

Código	Descripción técnica	Referencia
257141	Aislador tensor polimérico 15kv 12"" ANSI C29.14b clase GI-30 rodillo-rodillo	ET-TD-ME02-04
257142	Aislador tensor polimérico 48kv 24"" ANSI C29.14b clase GI-60 rodillo-rodillo	

Figura 3. Aislador tensor de poliéster reforzado con fibra de vidrio



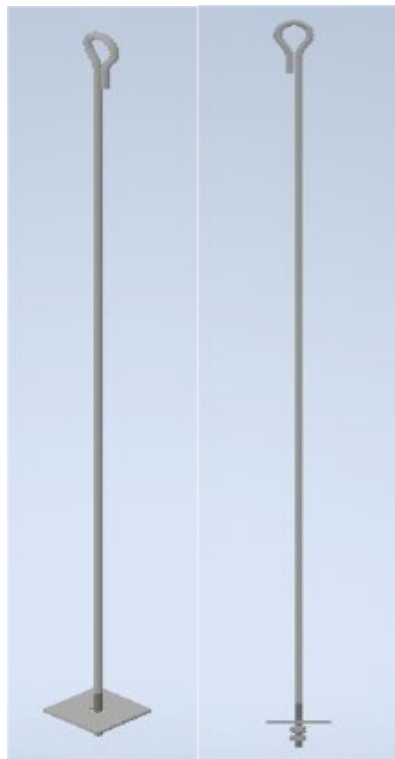
4.3. Varilla de anclaje

- Material: Acero galvanizado.
- Función: conectar el cable y el bloque de anclaje en el suelo.
- Ubicación: transición entre el cable y bloque de anclaje en suelo, la varilla se entierra dejando 20cm aproximadamente sobre la superficie.
- Angulo de enterramiento: 45°, 50° o 60° de acuerdo la distancia horizontal disponible y el ángulo formado entre el cable y el eje del poste.

Tabla 4. Varillas de anclaje

Código		Descripción	Referencia
Grupo EPM*	Afina		
211350	-	Varilla de anclaje 5/8" x 1500 mm	ET-TD-ME03-14
211351	-	Varilla de anclaje 5/8" x 1800 mm	
211352	-	Varilla de anclaje 5/8" x 2000 mm	
301857	-	Varilla de anclaje 5/8" x 1800 mm extra galvanizado	
211349	-	Varilla de anclaje 3/4" x 2500 mm	
301858	1458479	Varilla de anclaje 3/4" x 2500 mm extra galvanizado	
* Aplica para las empresas CENS, CHEC, EDEQ, EPM y ESSA.			

Figura 4. Varilla de anclaje



4.4. Bloque de anclaje

- Material: concreto o polimérico (polipropileno/polietileno)
- Ubicación: en el suelo, en el fondo de la excavación, debe acoplarse al mismo ángulo de enterramiento requerido por la varilla de anclaje
- Función: transferencia de presión al suelo y generación de cuña de suelo

Tabla 5. Bloque de anclaje de concreto

Código		Descripción	Referencia
Grupo EPM*	AFINIA		
218528	1707868	Bloque anclaje concreto 40x20x20 cm	ET-TD-ME03-31
* Aplica para las empresas CENS, CHEC, EDEQ, EPM y ESSA.			

Figura 5. Bloque de anclaje de concreto

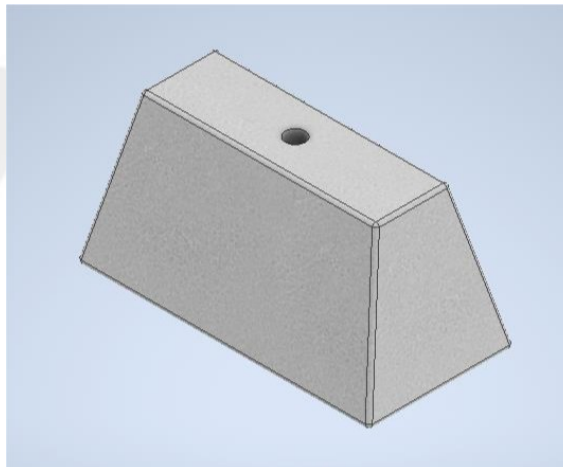
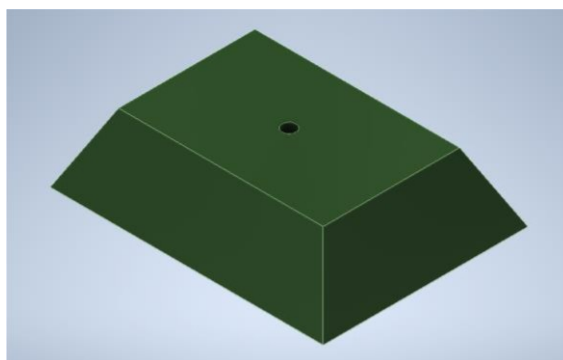


Tabla 6. Bloque de anclaje polimérico

Código	Descripción	Referencia
218523	Bloque de anclaje polimérico de 400mm X 300mm X 100mm	ET-TD-ME03-32

Figura 6. Bloque de anclaje polimérico



4.5. Grapas, herrajes y conexiones

- Material: acero galvanizado
- Ubicación: extremos del cable, superior en la estructura e inferior a la varilla de anclaje, intermedio aislador tensor.
- Función: conexión entre cable – poste/cruceta, cable - aislador tensor, cable – varilla, transmitir esfuerzos mecánicos
- Otras características: compatible con cables de acero galvanizado de calibres 3/8" y 1/4"

Tabla 7. Grapas preformadas para cables de acero EHS

Código		Descripción	Referencia
Grupo EPM*	Afina		
302365	-	Grapa preformada para cable de acero EHS 1/4" clase a	ET-TD-ME03-14
302366	-	Grapa preformada para cable de acero EHS 3/8" clase a	
-	1458466	Grapa preformada para cable de acero EHS 3/8" clase b	
-	1530882	Grapa preformada para cable de acero EHS 1/2" clase b	
* Aplica para las empresas CENS, CHEC, EDEQ, EPM y ESSA.			

Figura 7. Grapa preformada para cable de acero galvanizado



Tabla 8. Collarines

Código	Descripción técnica	Referencia
211326	Collarín 200 mm (8") una salida	ET-TD-ME03-08
211327	Collarín 220 mm (9") una salida	
211328	Collarín 250 mm (10") una salida	
211329	Collarín 280 mm (11") una salida	
216691	Collarín 300 mm (12") una salida	
216690	Collarín 100 mm (4") dos salidas	
211334	Collarín 200 mm (8") dos salidas	
211335	collarín 220 mm (9") dos salidas	
211336	Collarín 250 mm (10") dos salidas	
211337	Collarín 280 mm (11") dos salidas	
211338	Collarín 300 mm (12") dos salidas	
211339	Collarín 330 mm (13") dos salidas	

Nota: el diámetro del collarín debe seleccionarse de acuerdo con la ubicación sobre el poste.

Figura 8. Collarín

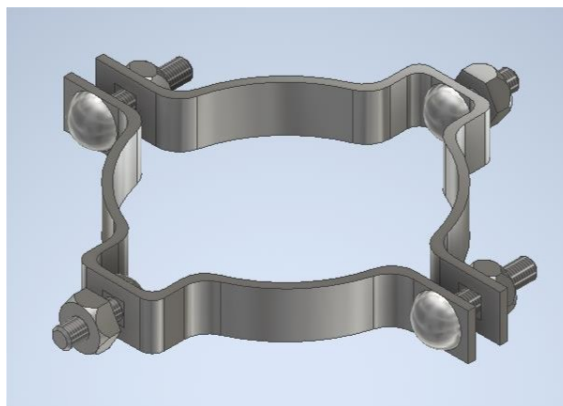


Tabla 9. Tuerca de ojo alargada

Código	Descripción técnica	Referencia
211356	Tuerca de ojo alargada 5/8"	ET-TD-ME03-09

Figura 9. Tuerca de ojo alargada



Figura 10. Eslabones en "U"

Código	Descripción	Referencia
211318	Eslabón en "U" 5/8" (grillete) forjado galvanizado	ET-TD-ME03-11
216694	Eslabón en "U" 5/8" (grillete) forjado extra-galvanizado	

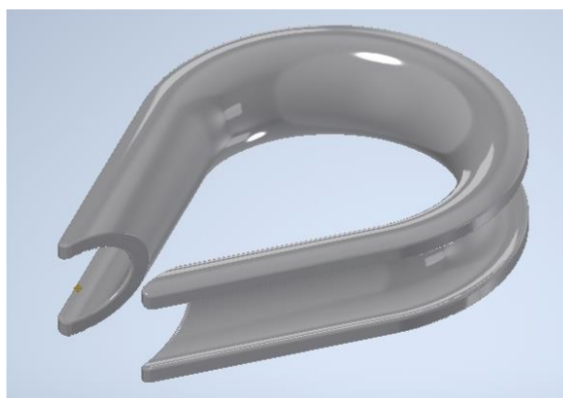
Figura 11. Eslabón en "U"



Tabla 10. Guardacabos

Código	Descripción	Referencia
211402	Guardacabo acero galvanizado 5/8" para zona no contaminada	ET-TD-ME03-12
286067	Guardacabo acero galvanizado 5/8" para zona contaminada	

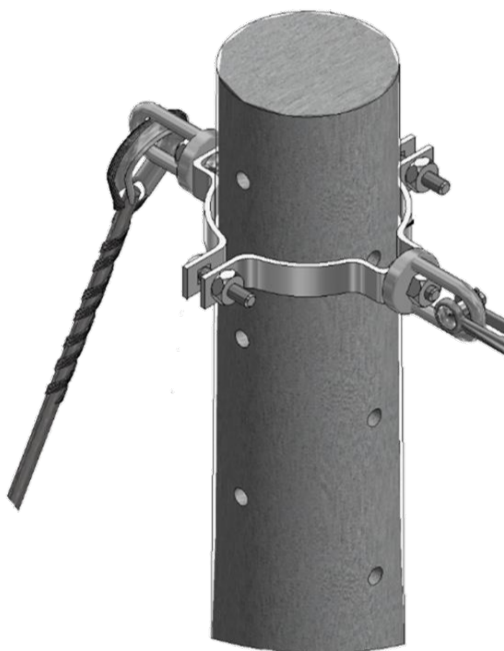
Figura 12. Guardacabo



4.5.1. Conexiones

- Conexión 1: consiste en la conexión entre el cable de acero y el poste, para esto se requiere el uso de los elementos collarín, tuerca de ojo, guardacabo y grapa preformada.

Figura 13. Conexión 1: cable de acero a poste



- Conexión 2: consiste en la conexión entre el cable de acero y la cruceta, para esto se requiere el uso de los elementos eslabón en “U”, guarda cabo y grapa preformada.

Figura 14. Conexión 2: cable de acero a cruceta



- Conexión 3: consiste en la conexión entre el cable de acero y el aislador tensor, para esto se requiere el uso del elemento grapa preformada.

Figura 15. Conexión 3: cable de acero a aislador tensor



- Conexión 3': consiste en la conexión entre el cable de acero y el aislador tensor polimérico, para esto se requiere el uso del elemento grapa preformada.

Figura 16. Conexión 3': cable de acero a aislador tensor



- Conexión 4: consiste en la conexión entre el cable de acero y la varilla de anclaje, para esto se requiere el uso de los elementos grapa preformada y guardacabo.

Figura 17. Conexión 4: cable de acero a varilla de anclaje



4.6. Camisa de protección para retenida

- Material: polietileno o poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con accesorios en acero galvanizado o inoxidable.
- Ubicación: parte inferior del cable.
- Dimensiones: longitud 2100mm espesor 1.5mm
- Función: elemento que se instala en el cable de retenida de los postes, con el objetivo de señalarlo con una marcación visible para prevenir accidentes en zonas de circulación de personas, animales o vehículos.

