

CAPÍTULO 4

TITULO 6: CIMENTACIONES EN POSTES DE CONCRETO

EBSA 4.6-CP

ÍNDICE

4.6.1

SECCIÓN 1: GENERALIDADES

SECCIÓN 2: VARIABLES GEOMÉTRICAS DE LOS POSTES

4.6.2

4.6.3

SECCIÓN 3: CONDICIONES DEL SUELO Y ESTABILIDAD DEL POSTE

SECCIÓN 4: TIPOLOGÍAS DE CIMENTACIÓN Y MATERIALES

4.6.4

SECCIÓN

4.6.1 GENERALIDADES

1

A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

El presente capítulo tiene como objeto definir los requisitos técnicos mínimos para el diseño, selección y construcción de las cimentaciones destinadas a postes utilizados en las redes eléctricas de distribución operadas por la Empresa de Energía de Boyacá (EBSA). Estas directrices buscan asegurar que las cimentaciones transmitan adecuadamente las cargas estructurales al terreno, garanticen la estabilidad de los postes frente a acciones externas y cumplan los estándares de seguridad y calidad exigidos por la empresa y la normatividad nacional.

B) CAMPOS DE APLICACIÓN

- Postes de concreto utilizados en redes de distribución primaria y secundaria.
- Proyectos nuevos, ampliaciones, reposiciones y mantenimientos mayores que involucren la instalación o cambio de postes.
- Tipologías de cimentación consideradas en esta guía: empotramiento directo en suelo, concreto simple y concreto reforzado.

Observación: Quedan excluidos de este documento los diseños de cimentaciones profundas o especiales que requieran pilotes, micropilotes u otro tipo de fundación no contemplada en estas directrices.

C) FUNDAMENTOS NORMATIVOS O CONSIDERACIONES RELEVANTES

Normativa	Descripción	Referencia
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, exige profundidad de empotramiento que garantice estabilidad estructural.	Título 3.12.1, Art. 13.2.5
NSR-10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, establece consideraciones de diseño geotécnico y sísmico.	Título H
NTC 550	Concretos. Especificaciones para calidad y colocación del concreto.	Sección 1
NTC 3318	Concreto premezclado. Especificaciones para su uso y mezclado.	General
ASTM A706	Barras de acero de baja aleación para refuerzo de concreto.	Grado 60

Tabla 1. Documentos de referencia, normas y reglamentos adicionales

D) CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES

- Es de gran importancia conocer las condiciones existentes en el lugar donde se va realizar el proyecto de renovación o instalación de postes nuevos con el fin de garantizar la seguridad y los correctos procedimientos, por lo cual se hace necesario el reconocimiento de dichas condiciones por medio de la caracterización del suelo observable en la superficie, identificando interferencias, estructuras cercanas y condiciones ambientales.
- Toda cimentación debe garantizar la estabilidad del poste frente a esfuerzos de volcamiento, deslizamiento y capacidad portante del terreno.
- Las características del suelo deberán ser determinadas mediante un estudio de suelos o, en su defecto, mediante inspección técnica del terreno conforme a los criterios establecidos en esta guía.
- La profundidad de empotramiento mínima debe cumplir con el RETIE y con los requisitos específicos definidos por EBSA para cada tipo de poste.
- Cuando las condiciones del terreno no se ajusten a las tipologías contempladas, el diseñador deberá proponer soluciones alternativas justificadas técnicamente.

Todo diseño debe considerar condiciones particulares del entorno como nivel freático, presencia de rellenos, zonas inestables, taludes y pendientes.

E) SÍMBOLOS Y UNIDADES UTILIZADAS

Símbolo	Descripción	Unidad
L	Longitud del poste	m
Db	Diámetro en la base del poste	m
Dc	Diámetro en la cima del poste	m
EN	Capacidad de Rotura del Poste	kgf
Z	Profundidad de empotramiento	m
B	Diámetro o ancho de excavación	m
H	Profundidad total de excavación	m
ZE	Sobreexcavación	m
Ms	Momento por acción del viento sobre el poste	kgf-m
Mv	Momento de Vuelco	kgf-m
ME	Momento Estabilizador	Kgf-m
MS	Momento de Reacción de Fondo	Kgf-m
MB	Momento de Encastramiento	Kgf-m
f’c	Resistencia a la compresión del concreto	MPa
γ	Peso específico del suelo o material	kg/m³
φ	Ángulo de fricción interna	°
c	Cohesión del suelo	Kg/cm2
K	Coeficiente de compresibilidad	Kgf/cm3

Tabla 2. Símbolos y unidades utilizadas

SECCIÓN

4.6.2 VARIABLES GEOMÉTRICAS DE LOS
POSTES

2

La profundidad de empotramiento (Z) corresponde a la longitud del poste que queda enterrada bajo el nivel del terreno natural. Su función es garantizar la transmisión adecuada de cargas al suelo y proporcionar estabilidad frente al volcamiento del apoyo.

El objetivo de esta sección es establecer los criterios para determinar la profundidad mínima de empotramiento de postes de concreto en redes de media y baja tensión.

La profundidad debe verificarse adicionalmente mediante análisis de estabilidad cuando las condiciones del suelo o las cargas lo requieran.

A) METODOLOGÍA DE CÁLCULO / CRITERIOS DE DISEÑO

Siguiendo la especificación del RETIE, la profundidad de enterramiento del poste no debe ser menor al 10% de la longitud del poste más 60 cm, siempre y cuando se verifique que no presenta peligro de volcamiento.

Formula adoptada por EBSA:

$$Z = 0.10 \times L + 0.60$$

Donde:

- **Z:** Profundidad de empotramiento [m]
- **L:** Altura total del poste [m]

Formula Altura libre sobre el terreno:

$$HL = L - Z$$

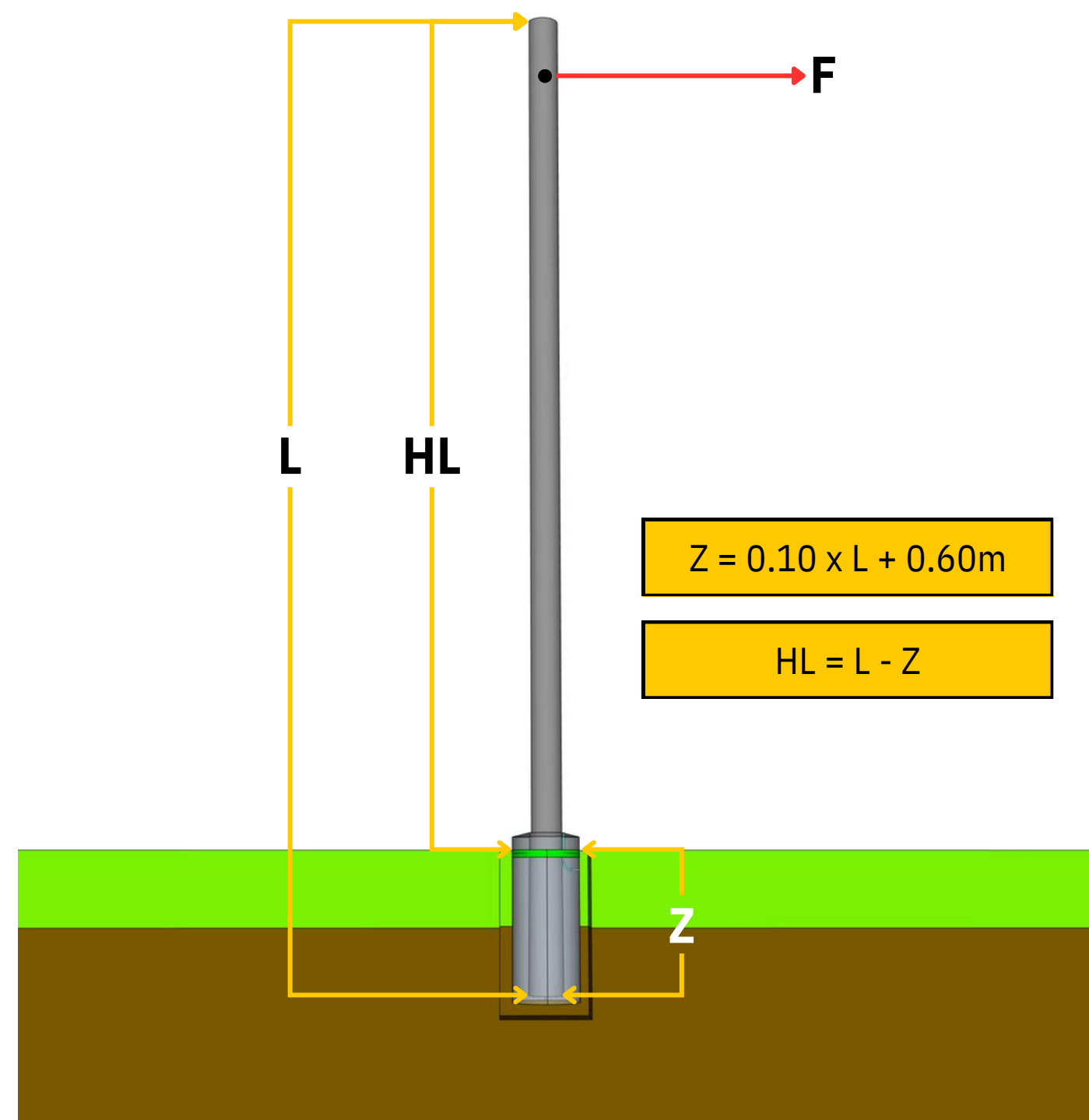


Figura 1. Variables Geométricas del Poste Empotrado

B) TABLAS DE VALORES Y EJEMPLOS PRÁCTICOS

Altura del poste (h)	Empotramiento mínimo (Z)	Altura libre (HL)
8 m	1.40 m	6.60 m
10 m	1.60 m	8.40 m
12 m	1.80 m	10.20 m
14 m	2.00 m	12.00 m
16 m	2.20 m	13.80 m

Tabla 3. Profundidad de Empotramiento según Altura del Poste

C) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- La profundidad calculada es un valor mínimo; debe incrementarse cuando el estudio geotécnico indique suelos de baja capacidad portante.
- En terrenos con pendiente, medir la profundidad desde el punto más bajo del terreno natural.
- No reducir la profundidad de empotramiento bajo ninguna circunstancia sin justificación técnica documentada.
- Verificar que el poste cuente con la **franja de empotramiento** (marca verde) para control en campo.
- En zonas con nivel freático alto, considerar cimentación reforzada independientemente de la profundidad.