Figura 18. Camisa protectora para retenida



Tabla 11. Camisa protectora para retenida

Codigo	Descripción	Referencia
226144	Camisa protectora para viento o retenida	ET-TD-ME03-16

5. Tipos y formas de retenidas

5.1. Retenida convencional a suelo

Su recorrido inicia en el poste y termina en el anclaje en el suelo, está compuesto por un solo cable. Se presenta en las estructuras como ángulo, referencia, terminal.

Figura 19. Vista isométrico retenida convencional al suelo



Figura 20. Vista lateral retenida convencional al suelo



5.2. Retenida convencional a poste auxiliar

Es una aplicación particular de la retenida convencional a suelo, esta aplicación pretende superar restricciones de espacio para el anclaje de la retenida en el suelo.

La retenida viaja desde la estructura principal a un poste auxiliar que sirve de puente y, luego a través retenidas convencionales desde el poste auxiliar al suelo.

La distancia horizontal entre la estructura principal y el poste auxiliar generalmente está entre 6m y 10m, sin embargo, para este tipo de retenida la distancia mínima está especificada en la norma técnica de la estructura.

Este tipo de retenidas se encuentra en estructuras con configuración terminal.

5.3. Retenida en Y a poste auxiliar o suelo

Esta retenida tiene dos brazos que se unen en un punto central y, desde este punto viaja hacia el anclaje en un poste auxiliar o en el suelo formando una “Y”. Los brazos esta conectados al extremo de una cruceta y al poste o en algunos casos ambos extremos de la cruceta.

La longitud de los brazos de la “Y” es 3000mm generalmente, sin embargo, para este tipo de retenida esa distancia es especificada en la norma técnica de la estructura en la cual sea requerido.

Generalmente se encuentra en los montajes en configuración terminal con crucetas 2400mm.

Figura 21. Vista isométrico-retenida en Y a poste auxiliar.

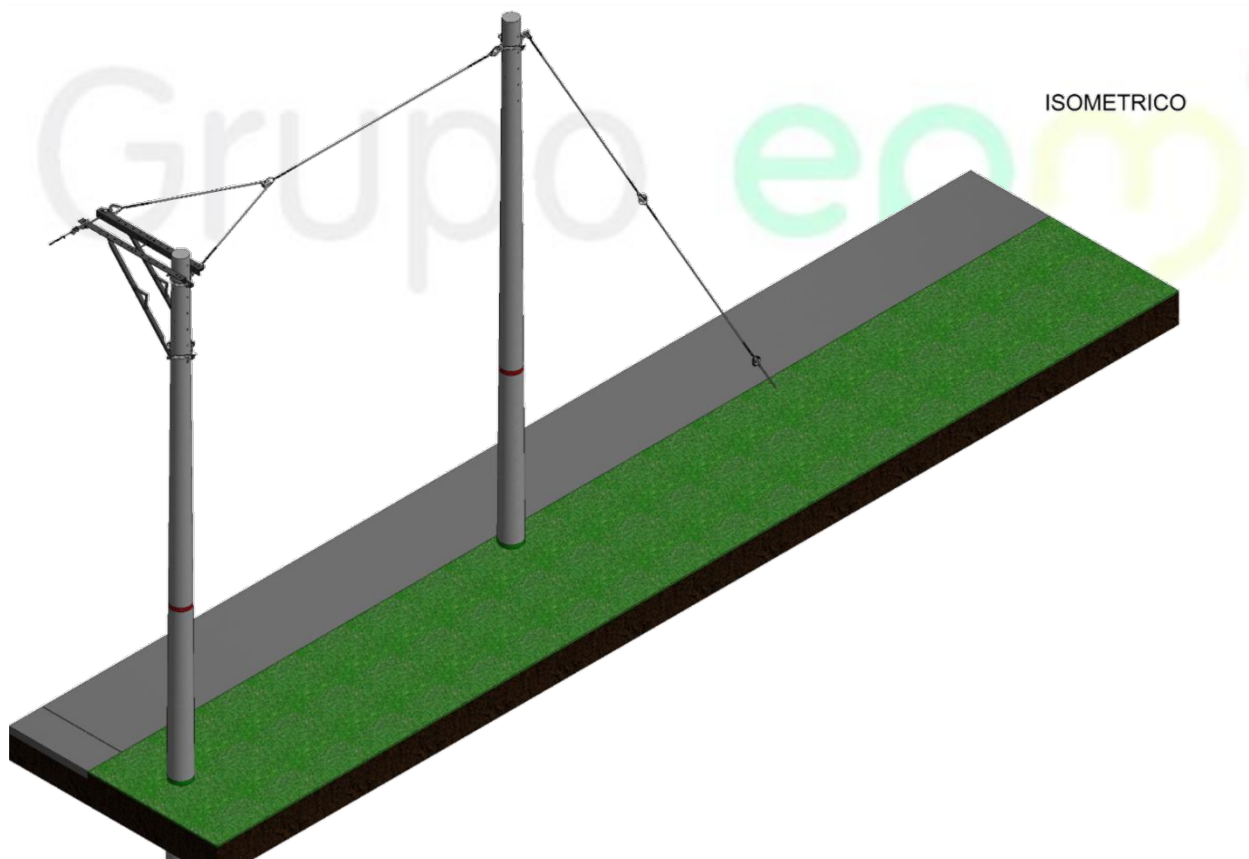


Figura 22. Vista lateral retenida en Y a poste auxiliar

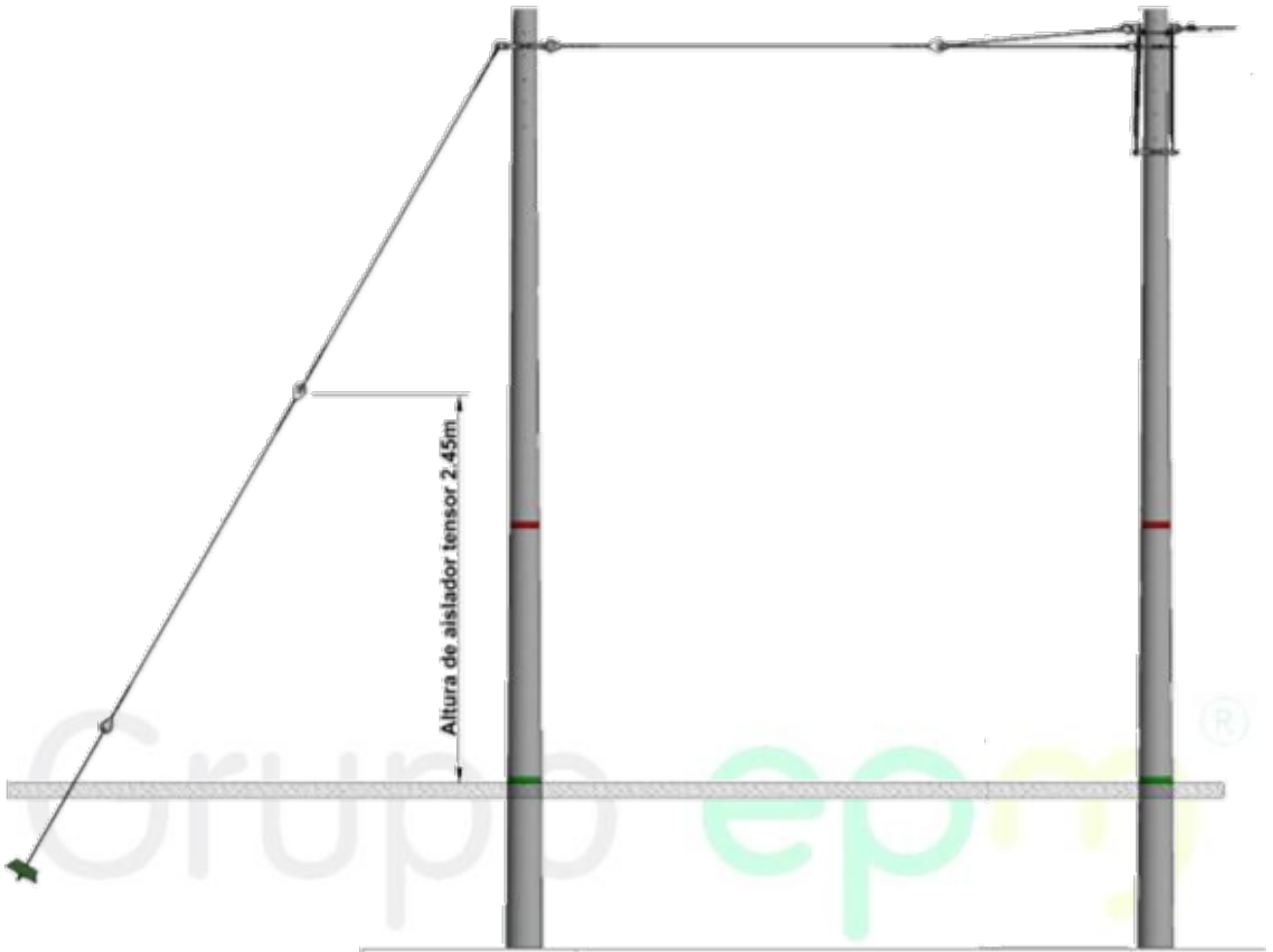


Tabla 12. Postes auxiliares y estructuras que requieren retenida con poste auxiliar (convencional o en Y)

CÓDIGO IDENTIFIC.	CÓDIGO JDE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	NC-RA2-244	NC-RA2-344	NC-RA2-308	NC-RA2-7411	NC-RA1-244	NC-RA1-344	NC-RA1-7410
0001	200002	Poste de concreto de 8m y 510kgf monolítico	-	-	-	x	-	-	-
0002	200003	Poste de concreto de 8m y 750kgf monolítico	-	-	x		-	-	-
0003	200004	Poste de concreto de 8m y 1050kgf monolítico	x	x	-	-	-	-	-

CÓDIGO IDENTIFIC.	CÓDIGO JDE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	NC-RA2-244	NC-RA2-344	NC-RA2-308	NC-RA2-7411	NC-RA1-244	NC-RA1-344	NC-RA1-7410
0013	200016	Poste de concreto de 12 m y 750 kgf monolítico	-	-	-	-	-	-	x
0009	200011	Poste de concreto de 10m y 1050kgf monolítico	-	-	-	-	x	-	-
0013	200016	Poste de concreto de 12 m y 1050 kgf monolítico	-	-	-	-	-	x	-

5.4. Cantidades aproximadas para cada tipo de retenida

Tabla 13. Cantidades aproximadas por tipo de retenida

Código	Descripción técnica	Referencia	A	B	C	D
(1)	Aislador tensor	ET-TD-ME02-01	1	1	1	1
200527 (2)(3)	Cable acero galvanizado 1/4" extra alta resistencia	ET-TD-ME01-41	-	-	-	-
211351(4)	Varilla de anclaje 5/8" X 1800 mm	ET-TD-ME03-14	1	1	1	1
218523(5)	Boque de anclaje polimérico de 400 mm X 300 mm X 100 mm	ET-TD-ME03-32	1	1	1	1
302365(6)	Grapa preformada acero galvanizado 1/4" cable de acero galvanizado	ET-TD-ME03-14	4	4	4	4
211402(7)	Guardacabo acero galvanizado 5/8"	ET-TD-ME03-12	2	2	3	3
226144	Camisa protectora para viento o retenida	ET-TD-ME03-16	1	1	1	1
211356	Tuerca de ojo alargada 5/8"	ET-TD-ME03-09	1	1	1	1
(7)	Poste auxiliar	ET-TD-ME04-01		1		1
211318	Eslabón en U (grillete) 5/8" forjado galvanizado	ET-TD-ME03-11	-	-	1	1
(8)	Collarín	ET-TD-ME03-08	1	2	1	2

Donde:

- A: retenida convencional a suelo
- B: retenida convencional a poste auxiliar
- C: retenida en Y a suelo
- D: retenida en Y a poste auxiliar.

Notas:

- 1) El tipo de aislador debe seleccionarse de acuerdo con el nivel de tensión, nivel de contaminación de la zona y ubicación en la red, ver **Tabla 2** y **Tabla 3**.
- 2) El calibre del cable puede variar de acuerdo con los requerimientos mecánicos de la estructura, lo cual se define en cada norma técnica, ver **Tabla 1**.