SECCIÓN

4.6.3 CONDICIONES DEL SUELO Y ESTABILIDAD
DEL POSTE

3

A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

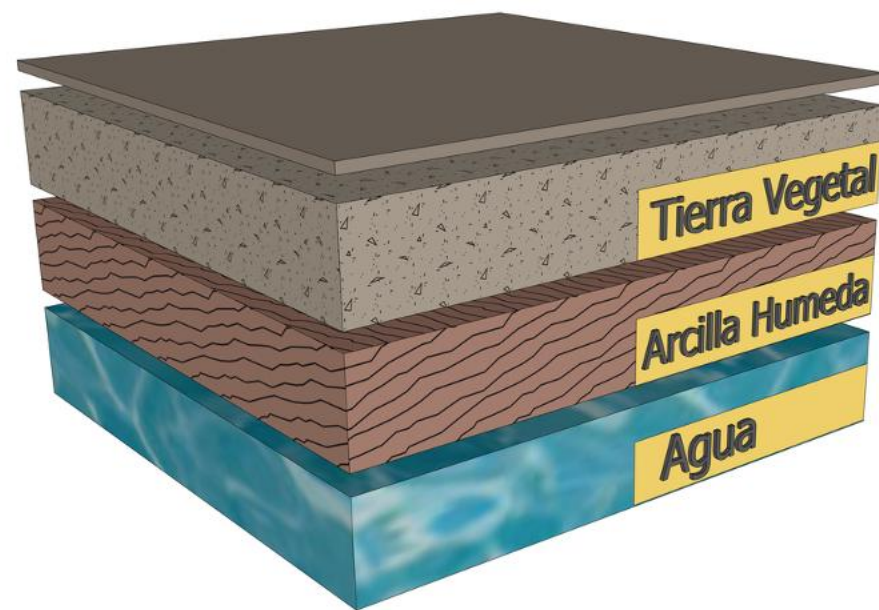
La correcta identificación del tipo de terreno es un paso fundamental para la selección de la cimentación adecuada. Las propiedades mecánicas del suelo influyen directamente en la estabilidad del poste, su comportamiento ante cargas horizontales y verticales, y la profundidad de empotramiento requerida. Este capítulo establece los métodos, criterios y parámetros utilizados para clasificar los suelos en el marco de esta guía.

B) CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Tipo de Terreno	Descripción Geotécnica	Comportamiento Durante Excavación	Capacidad Portante [Kg/cm2]
Blando	• Paredes de excavación inestables. • Posible presencia de agua o nivel freático alto. • Material moldeable con la mano o herramientas menores. • Alta compresibilidad y baja capacidad portante.	Paredes inestables, alto riesgo de colapso, presencia frecuente de agua	0.5-0.8
Medio	• Excavación sin presencia de agua. • Paredes relativamente estables. • Material se desmorona con facilidad al cortarlo. • Resistencia media-baja.	Excavación moderadamente estable, pueden presentarse desprendimientos locales.	0.8-1.8
Duro	• Excavación estable y paredes firmes. • Material conserva su forma al cortarse. • Baja compresibilidad y buena estabilidad. • Material muy compacto o parcialmente cementado. • Requiere equipo pesado o percusión para excavar. • Paredes totalmente estables.	Excavación generalmente estable, paredes verticales sin colapso significativo. Excavación muy estable. Requiere mayor esfuerzo para excavar.	>1.8

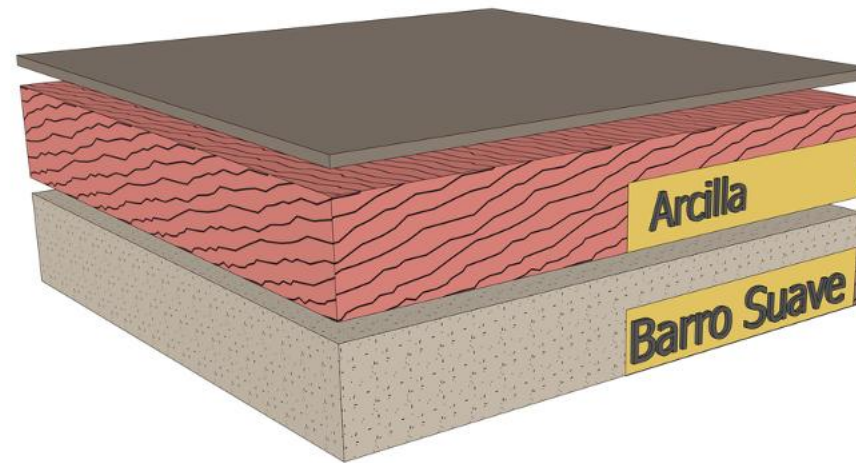
Tabla 4. Clasificación de suelos

SUELO BLANDO



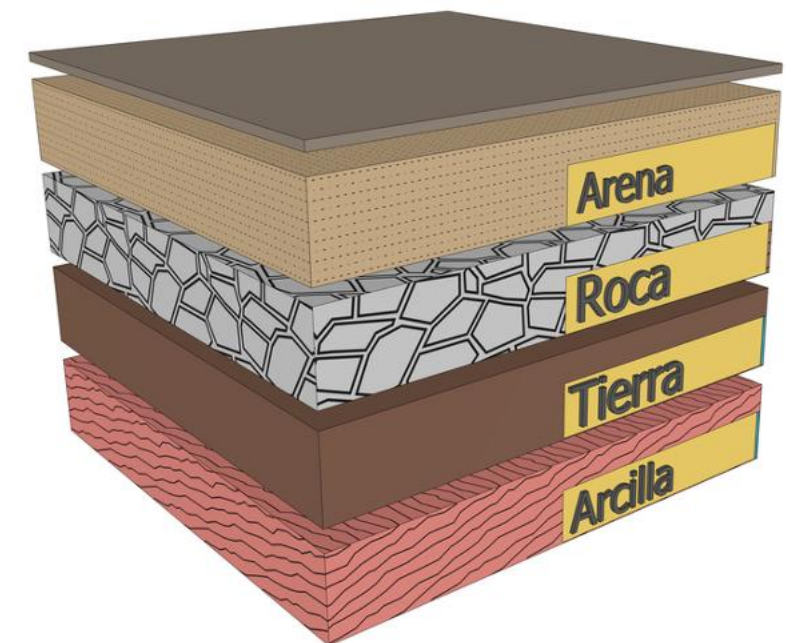
Capacidad Portante [Kg/cm²] = 0.5-0.8
Coeficiente de compresibilidad (K) [kgf/cm³]=3 - 12