- 3) La longitud del cable varía en función de la longitud del poste, el tipo de retenida y el ángulo con el plano del suelo en el punto de anclaje, en la **Tabla 17** se presenta una longitud aproximada de cable.
- 4) La longitud de la varilla de anclaje puede variar, de acuerdo con los requerimientos de resistencia de la cuña de suelo, ver **Tabla 4** y **Tabla 15**.
- 5) El bloque de anclaje puede variar de material de acuerdo con los requerimientos de desplazamiento y disponibilidad, ver **Tabla 5** y **Tabla 6**.
- 6) El calibre la grapa preformada pueda varía en función del calibre del cable, ver **Tabla 7**
- 7) El poste auxiliar varia en longitud y capacidad mecánica de acuerdo con los requerimientos de la estructura principal, en la **Tabla 12** se indica el poste utilizado en cada norma que plantea la construcción de la retenida con poste auxiliar.
- 8) El diámetro del collarín debe seleccionarse de acuerdo con la ubicación sobre el poste.

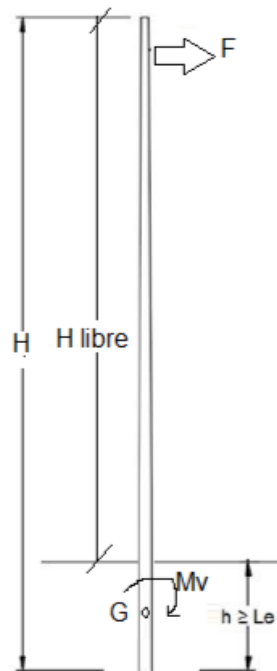
6. Verificación de la estabilidad del poste y la retenida

En este numeral se presenta los criterios para verificar la estabilidad del poste ante cargas laterales causadas por el tensionado de los conductores que éste soporta.

6.1. Estabilidad del poste

Sobre un poste actúan fuerzas externas (F) que tienden a volcarlo. Dichas fuerzas producen un momento de vuelco (M_v) que tiende a rotar el poste sobre un punto de giro (G) que se considera situado según la posición mostrada en la siguiente figura.

Figura 23. Esquema de las fuerzas que actúan sobre un poste



La guía técnica GM-12: “cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de EPM “y sus anexos, presenta las tablas de tendido de cables con el fin de determinar los valores del tensionado mecánico que se le debe dar a los conductores y poder establecer el valor de la componente “F”.

Según el procedimiento descrito en la Guía técnica GM-12, el factor de seguridad al volcamiento está determinado por la relación entre el momento de vuelco (Mv) y el momento estabilizador (Me) que se genera en el empotramiento del poste con el suelo.

$$F.S.Volcamiento = Me / Mv$$

$$Mv = F (H_{libre} + \frac{2}{3} h)$$

El factor de seguridad al volcamiento como mínimo debe ser de 1.50.

El momento estabilizador (Me) puede calcularse según la teoría de Sulzberger, en el cual se tienen en cuenta el diámetro del poste en su base, el tipo de suelo y la profundidad de empotramiento del poste:

$$Me = \Phi_{poste} \cdot \frac{h^3}{52.8} \cdot C_h \cdot \tan(\tau)$$

Dónde:

- Φ_{poste} : Diámetro de la base del poste (m)
- h: Profundidad de empotramiento del poste (m)
- Ch: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kgf/m³)
- τ : Angulo admisible de rotación vertical del poste. El valor máximo de tan(τ) debe ser igual a 0.01.

Dado que el coeficiente de compresibilidad del suelo (Ch) es una característica propia del suelo, se hace necesario definir el tipo suelo.

6.1.1. Tipos de suelos

Los sistemas de clasificación de suelos los dividen en grupos y subgrupos basados en propiedades comunes, tales como, la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos principales sistemas de clasificación son el sistema AASHTO (American Association of State High-way and Transportation Officials) y el Unified Soil Classification System (también ASTM).

Ambos sistemas se basan en clasificar el suelo de acuerdo con su distribución granulométrica y sus límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), sin embargo, para realizar una adecuada clasificación y conocer sus propiedades geotécnicas es necesario realizar ensayos de laboratorio y tomar muestras del suelo del sitio de interés.

En general, los sistemas de clasificación agrupan los suelos en cuatro grupos:

- **Gravas:** con tamaños de grano entre unos 8-10 cm hasta los 2 mm. Se caracterizan porque los granos son observables a simple vista. No retienen el agua por los espacios que existen entre sus granos.
- **Arenas:** con tamaños de grano entre 2 mm y 0,06 mm todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.
- **Limos:** con tamaños de grano entre 0,06 mm 0,002 mm retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta de agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la otra mano se ve como el agua se exuda (o se separa) con facilidad.
- **Arcillas:** formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0,02 mm). Se trata de partículas tamaño “gel” y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños. La capacidad de retener agua es muy elevada en las arcillas, por lo que son generalmente el tipo de suelo más problemático para las cimentaciones.

En la naturaleza, estos tipos de suelos normalmente se encuentran mezclados, es decir, de una muestra de suelo se puede tener combinaciones de los anteriores grupos en proporciones variables, es decir, se pueden encontrar arenas mezcladas con gravas, limos y arcillas (suelos limo-arenosos, arcillas limosas, etc...).

Cada grupo de suelo tiene propiedades mecánicas y geotécnicas variables, debido a que el tamaño de las partículas y su capacidad de retener el agua afecta su comportamiento ante la aplicación de esfuerzos sobre sí mismo.

Teniendo en cuenta que la instalación de postes es una actividad masiva, no sería práctico realizar tomas de muestras para enviarlas al laboratorio en cada uno de los puntos donde se va a cimentar o instalar un poste de una red de distribución, se hace necesario contar con una clasificación alternativa, la cual, de manera práctica, permita realizar una clasificación del suelo en función de sus características físicas más evidentes.

La clasificación de tipos de suelo que se propone en esta norma pretende brindar la posibilidad de tomar decisiones en cuanto al tipo de suelo para cimentar un poste o una retenida, esta clasificación no reemplaza los métodos AASHTO y ASTM reconocidos internacionalmente, sino que busca brindarle al diseñador y constructor una alternativa para que tenga en cuenta las características y propiedades del suelo y, de esa manera un criterio más acertado para cimentar el poste y su retenida.

Tabla 14. Guía práctica para clasificar el tipo de suelo

Tipo de suelo	Guía auxiliar práctica clasificar el tipo de suelo	Coefficiente de compresibilidad Ch (kgf/m³)
Blando	Suelo limo-arcilloso, con gran contenido de humedad y muy blando. Apretándolo entre las manos, el material se escurre entre los dedos. Si se forma una pasta y se coloca sobre la mano, al golpear la mano se ve como el agua exuda con dificultad. Los tamaños de grano no son fácilmente identificables a simple vista.	2 - 5 $\times 10^6 \text{ kgf/m}^3$
Medio	Arenas con un contenido de grava y mezclas de limos (arena gruesa y pedregosa con partículas de piedras pequeñas). Los granos del suelo son observables a simple vista. Cuando se hace una mezcla y se le agrega agua no se forma una pasta continua, sino que los granos se separan del agua de ella con cierta facilidad.	6 - 10 $\times 10^6 \text{ kgf/m}^3$
Duro	Arenas con contenidos de gravas. Los granos o partículas del suelo se pueden observar a simple vista. El suelo no retiene el agua, es decir, se observa que al tomar un puñado y agregarle agua, esta se escurre y se separa fácilmente de las partículas de suelo.	>11 $\times 10^6 \text{ kgf/m}^3$

6.1.2. Procedimiento para clasificar el suelo en campo

- Realizar un apique a una profundidad equivalente al 10% de la altura del poste más 0,60 m. A medida que se vaya profundizando en el apique se deben tomar muestras en al menos 3 puntos de la profundidad total (por ejemplo, si la profundidad total del apique es de 2 m, se tomarán muestras para analizarla visualmente a los 0.66 m, 1.3 m y 2 m).
- Realizar una inspección visual para cada muestra de cada profundidad del suelo de acuerdo con los criterios definidos en la **Tabla 14**, al mismo tiempo se debe realizar un registro fotográfico donde se describa y registre la observación realizada, la decisión tomada o clasificación seleccionada para el suelo (duro, medio o blando).
- Las clasificaciones para las tres profundidades del apique pueden arrojar un resultado diferente para cada una, cuando esto se presente, se debe asumir que la clasificación definitiva del apique es la que sea más desfavorable, es decir, la de menor coeficiente de compresibilidad. Por ejemplo: en un apique de 2 m de profundidad se obtiene que: a los 0.66 m un suelo medio, a los 1.3 m un suelo duro y a los 2 m un suelo blando, la clasificación definitiva para este apique es suelo blando. Lo anterior con el fin de considerar la condición más desfavorable y tener un factor de seguridad adicional dado la presencia de capas de suelo de diferentes características.
- Finalmente, se debe registrar la profundidad a la cual se encuentra el nivel freático. El nivel freático puede variar de acuerdo con múltiples factores como el clima, la cercanía a quebradas o ríos y entre otros. Si el nivel freático se encuentra a menos de 1 m de profundidad, se recomienda clasificar el suelo como blando.

Una vez clasificado el suelo, se procede a calcular el momento estabilizador (Me).

6.1.3. Cálculo del factor de seguridad al volcamiento

El factor de seguridad al volcamiento se puede calcular como la relación entre el momento estabilizador (Me) y el momento de vuelco (Mv):

$$F.S.Volcamiento = Me / Mv$$

El valor del factor de seguridad al volcamiento debe ser mayor o igual a 1.5, cuando se obtiene un valor menor a 1.50 se debe implementar el uso de retenidas para estabilizar el poste.

Nota:

Cuando las normas de construcción indican que se debe instalar retenidas en la estructura, implica que se debe validar la estabilidad de la estructura considerando el uso de las retenidas, por lo cual, no es necesario evaluar la estabilidad del poste sin retenidas. Se debe seguir lo indicado en el numeral 6.2 y 6.3 de esta norma técnica.

6.2. Estabilidad de la estructura (poste) considerando el uso de retenidas

Las retenidas tienen como función absorber la fuerza horizontal debida a los conductores, correspondiente con la fuerza “F” que se presenta en la **Figura 24**. La instalación de una retenida en el poste implica que la carga horizontal “F” que genera que el factor de seguridad al volcamiento sea inferior al mínimo, se compense con la reacción horizontal “Rx”.

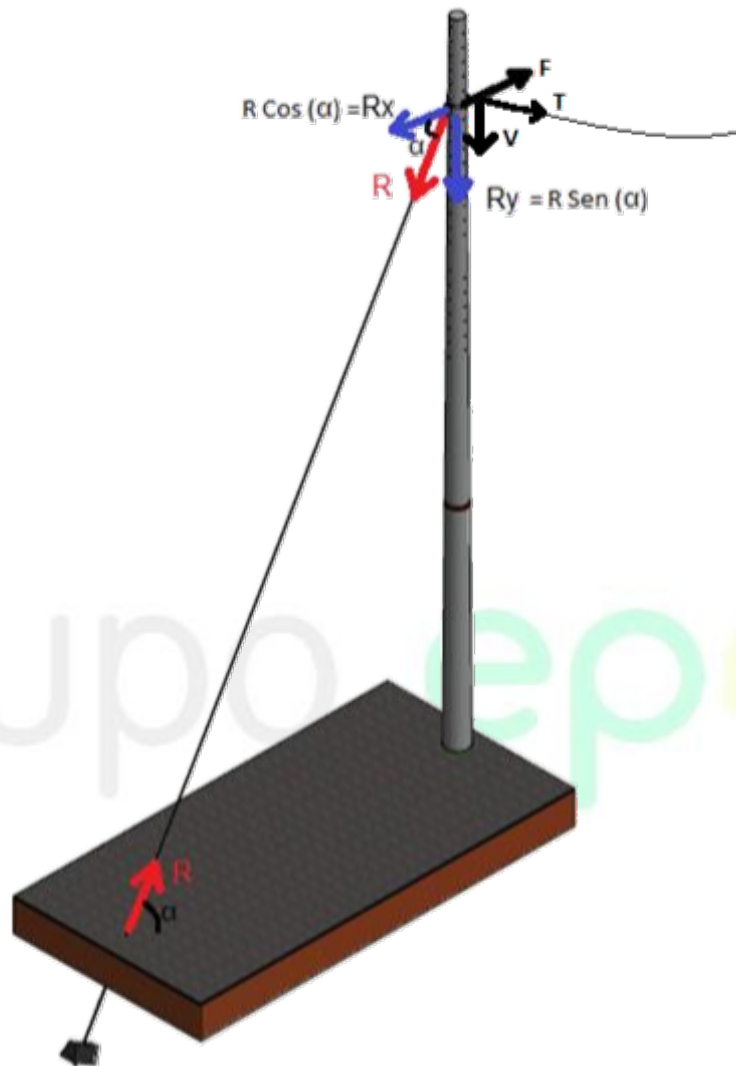
La **Figura 24** muestra el esquema de fuerzas involucradas en el análisis estático de un poste con retenida, donde, “Rx” y “Ry” son las componentes horizontal y vertical de la tensión “R” que se generan cuando se aplica el tensionado al cable de la retenida.

Para compensar la componente horizontal “F” del tensionado de los conductores, la componente horizontal de la retenida denominada “Rx” debe ser equivalente a “F”, anulando así la carga horizontal en la cima del poste y logrando que la estructura permanezca estable.

Se debe tener en cuenta que al tensionar la retenida, la fuerza “R” genera también una componente vertical “Ry” sobre el poste, esta se suma a la componente vertical “V” debida al tensionado de los conductores, la resultante de las componentes verticales debe ser soportada por el poste sin presentar falla por pandeo (esta validación debe ser revisada con el fabricante del poste, verificando que la resistencia al pandeo local del poste sea superior a las solicitaciones a las cuales está sometido, considerando el factor de seguridad que aplique para esta condición de falla, se recomienda usar un

factor mayor o igual a 1.5, según el (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2023) tabla 253-1.

Figura 24. Diagrama de cuerpo libre de una retenida para un poste



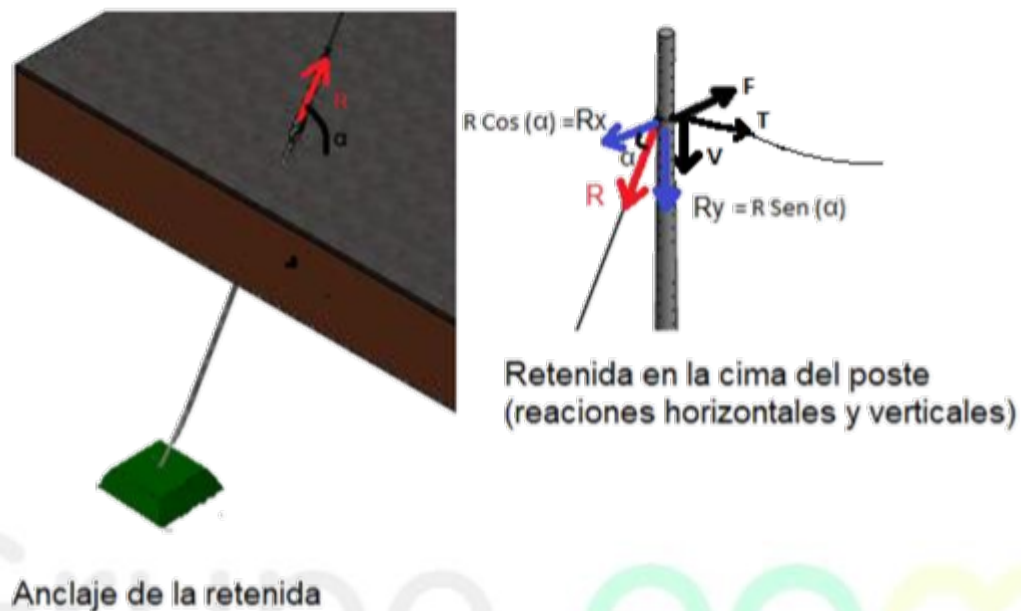
Otro parámetro que se debe tener en cuenta para la verificación de la estabilidad de la retenida es el ángulo “ α ” el cual afecta el valor de las componentes horizontal y vertical que se generan al realizar el tensionado “ R ” de la retenida. Por lo tanto, el ángulo de la retenida “ α ” debe estar entre 45° y 60° .

6.3. Verificación del anclaje de la retenida

La guía GM-12 de EPM, establece la metodología del cálculo de la resistencia máxima de un ancla enterrada en el suelo.

A continuación, se presenta de manera esquemática las reacciones generadas por el tensionado de la retenida “R”:

Figura 25. Esquema de las reacciones en la base y en la cima de la retenida



El bloque de anclaje transfiere una presión en el suelo que se encuentra encima de él, dicha presión no debe superar la capacidad admisible del suelo, ya que de lo contrario puede presentarse una falla del suelo y se perdería el tensionado del cable de la retenida, es decir, el suelo no soporta la presión y se extrae el bloque de anclaje liberando la tensión en la retenida.

La **Tabla 15** presenta los valores máximos de referencia para los esfuerzos soportados por la cuña de suelo en función del tipo de suelo, el tensionado de la retenida “R” y las componentes “Rx” y “Ry”. Esta tabla nos permite verificar que para el ángulo “α” y la profundidad del anclaje seleccionados, no se superen los valores máximos de referencia.

Tabla 15. Valores máximos de referencia para los esfuerzos soportados por la cuña de suelo.

Ángulo de la retenida	Profundidad del anclaje (longitud varilla) (m)	Tipo de suelo	Tensionado máx. cable de la retenida	Reacción horizontal máx.	Reacción vertical máx.
α (°)	L(m)		R (kgf)	Rx (kgf)	Ry (kgf)
60°	2.50	Duro	3920	1960	3395
		Medio	3362	1681	2912
		Blando	2803	1402	2427
	2.00	Duro	2359	1179	2043
		Medio	2023	1012	1752

Ángulo de la retenida	Profundidad del anclaje (longitud varilla) (m)	Tipo de suelo	Tensionado máx. cable de la retenida	Reacción horizontal máx.	Reacción vertical máx.
α (°)	L(m)		R (kgf)	Rx (kgf)	Ry (kgf)
	1.80	<i>Blando</i>	1687	844	1461
		<i>Duro</i>	1873	937	1622
		<i>Medio</i>	1607	804	1392
		<i>Blando</i>	1340	670	1160
	1.50	<i>Duro</i>	1274	637	1103
		<i>Medio</i>	1094	547	947
		<i>Blando</i>	913	457	791
	2.50	<i>Duro</i>	4432	2849	3395
		<i>Medio</i>	3798	2441	2909
		<i>Blando</i>	3167	2036	2426
50°	2.00	<i>Duro</i>	2667	1714	2043
		<i>Medio</i>	2287	1470	1752
		<i>Blando</i>	1908	1226	1462
	1.80	<i>Duro</i>	2117	1361	1622
		<i>Medio</i>	1816	1167	1391
		<i>Blando</i>	1515	974	1161
	1.50	<i>Duro</i>	1441	926	1104
		<i>Medio</i>	1236	794	947
		<i>Blando</i>	1032	663	791
45°	2.50	<i>Duro</i>	4798	3393	3393
		<i>Medio</i>	4114	2909	2909
		<i>Blando</i>	3431	2426	2426
	2.00	<i>Duro</i>	2889	2043	2043
		<i>Medio</i>	2478	1752	1752
		<i>Blando</i>	2067	1462	1462
	1.80	<i>Duro</i>	2294	1622	1622
		<i>Medio</i>	1968	1392	1392
		<i>Blando</i>	1642	1161	1161
	1.50	<i>Duro</i>	1561	1104	1104
		<i>Medio</i>	1339	947	947
		<i>Blando</i>	1118	791	791

Notas

- Para efectos de aplicación de esta norma, se utiliza un bloque de anclaje con geometría tronco piramidal de concreto o de material polimérico según los requisitos de las especificaciones técnicas de EPM: ET-TD-ME03-31 y ET-TD-ME03-32. En caso de utilizar otro tipo de anclaje con una geometría y material diferente, los valores de la tabla anterior no son aplicables.

- La selección de la longitud de la varilla de anclaje está directamente relacionada con las condiciones del suelo que se encuentren en la zona y la reacción “Rx” que se necesite para contrarrestar la fuerza “F”. Por lo tanto, se debe seleccionar la longitud de varilla que se adapte estas condiciones.

Los valores presentados en la **Tabla 15** corresponden con los máximos valores que puede resistir el suelo del anclaje de la retenida (teóricamente), por ejemplo: si se requiere contrarrestar una fuerza F de 300 kgf en un suelo blando con una retenida con un ángulo de 60°, es posible utilizar una varilla de longitud de 1.50 m, ya que esta brinda una componente horizontal Rx de 413 kgf (R= 825 kgf). Sin embargo, la tensión que se debe aplicar en campo a la retenida no corresponde con el valor máximo de R, sino que se debe calcular el valor de la fuerza R que genera una componente Rx de 300 kgf. A continuación, se presenta la forma para realizar este cálculo.

$$R = \frac{R_x}{\cos(\alpha)} = \frac{300 \text{ kgf}}{\cos(60^\circ)} = 600 \text{ kgf}$$

La retenida se debe tensionar una fuerza R=600 kgf, para lograr una componente horizontal Rx=300 kgf que compense la fuerza de F.

Nótese que el valor de R obtenido (600 kgf) es inferior al valor máximo que resiste el suelo Rmax = 825 kgf, para suelo blando con varilla de 1.50 m y un ángulo de retenida de 60°, ver **Tabla 15**.

El uso de la **Tabla 15** y los criterios definidos en esta norma para definir las características de la cimentación de una retenida, pueden reevaluarse de acuerdo con el criterio técnico del constructor y a las condiciones de suelo. Cuando el suelo presente características particulares que no permitan clasificarlo dentro de los parámetros definidos en esta norma, el constructor debe considerar la asesoría de un ingeniero geotecnista, quien debe analizar el caso particular y tomar la decisión de sobre la pertinencia de un estudio de suelos detallado, así como del diseño de una cimentación para la retenida y el poste diferente a lo estipulado en esta norma, para este caso particular, se prioriza el resultado del estudio y el diseño de la cimentación, sobre lo establecido en este documento.

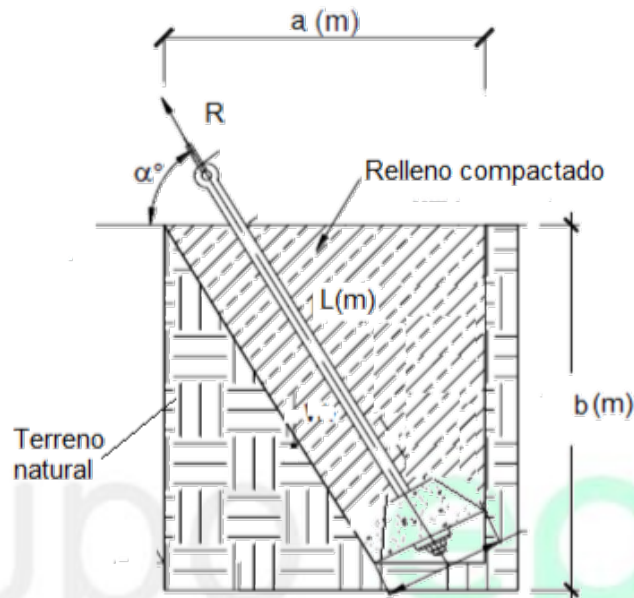
Todos los cálculos en esta norma contemplaron los siguientes valores típicos para la densidad del suelo, de acuerdo con cada tipo:

- Densidad para suelo blando: 1000 kg/m³
- Densidad para suelo medio: 1200 kg/m³
- Densidad para suelo duro: 1400 kg/m³

6.3.1. Instalación del bloque de anclaje

El procedimiento de instalación del bloque de anclaje y la varilla debe realizar conservando el ángulo del cable y de la retenida (**Figura 26**), se debe evitar la instalación en posición vertical, dado que de esta forma la cuña de suelo tiene menor resistencia mecánica.