SUELO MEDIO



Capacidad Portante [Kg/cm²] = 0.8-1.8
Coeficiente de compresibilidad (K) [kgf/cm³]=12 - 16

SUELO DURO



Capacidad Portante [Kg/cm²] > 1.8
Coeficiente de compresibilidad (K) [kgf/cm³]= >=16

Figura 2. Clasificación Visual de Tipos de Suelo

C) PRINCIPIO DE ESTABILIDAD

Para que el poste sea estable, el momento estabilizador debe ser mayor o igual al momento de vuelco estableciendo teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad al vuelco de 1.5:

$M_E \geq 1.5 M_V$

ó

 $\frac{M_E}{M_V} \geq 1.5$

c.1. Momento de vuelco (Mv)

$M_V = EN \times (HL + Z) + M_s$

Donde:

- **EN:** Esfuerzo nominal del apoyo (Capacidad de rotura) [kgf]
- **HL:** Altura libre sobre el terreno [m]
- **Z:** Profundidad de empotramiento [m]
- **Ms:** Momento por acción del viento sobre el poste [kgf-m]

c.2. Momento estabilizador - Ecuación de Sulzberger

$M_E = M_S + M_B$

Base en Cimentación Cuadrada

$M_S = \frac{B \times H^3}{12} \times K \times \tan \varphi$

Y

$M_B = \frac{B^4}{12} \times K \times \tan \varphi$

Base en Cimentación Circular

$M_S = \frac{B \times H^3}{17.6} \times K \times \tan \varphi$

Y

$M_B = \frac{\pi B^4}{64} \times K \times \tan \varphi$

Donde:

- **K:** Coeficiente de compresibilidad del terreno [kgf/cm3]
- **B:** Diámetro o Ancho de la excavación [m]
- **H:** Profundidad total de la excavación [m]
- **φ:** Ángulo de fricción interna [°]
- **MS:** Momento de Reacción de Fondo [kgf-m]
- **MB:** Momento de Encastramiento [kgf-m]