Figura 26. Esquema de la instalación de varilla y bloque de anclaje para la retenida



Las magnitudes a , b y (α) , varían de acuerdo con la longitud de la varilla de anclaje y el ángulo de instalación. La Tabla 16 presenta las dimensiones aproximadas para la excavación.

Tabla 16. Dimensiones aproximadas de la excavación para la instalación del anclaje de la retenida.

$\alpha (^{\circ})$	Longitud de la varilla $L(m)$	Ancho de la excavación $a(m)$	Profundidad de la excavación $b(m)$
60°	2.4	1.6	2.2
	2	1.4	1.85
	1.8	1.3	1.65
	1.5	1.15	1.4
50°	2.4	2	2.05
	2	1.75	1.75
	1.8	1.65	1.6
	1.5	1.45	1.35
45°	2.4	2.35	1.9
	2	2.05	1.65

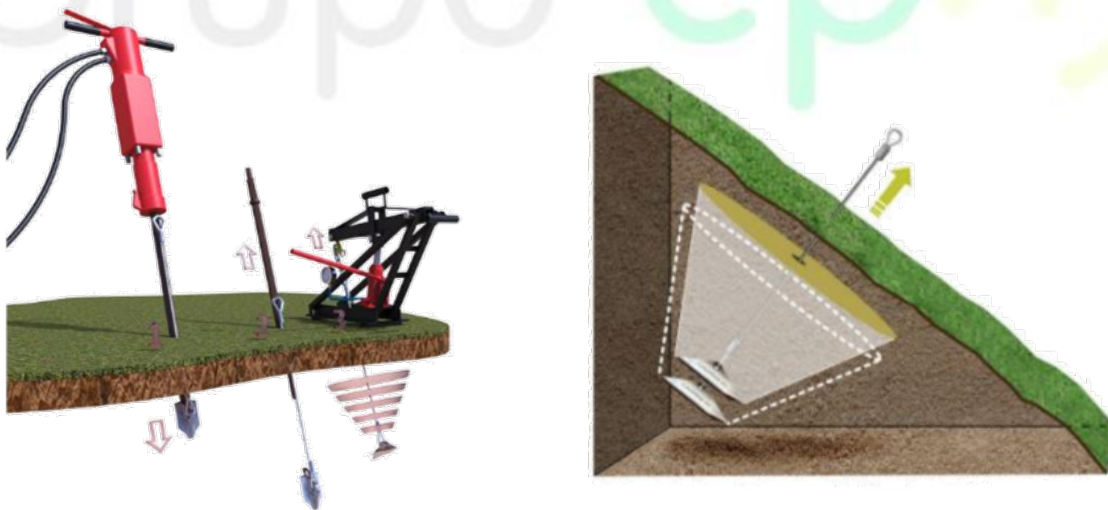
	1.8	1.9	1.5
	1.5	1.7	1.3

El material para lleno de la excavación debe compactarse con pisón manual, ejecutando capas de máximo 15 cm de espesor y compactándolas hasta alcanzar el nivel del requerido.

Los casos en que el material de la excavación presente una humedad excesiva (zona pantanosa) se debe realizar el lleno utilizando concreto ciclópeo, con el fin de densificar el lleno y garantizar la resistencia necesaria para el ancla de la retenida.

Es posible utilizar otros métodos y tecnologías disponibles en el mercado para las retenidas, tales como las varillas de anclaje hincadas directamente en el terreno sin excavación, siempre que se garantice que el anclaje (incluyendo la cuña de suelo) tienen la resistencia mecánica requerida. En la **Figura 27** se muestra dos ejemplos. Para esta situación se deben seguir y aplicar todas las recomendaciones del fabricante en cuanto a la profundidad de instalación de la varilla, las características del suelo, las cargas mecánicas, modos de instalación, entre otras.

Figura 27. Métodos alternativos anclaje sin excavación



6.3.2. Consideraciones particulares

No se recomienda instalar postes ni retenidas en las zonas con riesgo de inundación, es decir, zonas cercanas a quebradas y ríos donde el nivel freático pueda ser variable y muy cercano a la superficie, la acción recomendada es de mover el alineamiento de la red a un lugar con mejores condiciones del terreno.

De manera similar, no se recomienda instalar postes ni retenidas en taludes que tengan riesgo de deslizamiento.

6.4. Verificación del factor de seguridad al volcamiento

El Anexo 1 contiene las curvas del factor de seguridad al volcamiento para diferentes referencias de postes usados en EPM y sus filiales, considerando las diferentes características del suelo.

Se debe tener en cuenta que los gráficos están en función de la clasificación de los tres tipos de suelo blando, medio y duro, definidos en esta norma.

El procedimiento para verificar el factor de seguridad al volcamiento de un poste contempla los siguientes 4 pasos:

- a. Seleccionar la referencia de poste que se va a instalar (ejemplo: poste de concreto 8m-510kgf) y ubique el gráfico correspondiente.
- b. Clasificar el tipo de suelo que tiene en la zona de instalación del poste (suelo blando, medio o duro), de acuerdo con la **Tabla 14. Tabla 14. Guía práctica para clasificar el tipo de suelo**
- c. Obtener el valor de la carga “F”. Para esto, se debe consultar la Guía GM-12 Guía técnica: Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de EPM y sus anexos, y consultar las tablas de tendido de cables.
- d. Leer del gráfico el factor de seguridad al volcamiento. Es importante tener en cuenta que los gráficos están contruidos intencionalmente para que el factor de seguridad siempre sea 1.5 después de cierto límite (40% de la carga lateral de rotura del poste), lo anterior con el fin de garantizar el uso de retenidas para cargas “F” por encima de dicho porcentaje, y nunca dejar la posibilidad de tener un poste autosoportado (sin retenida) para cargas superiores al 40% de la rotura del poste.

Notas:

- Si el factor de seguridad es superior a 1.50 (>1.50) el poste es auto soportado (es decir, que su propio empotramiento puede resistir el momento de vuelco sin necesidad de instalar una retenida), de lo contrario se debe usar retenida.
- Si las normas de construcción indican que se debe instalar retenidas en la estructura, implica que se debe validar la estabilidad de la estructura considerando el uso de las retenidas, por lo cual, no es necesario evaluar la estabilidad del poste sin retenidas. Se debe seguir lo indicado en el numeral 6.2 y 6.3 de esta norma técnica.
- Si el factor de seguridad obtenido es 1.50 se debe utilizar retenida.
- Si “F” es superior al 40% de la carga lateral de rotura del poste se debe usar retenida.
- En caso de superar la deflexión máxima admisible en la cima del poste también se requiere retenida (ver requisitos de deflexiones máximas de acuerdo con el material del poste en la Guía GM-12 Guía técnica: Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de EPM).

- En el caso en el que no sea posible construir retenidas por falta de espacio en el terreno, se debe evaluar la posibilidad de construir una cimentación para el poste. El dimensionamiento de la cimentación no hace parte del alcance de esta norma.

7. Referencias

Las resoluciones, los reglamentos nacionales, las normas y guías técnicas nacionales e internacionales y demás documentos relacionados deben ser considerados en su última versión, a menos que se indique una versión diferente.

En caso de discrepancia entre las normas técnicas y este documento, prevalecerá lo aquí establecido. Así mismo, de presentarse alguna discrepancia entre los requisitos de una norma nacional y su norma internacional de referencia o equivalente, primará lo establecido en la norma de versión más actualizada.

Cimentaciones para postes de energía. (s.f.). Obtenido de <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/le-soi/soi8/soi8.htm>

EPM. (2019). *GM-12 Guía metodológica calculo electromecánico y elementos de sujeción*. Medellín.

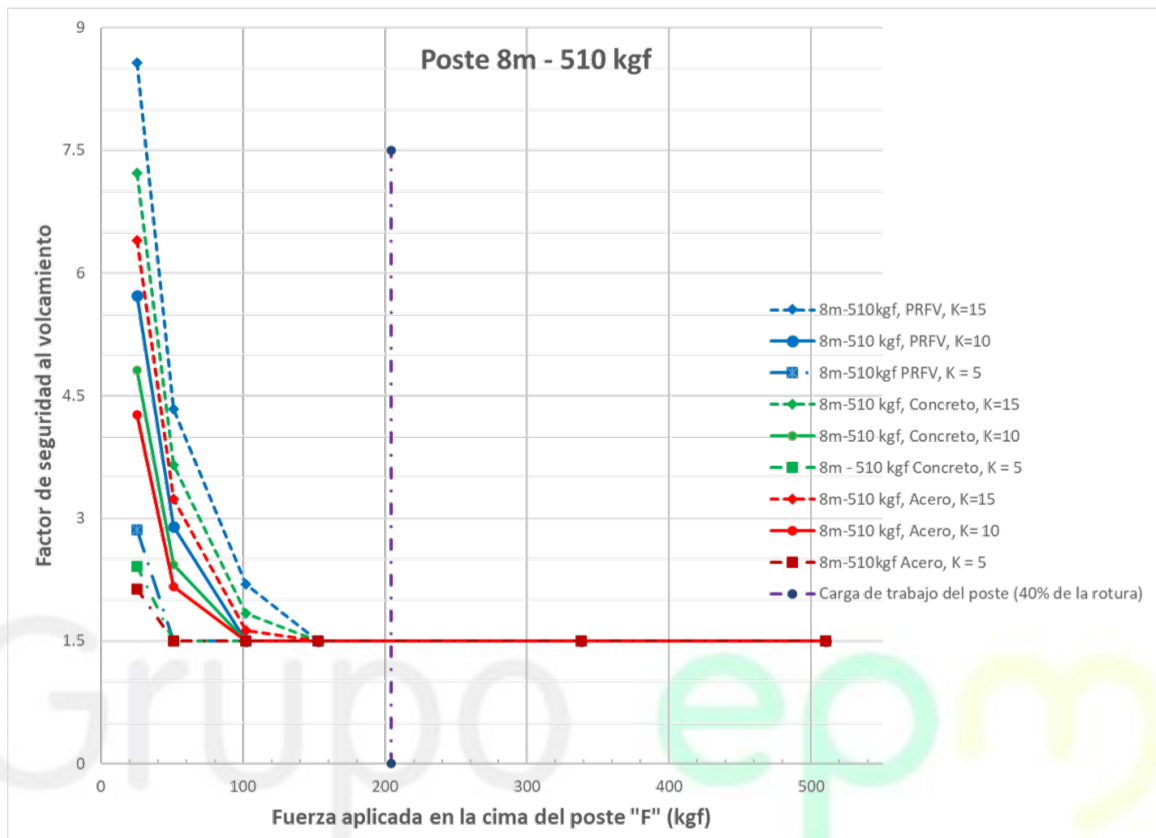
Fernando, B. C. (2000). *Líneas aéreas de media y baja tensión. Cálculo mecánico*. España: Paraninfo.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2023). *The National Electrical Safety Code (NESC)*.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Resolución 90708 de 2013*. Bogotá.

Anexo I. Curvas para la verificación del factor de seguridad al volcamiento de un poste

Figura 28. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 8m – 510kgf

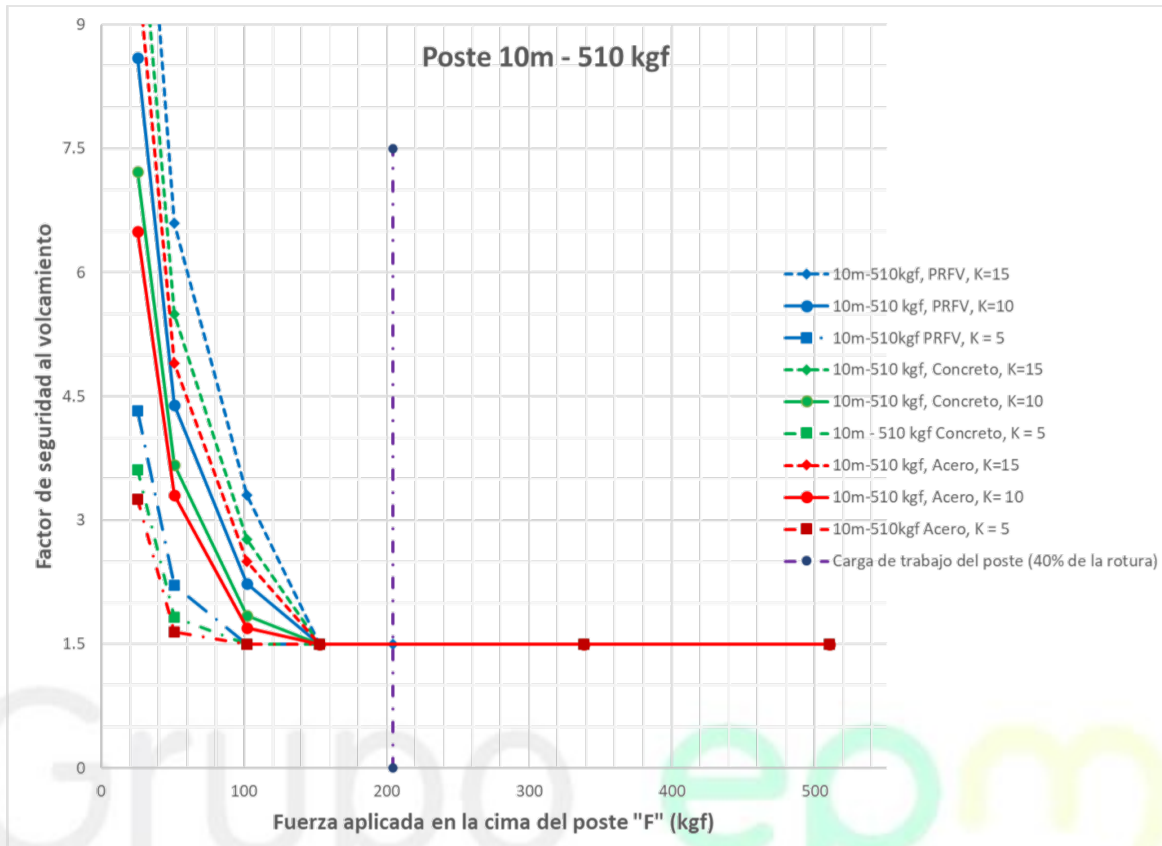


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 29. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 10m – 510kgf

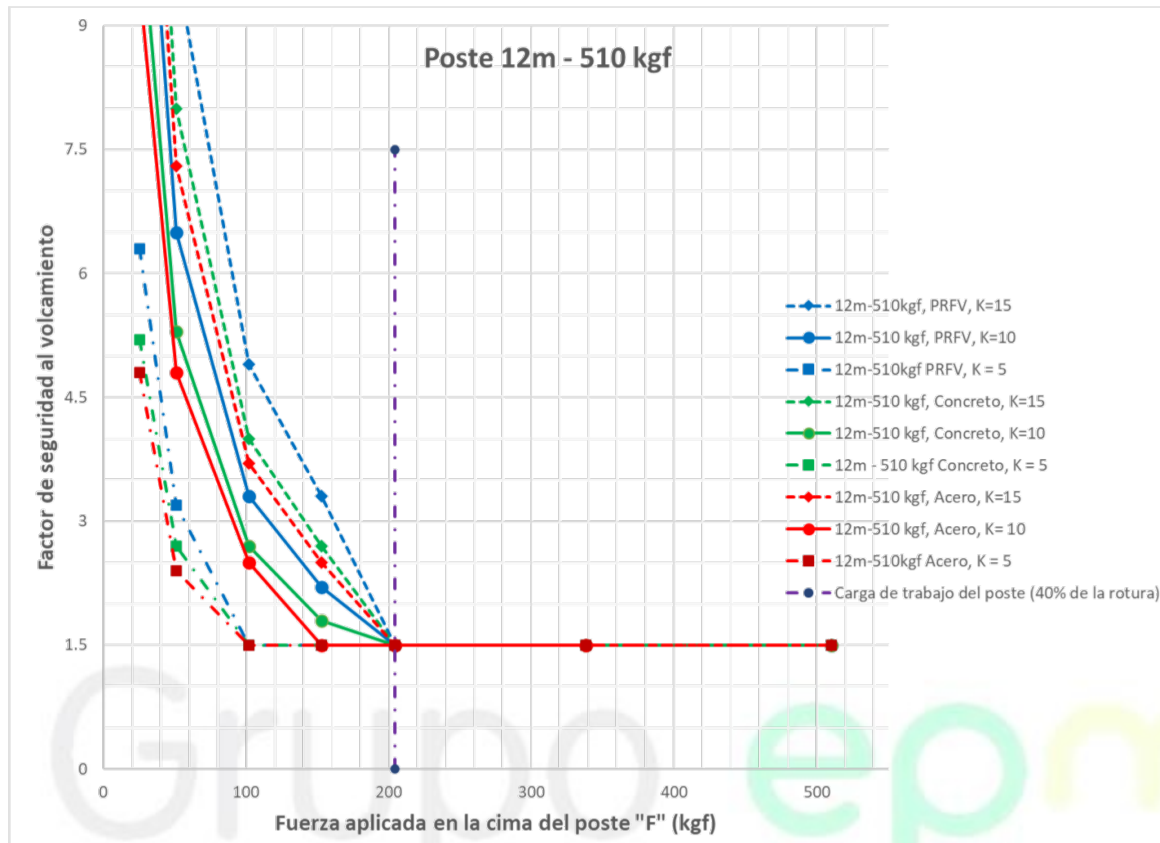


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 30. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 510kgf

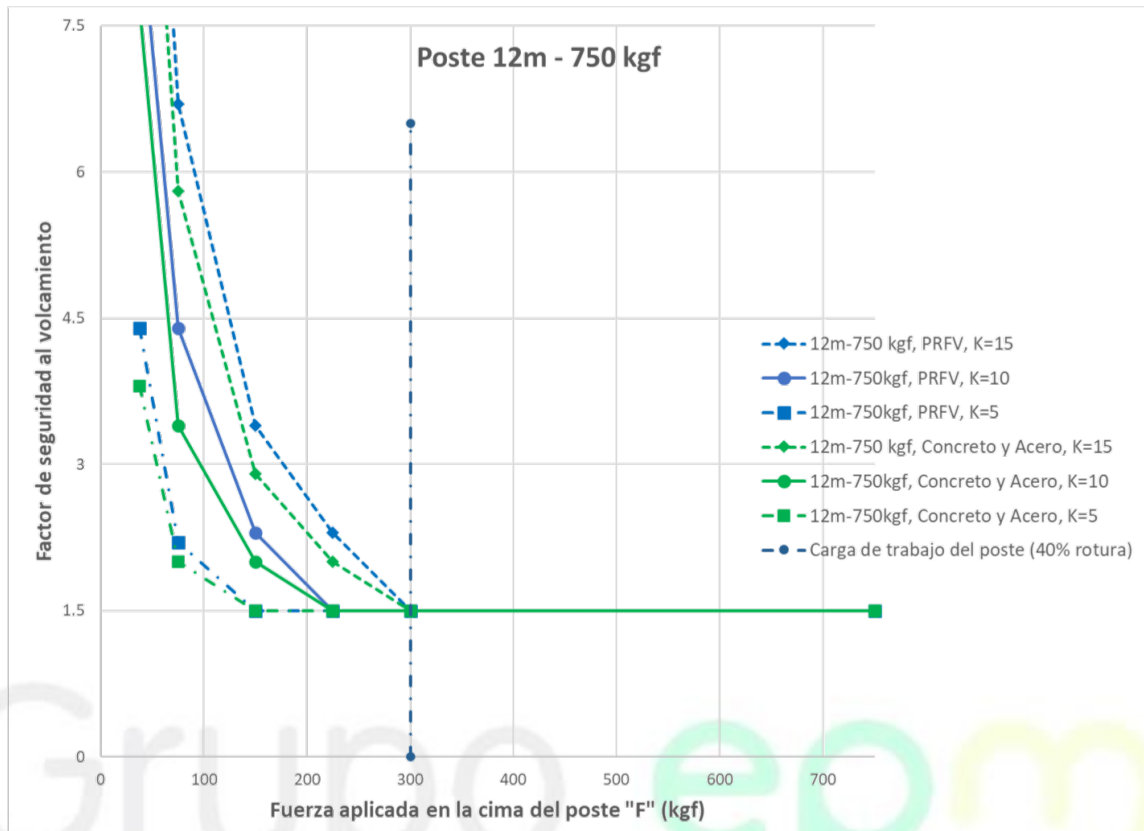


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 31. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 750kgf

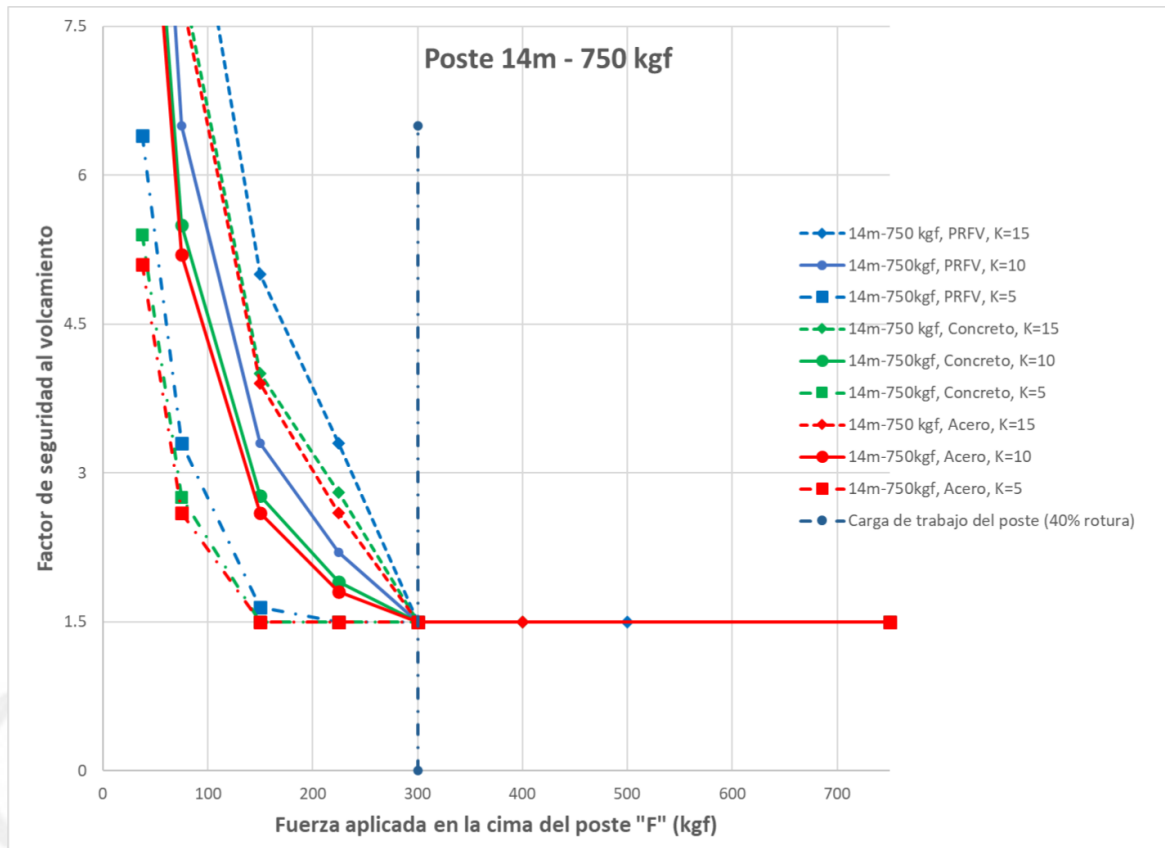


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 32. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 750kgf