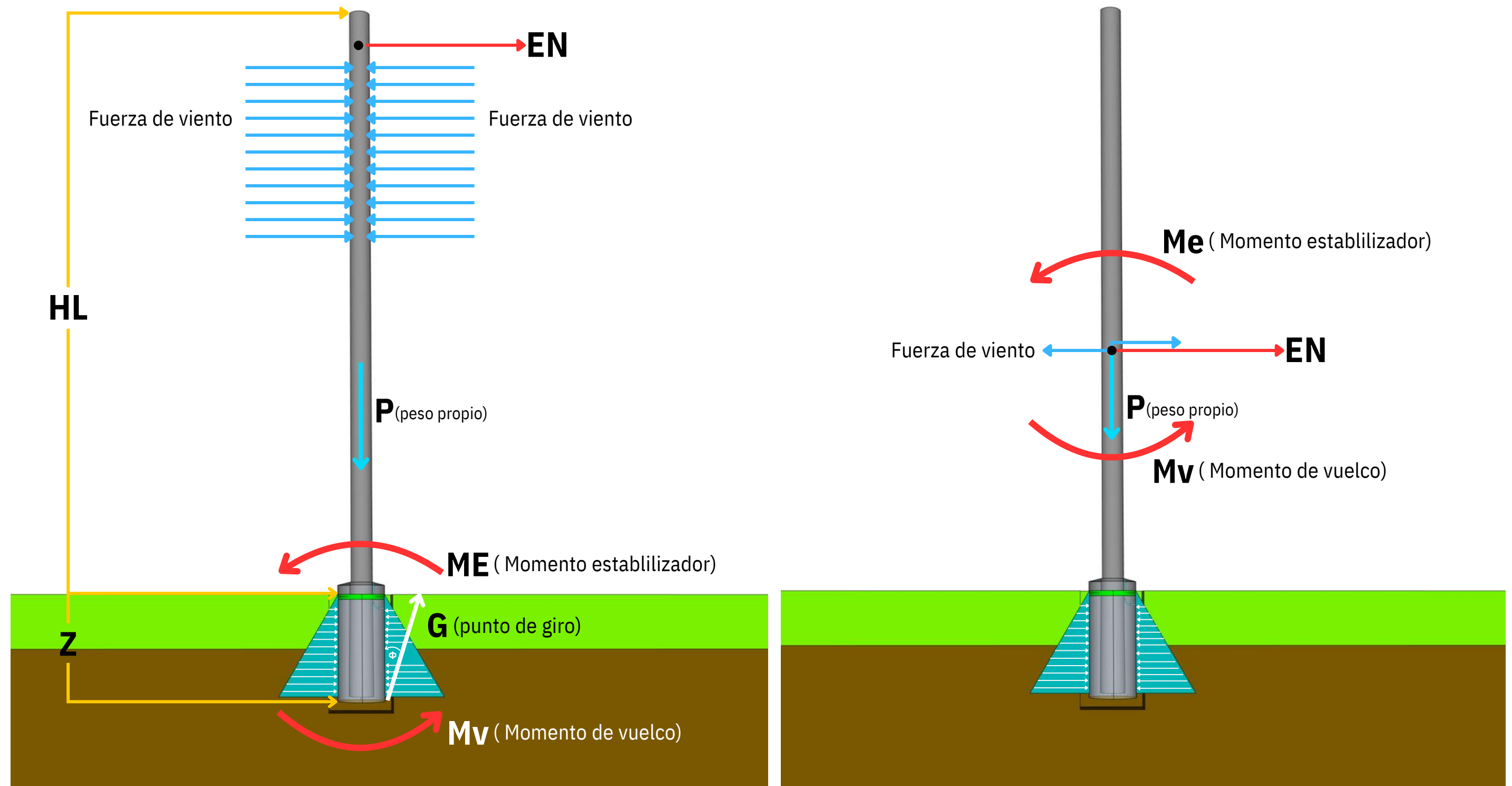


Figura 3. Diagrama de Fuerzas y Momentos sobre el Poste

c.3 Coeficiente de compresibilidad (K)

Tipo de suelo	Coeficiente K [kgf/cm3]
Blando	3 - 12
Medio	12 - 16
Duro	>=16

Tabla 5. Coeficiente K según Tipo de Suelo

D) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- Siempre verificar estabilidad mediante la ecuación de Sulzberger para postes con carga nominal $\geq 1,050$ kgf.
- En suelos blandos, priorizar cimentación reforzada sin necesidad de verificación adicional.
- Cuando el nivel freático este a menos de 2 m de profundidad, considerar el suelo como **blando** independientemente de su clasificación original.
- No interpolar valores de K; usar el valor más conservador cuando exista incertidumbre.
- Los valores específicos de dimensionamiento se definen en memorias de cálculo, no en el cuerpo normativo.

SECCIÓN

4.6.4 TIPOLOGÍAS DE CIMENTACIÓN Y
MATERIALES



A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

Esta sección define los tipos de cimentación aplicables a postes de concreto en redes de media y baja tensión, y especifica los materiales requeridos para su construcción.

B) FUNDAMENTOS NORMATIVOS O CONSIDERACIONES RELEVANTES

Aspecto	Normativa aplicable
Concreto estructural	NTC 550, NTC 3318
Acero de refuerzo	ASTM A706 Grado 60
Diseño geotécnico	NSR-10 Título H
Requisitos eléctricos	RETIE

• Concreto estructural

El concreto utilizado en las cimentaciones para postes de concreto, ya sea en configuración cilíndrica, prismática cuadrada o en elementos reforzados, debe cumplir con requisitos mínimos de calidad establecidos para garantizar la resistencia y durabilidad de la estructura. Este concreto debe presentar una resistencia a la compresión mínima de 21 MPa (3000 PSI) a los 28 días, asegurando su capacidad para soportar las cargas estructurales previstas durante la vida útil del poste. La densidad típica del concreto deberá ser de 2800 kg/m³, garantizando una mezcla homogénea que permita la transmisión de las cargas a través de la cimentación de manera eficiente y estable.

• Acero de refuerzo

En las cimentaciones reforzadas para postes de concreto, se deberá utilizar acero corrugado conforme a la norma ASTM A706 Grado 60, con un esfuerzo de fluencia mínimo de 420 MPa. Las barras deben ser colocadas completamente limpias, sin corrosión ni contaminantes, como grasa, tierra u óxido, que puedan comprometer la adherencia del concreto. La distribución de las barras de refuerzo deberá cumplir con las especificaciones de diseño estructural, garantizando la resistencia necesaria para soportar las fuerzas de compresión y tracción actuantes en la cimentación. Se deben respetar las separaciones mínimas entre barras para asegurar una correcta unión entre el acero y el concreto, y las cantidades y ubicaciones deben ser suficientes para garantizar la estabilidad y durabilidad de la cimentación del poste durante su vida útil, de acuerdo con las normas nacionales e internacionales vigentes y los requisitos de EBSA.

C) CRITERIOS DE DISEÑO

C.1 Tipologías de cimentación

Tipo	Descripción	Aplicación
Cimentación directa	Empotramiento del poste en suelo natural sin concreto	Suelos duros, postes de baja carga (<=750 kgf)
Cimentación con mejoramiento	Uso de concreto simple o reforzado alrededor del poste	Suelos medios y blandos, postes de carga media a alta como (1050-1350-2000-2500-3000) kgf
Cimentación especial	Diseño estructural específico cuando el suelo no garantiza estabilidad	Suelos extremadamente blandos, zonas inestables, cargas elevadas, requiere estudio de suelos.

Tabla 6. Tipologías de cimentación

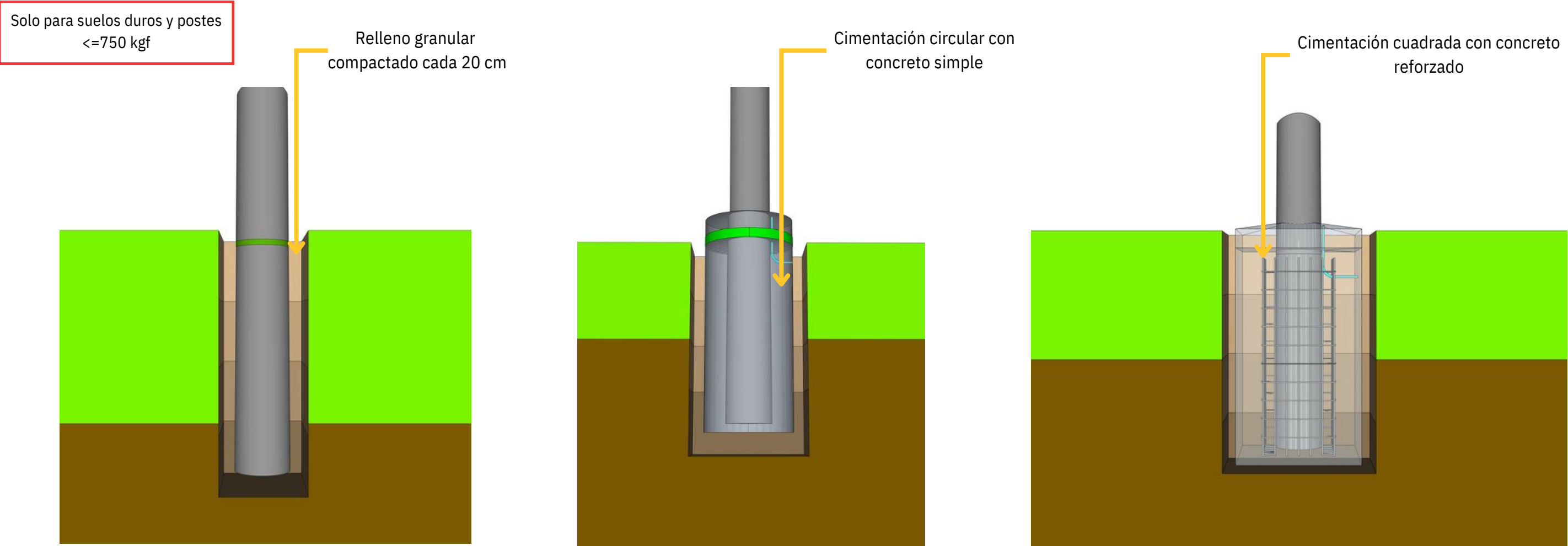


Figura 4. Tipologías de Cimentación para Postes

C) CRITERIOS DE DISEÑO

C.2 Criterios de selección

Criterio	Condición	Recomendación de Cimentación
1. Tipo de suelo	Blandos	Cuadrada en concreto reforzado.
	Medio	Cilíndrica en concreto simple / Cuadrada en concreto reforzado.
	Duros	Cilíndrica en concreto simple.
2. Magnitud de la carga del poste	Postes rectos de alineación (Capacidad de Postes <=750 kgf	Circular directa (relleno granular)
	Postes de ángulo, retenciones o cargas especiales.	Cuadrada en concreto reforzado / Circular concreto simple (depende Topología del suelo)
3. Condiciones ambientales	Presencia de agua	Cuadrada en concreto reforzado / Circular concreto simple (depende Topología del suelo)
	Excavación inestable	
4. Restricciones constructivas	Espacio limitado o acceso difícil	Cuadrada en concreto reforzado / Circular concreto simple (depende Topología del suelo)
	Excavaciones profundas	

Tabla 7. Criterios de selección

C.3 Especificación de materiales

Material	Especificación	Observación
Concreto estructural	Resistencia a la Compresión >= 21 MPa (3,000 PSI) a 28 días y una densidad típica de 2800 kg/m³	Resistencia mínima por durabilidad
Acero de refuerzo	ASTM A706 Grado 60, fy >= 420 MPa	Barras corrugadas
Ducto Bajante en PVC empotrado	Curva en PVC para paso de conductor de puesto a tierra para poste	Tubería certificada para uso eléctrico
Recubrimiento mínimo	7.5 cm (concreto en contacto con terreno)	Según NSR-10
	Postes de ángulo, retenciones o cargas especiales.	Cuadrada en concreto reforzado / Circular concreto simple (depende Topología del suelo)