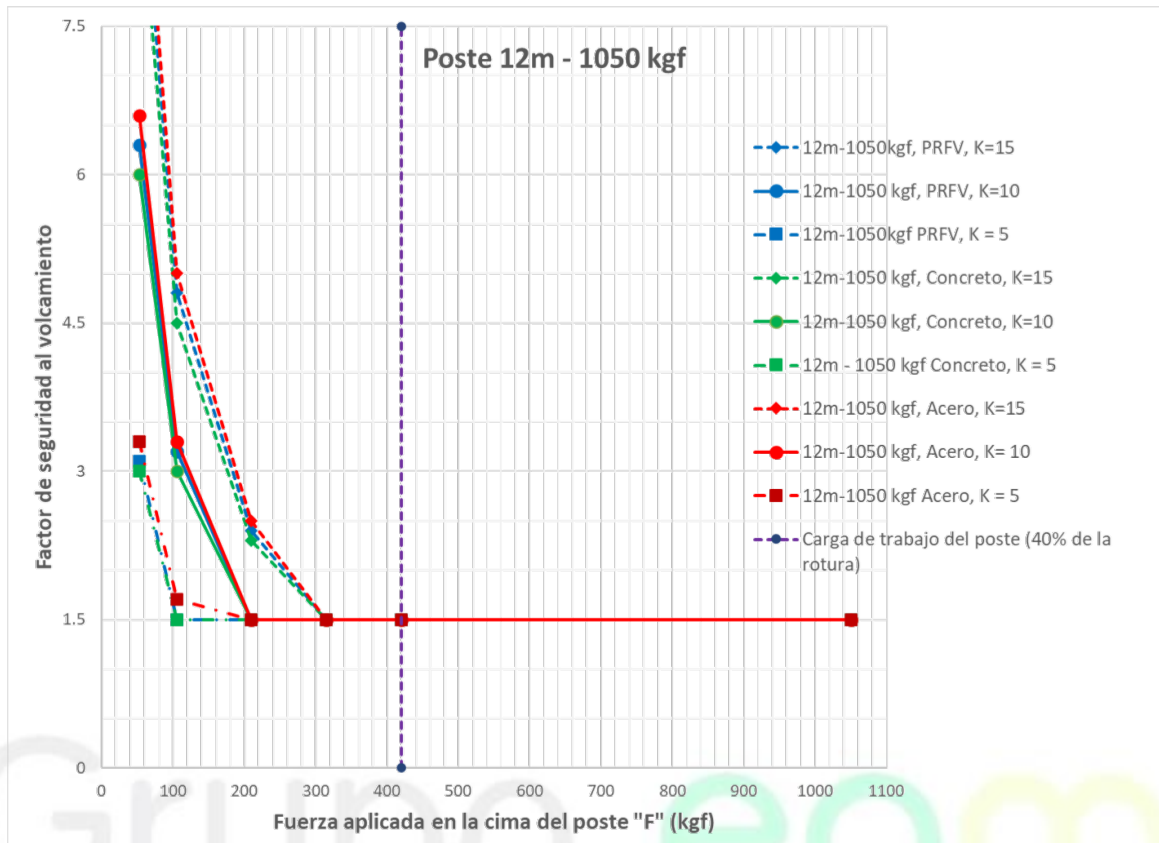


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 33. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 1050kgf

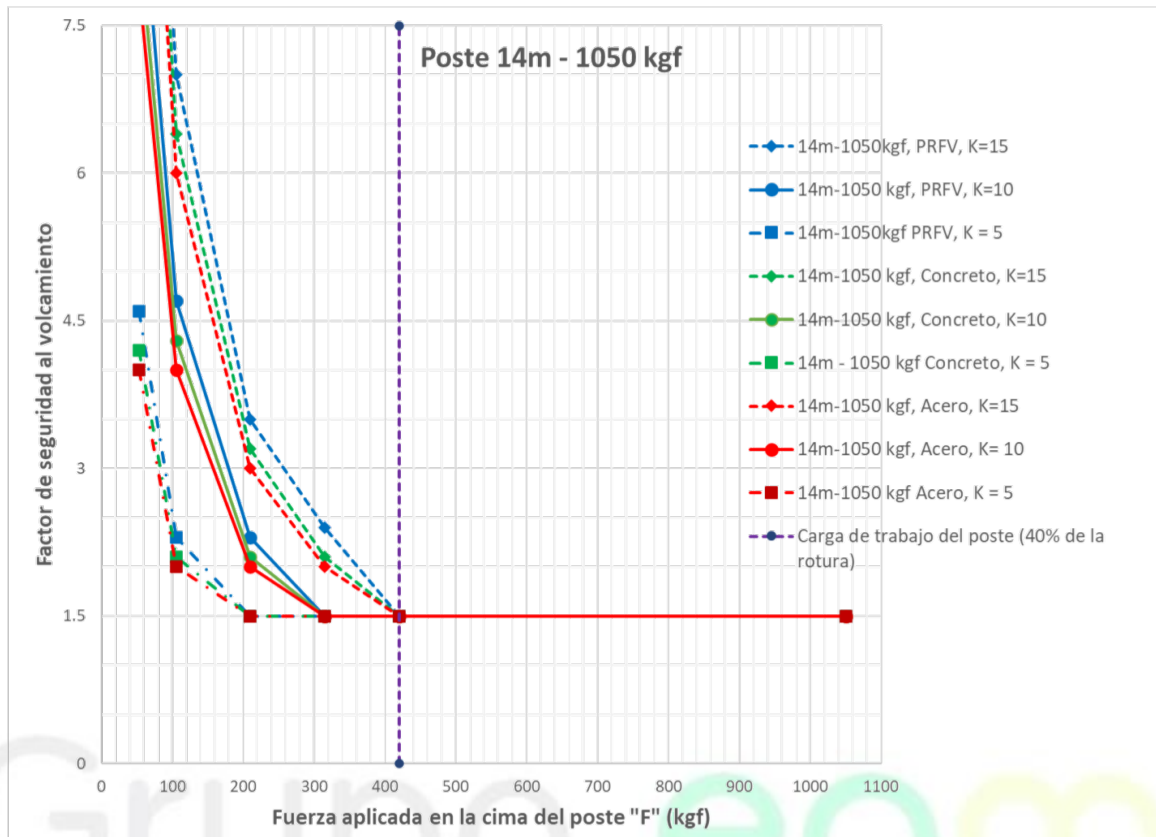


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 34. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 1050kgf



Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 35. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 16m – 1050kgf

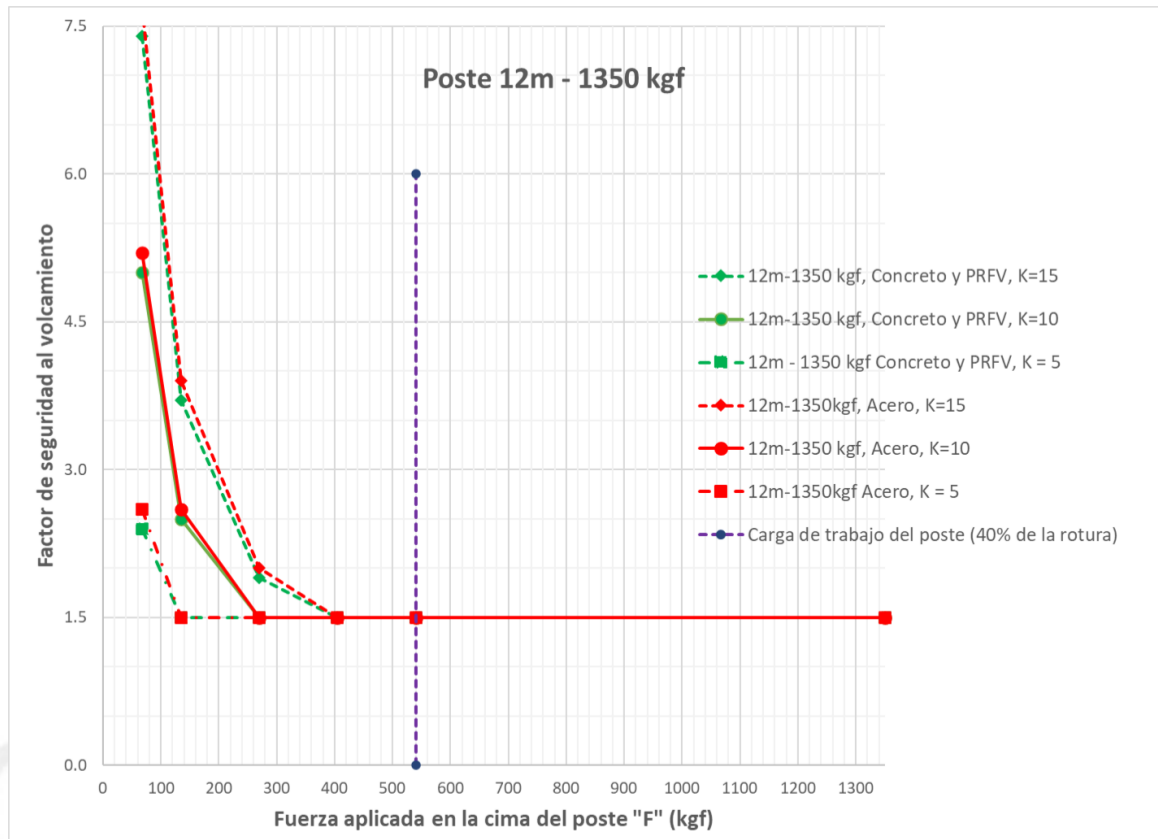


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 36. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 12m – 1350kgf

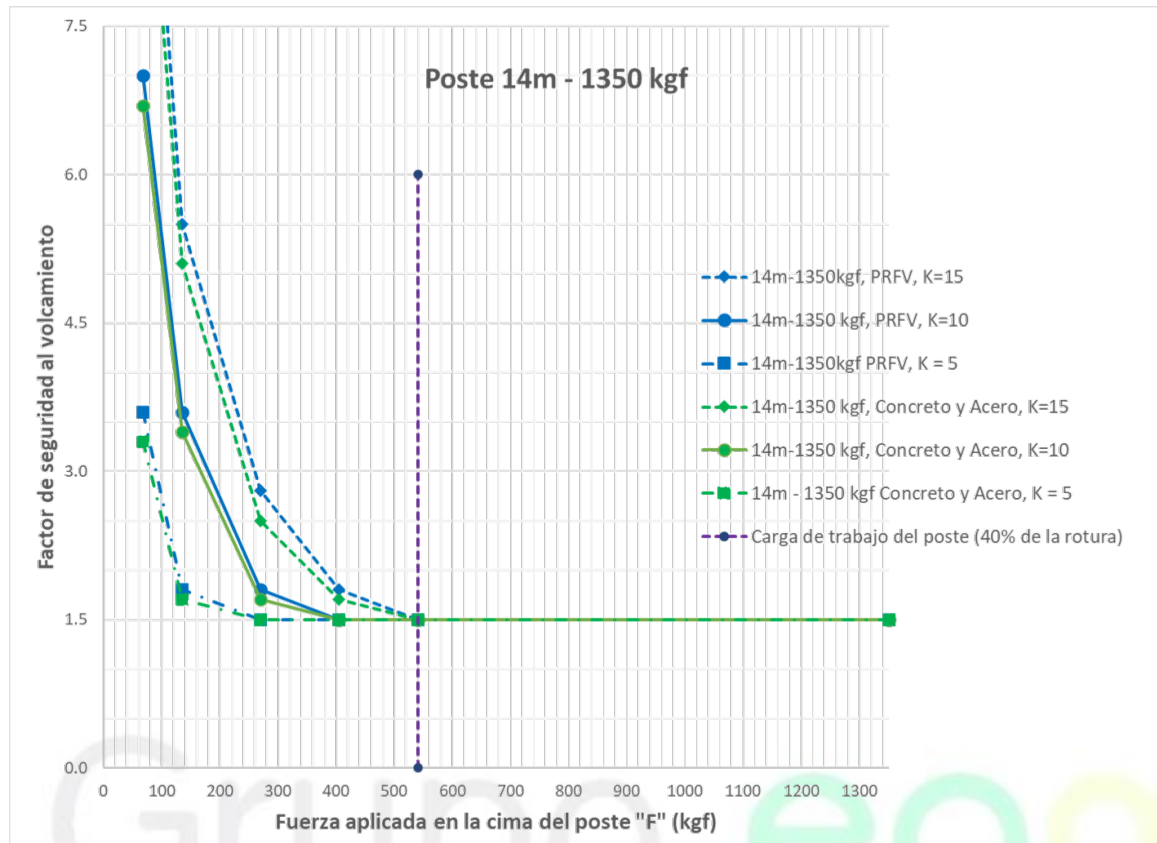


Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Figura 37. Verificación del factor de seguridad al volcamiento, poste 14m – 1350kgf



Nota:

K: Coeficiente de compresibilidad del suelo (kg/cm^3)

Suelo blando: $K=5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo medio: $K=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$, Suelo duro: $K=15 \text{ kg}/\text{cm}^3$

Anexo II. Distancia horizontal entre el poste y el punto de anclaje de la retenida

Tabla 17. Distancia horizontal entre el poste y el punto de anclaje de la retenida. Longitud aproximada del cable.

Ángulo eje del poste	Ángulo eje del suelo (anclaje)	Longitud total poste	longitud libre poste	Distancia desde cima-retenida	Distancia vertical a retenida	Distancia horizontal al anclaje	Longitud aproximada de cable
30	60	8	6,6	0,2	6,4	4	7
30	60	8	6,6	0,4	6,2	4	7
30	60	8	6,6	0,6	6	3	7
30	60	8	6,6	0,8	5,8	3	7
30	60	8	6,6	1	5,6	3	6
30	60	8	6,6	1,2	5,4	3	6
30	60	8	6,6	1,4	5,2	3	6
30	60	8	6,6	1,6	5	3	6
30	60	8	6,6	1,8	4,8	3	6
30	60	8	6,6	2	4,6	3	5
40	50	8	6,6	0,2	6,4	5	8
40	50	8	6,6	0,4	6,2	5	8
40	50	8	6,6	0,6	6	5	8
40	50	8	6,6	0,8	5,8	5	8
40	50	8	6,6	1	5,6	5	7
40	50	8	6,6	1,2	5,4	5	7
40	50	8	6,6	1,4	5,2	4	7
40	50	8	6,6	1,6	5	4	7
40	50	8	6,6	1,8	4,8	4	6
40	50	8	6,6	2	4,6	4	6
45	45	8	6,6	0,2	6,4	6	9
45	45	8	6,6	0,4	6,2	6	9
45	45	8	6,6	0,6	6	6	8
45	45	8	6,6	0,8	5,8	6	8
45	45	8	6,6	1	5,6	6	8
45	45	8	6,6	1,2	5,4	5	8
45	45	8	6,6	1,4	5,2	5	7
45	45	8	6,6	1,6	5	5	7
45	45	8	6,6	1,8	4,8	5	7
45	45	8	6,6	2	4,6	5	7
30	60	10	8,4	0,2	8,2	5	9
30	60	10	8,4	0,4	8	5	9
30	60	10	8,4	0,6	7,8	5	9
30	60	10	8,4	0,8	7,6	4	9

Ángulo eje del poste	Ángulo eje del suelo (anclaje)	Longitud total poste	longitud libre poste	Distancia desde cima-retenida	Distancia vertical a retenida	Distancia horizontal al anclaje	Longitud aproximada de cable
30	60	10	8,4	1	7,4	4	9
30	60	10	8,4	1,2	7,2	4	8
30	60	10	8,4	1,4	7	4	8
30	60	10	8,4	1,6	6,8	4	8
30	60	10	8,4	1,8	6,6	4	8
30	60	10	8,4	2	6,4	4	7
40	50	10	8,4	0,2	8,2	7	11
40	50	10	8,4	0,4	8	7	10
40	50	10	8,4	0,6	7,8	7	10
40	50	10	8,4	0,8	7,6	6	10
40	50	10	8,4	1	7,4	6	10
40	50	10	8,4	1,2	7,2	6	9
40	50	10	8,4	1,4	7	6	9
40	50	10	8,4	1,6	6,8	6	9
40	50	10	8,4	1,8	6,6	6	9
40	50	10	8,4	2	6,4	5	8
45	45	10	8,4	0,2	8,2	8	12
45	45	10	8,4	0,4	8	8	11
45	45	10	8,4	0,6	7,8	8	11
45	45	10	8,4	0,8	7,6	8	11
45	45	10	8,4	1	7,4	7	10
45	45	10	8,4	1,2	7,2	7	10
45	45	10	8,4	1,4	7	7	10
45	45	10	8,4	1,6	6,8	7	10
45	45	10	8,4	1,8	6,6	7	9
45	45	10	8,4	2	6,4	6	9
30	60	12	10,2	0,2	10	6	12
30	60	12	10,2	0,4	9,8	6	11
30	60	12	10,2	0,6	9,6	6	11
30	60	12	10,2	0,8	9,4	5	11
30	60	12	10,2	1	9,2	5	11
30	60	12	10,2	1,2	9	5	10
30	60	12	10,2	1,4	8,8	5	10
30	60	12	10,2	1,6	8,6	5	10
30	60	12	10,2	1,8	8,4	5	10
30	60	12	10,2	2	8,2	5	9
40	60	12	10,2	0,2	10	8	13
40	50	12	10,2	0,4	9,8	8	13
40	50	12	10,2	0,6	9,6	8	13

Ángulo eje del poste	Ángulo eje del suelo (anclaje)	Longitud total poste	longitud libre poste	Distancia desde cima-retenida	Distancia vertical a retenida	Distancia horizontal al anclaje	Longitud aproximada de cable
40	50	12	10,2	0,8	9,4	8	12
40	50	12	10,2	1	9,2	8	12
40	50	12	10,2	1,2	9	8	12
40	50	12	10,2	1,4	8,8	7	11
40	50	12	10,2	1,6	8,6	7	11
40	50	12	10,2	1,8	8,4	7	11
40	50	12	10,2	2	8,2	7	11
45	50	12	10,2	0,2	10	10	14
45	45	12	10,2	0,4	9,8	10	14
45	45	12	10,2	0,6	9,6	10	14
45	45	12	10,2	0,8	9,4	9	13
45	45	12	10,2	1	9,2	9	13
45	45	12	10,2	1,2	9	9	13
45	45	12	10,2	1,4	8,8	9	12
45	45	12	10,2	1,6	8,6	9	12
45	45	12	10,2	1,8	8,4	8	12
45	45	12	10,2	2	8,2	8	12
30	60	14	12	0,2	11,8	7	14
30	60	14	12	0,4	11,6	7	13
30	60	14	12	0,6	11,4	7	13
30	60	14	12	0,8	11,2	6	13
30	60	14	12	1	11	6	13
30	60	14	12	1,2	10,8	6	12
30	60	14	12	1,4	10,6	6	12
30	60	14	12	1,6	10,4	6	12
30	60	14	12	1,8	10,2	6	12
30	60	14	12	2	10	6	12
40	50	14	12	0,2	11,8	10	15
40	50	14	12	0,4	11,6	10	15
40	50	14	12	0,6	11,4	10	15
40	50	14	12	0,8	11,2	9	15
40	50	14	12	1	11	9	14
40	50	14	12	1,2	10,8	9	14
40	50	14	12	1,4	10,6	9	14
40	50	14	12	1,6	10,4	9	14
40	50	14	12	1,8	10,2	9	13
40	50	14	12	2	10	8	13
45	45	14	12	0,2	11,8	12	17
45	45	14	12	0,4	11,6	12	16

Ángulo eje del poste	Ángulo eje del suelo (anclaje)	Longitud total poste	longitud libre poste	Distancia desde cima retenida	Distancia vertical a retenida	Distancia horizontal al anclaje	Longitud aproximada de cable
45	45	14	12	0,6	11,4	11	16
45	45	14	12	0,8	11,2	11	16
45	45	14	12	1	11	11	16
45	45	14	12	1,2	10,8	11	15
45	45	14	12	1,4	10,6	11	15
45	45	14	12	1,6	10,4	10	15
45	45	14	12	1,8	10,2	10	14
45	45	14	12	2	10	10	14
30	60	16	13,8	0,2	13,6	8	16
30	60	16	13,8	0,4	13,4	8	15
30	60	16	13,8	0,6	13,2	8	15
30	60	16	13,8	0,8	13	8	15
30	60	16	13,8	1	12,8	7	15
30	60	16	13,8	1,2	12,6	7	15
30	60	16	13,8	1,4	12,4	7	14
30	60	16	13,8	1,6	12,2	7	14
30	60	16	13,8	1,8	12	7	14
30	60	16	13,8	2	11,8	7	14
40	50	16	13,8	0,2	13,6	11	18
40	50	16	13,8	0,4	13,4	11	17
40	50	16	13,8	0,6	13,2	11	17
40	50	16	13,8	0,8	13	11	17
40	50	16	13,8	1	12,8	11	17
40	50	16	13,8	1,2	12,6	11	16
40	50	16	13,8	1,4	12,4	10	16
40	50	16	13,8	1,6	12,2	10	16
40	50	16	13,8	1,8	12	10	16
40	50	16	13,8	2	11,8	10	15
45	45	16	13,8	0,2	13,6	14	19
45	45	16	13,8	0,4	13,4	13	19
45	45	16	13,8	0,6	13,2	13	19
45	45	16	13,8	0,8	13	13	18
45	45	16	13,8	1	12,8	13	18
45	45	16	13,8	1,2	12,6	13	18
45	45	16	13,8	1,4	12,4	12	18
45	45	16	13,8	1,6	12,2	12	17
45	45	16	13,8	1,8	12	12	17
45	45	16	13,8	2	11,8	12	17
30	60	18	15,6	0,2	15,4	9	18

Ángulo eje del poste	Ángulo eje del suelo (anclaje)	Longitud total poste	longitud libre poste	Distancia desde cima-retenida	Distancia vertical a retenida	Distancia horizontal al anclaje	Longitud aproximada de cable
30	60	18	15,6	0,4	15,2	9	18
30	60	18	15,6	0,6	15	9	17
30	60	18	15,6	0,8	14,8	9	17
30	60	18	15,6	1	14,6	8	17
30	60	18	15,6	1,2	14,4	8	17
30	60	18	15,6	1,4	14,2	8	16
30	60	18	15,6	1,6	14	8	16
30	60	18	15,6	1,8	13,8	8	16
30	60	18	15,6	2	13,6	8	16
40	50	18	15,6	0,2	15,4	13	20
40	50	18	15,6	0,4	15,2	13	20
40	50	18	15,6	0,6	15	13	20
40	50	18	15,6	0,8	14,8	12	19
40	50	18	15,6	1	14,6	12	19
40	50	18	15,6	1,2	14,4	12	19
40	50	18	15,6	1,4	14,2	12	19
40	50	18	15,6	1,6	14	12	18
40	50	18	15,6	1,8	13,8	12	18
40	50	18	15,6	2	13,6	11	18
45	45	18	15,6	0,2	15,4	15	22
45	45	18	15,6	0,4	15,2	15	21
45	45	18	15,6	0,6	15	15	21
45	45	18	15,6	0,8	14,8	15	21
45	45	18	15,6	1	14,6	15	21
45	45	18	15,6	1,2	14,4	14	20
45	45	18	15,6	1,4	14,2	14	20
45	45	18	15,6	1,6	14	14	20
45	45	18	15,6	1,8	13,8	14	20
45	45	18	15,6	2	13,6	14	19