Tabla 8. Materiales para Cimentaciones

C.4 Tipos de cimentaciones

- Cimentación Cuadrada en Concreto Reforzado:**

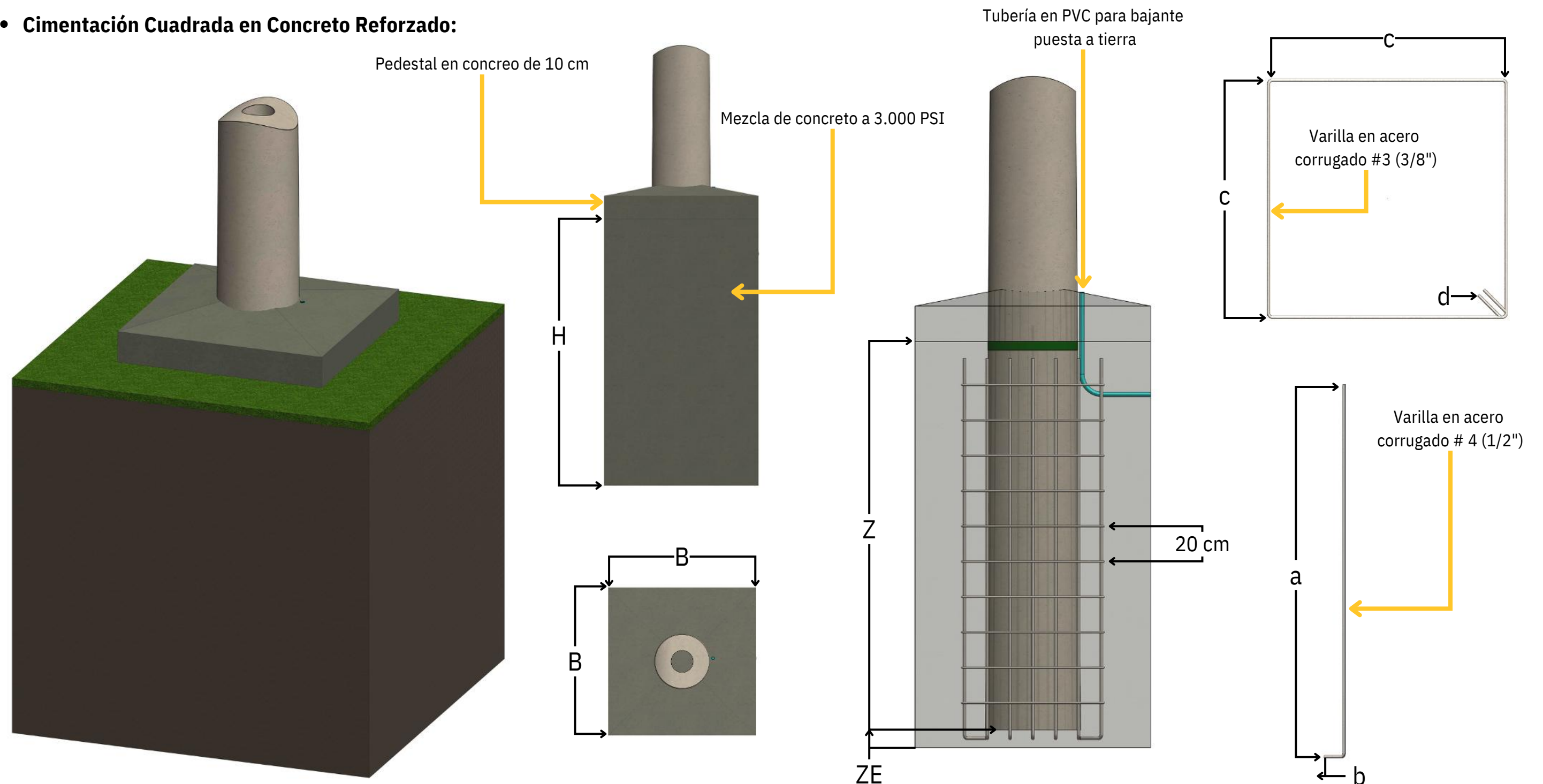


Figura 5. Geometría y Variables del Bloque de Cimentación Concreto Reforzada

• **Cimentación Circular en Concreto simple:**

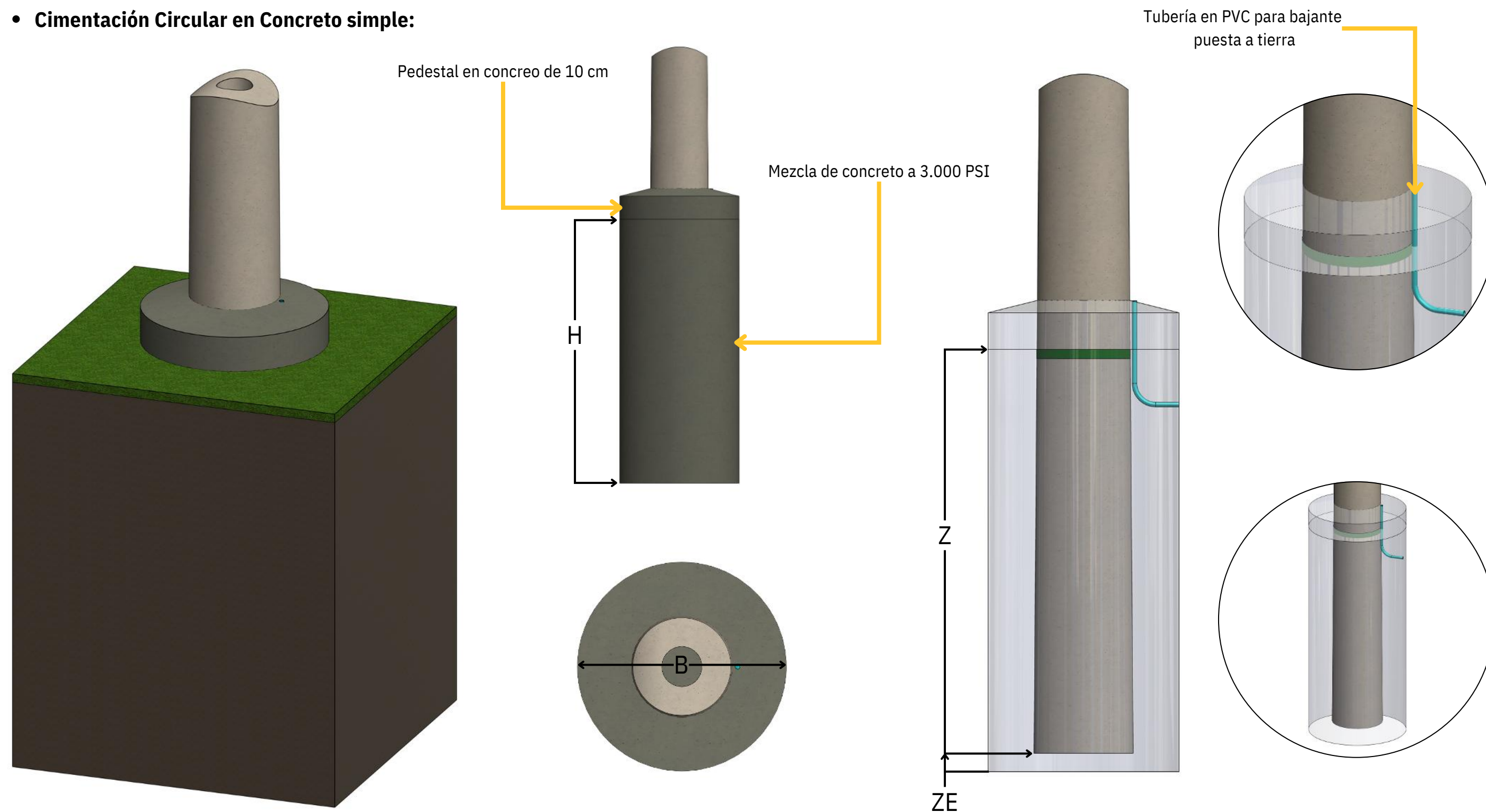


Figura 6. Geometría y Variables del Bloque de Cimentación Circular Concreto Simple

CARACTERÍSTICAS PARA CIMENTACIONES EN SUELOS BLANDOS

TIPO DE POSTE	TIPO DE SUELO										
	Terreno Blando - Coeficiente de Compresibilidad, Ch 4 = Kg/cm3										
	Z [m]	ZE [m]	H [m]	B [m]	Tipo de Cimentación	Acero de Refuerzo					
						Longitudinal	Estribos	a [m]	b [m]	c [m]	d [m]
8 m / 1050 kgf	1,4	0,1	1,5	1,10	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,35	0,15	0,53	0,1
10 m / 1050 kgf	1,6	0,1	1,7	1,10	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,55	0,15	0,53	0,1
12 m / 1050 kgf	1,8	0,1	1,9	1,10	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,75	0,15	0,53	0,1
12 m / 1350 kgf	1,8	0,1	1,9	1,20	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,75	0,15	0,6	0,1
14 m / 1350 kgf	2	0,1	2,1	1,20	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,6	0,1
14 m / 2000 kgf	2	0,1	2,1	1,40	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,65	0,1
14 m / 2500 kgf	2	0,1	2,1	1,60	Cuadrada - Concreto Reforzado	16 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,7	0,1
14 m / 3000 kgf	2	0,1	2,1	1,80	Cuadrada - Concreto Reforzado	24 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,7	0,1
16 m / 2000 kgf	2,2	0,1	2,3	1,40	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,8	0,1
16 m / 2500 kgf	2,2	0,1	2,3	1,60	Cuadrada - Concreto Reforzado	16 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,85	0,1
16 m / 3000 kgf	2,2	0,1	2,3	1,70	Cuadrada - Concreto Reforzado	24 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,8	0,1

Tabla 9. Cimentación Terreno blando

CARACTERÍSTICAS PARA CIMENTACIONES EN SUELOS MEDIOS

TIPO DE POSTE	TIPO DE SUELO										
	Terreno Blando - Coeficiente de Compresibilidad, Ch 4 = Kg/cm3										
	Z [m]	ZE [m]	H [m]	B [m]	Tipo de Cimentación	Acero de Refuerzo					
						Longitudinal	Estribos	a [m]	b [m]	c [m]	d [m]
8 m / 1050 kgf	1,4	0,1	1,5	0,60	Circular - Concreto Simple	–	–	–	–	–	–
10 m / 1050 kgf	1,6	0,1	1,7	0,60	Circular - Concreto Simple	–	–	–	–	–	–
12 m / 1050 kgf	1,8	0,1	1,9	0,80	Circular - Concreto Simple	–	–	–	–	–	–
12 m / 1350 kgf	1,8	0,1	1,9	0,80	Circular - Concreto Simple	–	–	–	–	–	–
14 m / 1350 kgf	2	0,1	2,1	0,80	Circular concreto Simple	–	–	–	–	–	–
14 m / 2000 kgf	2	0,1	2,1	0,90	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,65	0,1
14 m / 2500 kgf	2	0,1	2,1	1,00	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,7	0,1
14 m / 3000 kgf	2	0,1	2,1	1,10	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	1,95	0,15	0,7	0,1
16 m / 2000 kgf	2,2	0,1	2,3	0,90	Cuadrada - Concreto Reforzado	8 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,8	0,1
16 m / 2500 kgf	2,2	0,1	2,3	1,00	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,85	0,1
16 m / 3000 kgf	2,2	0,1	2,3	1,10	Cuadrada - Concreto Reforzado	12 #4	3/8" @ 20cm	2,15	0,15	0,8	0,1

Tabla 10. Cimentación Terreno Medio

CARACTERÍSTICAS PARA CIMENTACIONES EN SUELOS DUROS

TIPO DE POSTE	TIPO DE SUELO										
	TerrenoDuro - Coeficiente de Compresibilidad, Ch 16 = Kg/cm3										
	Z [m]	ZE [m]	H [m]	B [m]	Tipo de Cimentación	Acero de Refuerzo					
						Longitudinal	Estribos	a [m]	b [m]	c [m]	d [m]
8 m / 1050 kgf	1,4	0,1	1,5	0,60	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
10 m / 1050 kgf	1,6	0,1	1,7	0,60	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
12 m / 1050 kgf	1,8	0,1	1,9	0,80	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
12 m / 1350 kgf	1,8	0,1	1,9	0,80	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
14 m / 1350 kgf	2	0,1	2,1	0,80	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
14 m / 2000 kgf	2	0,1	2,1	1,00	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
14 m / 2500 kgf	2	0,1	2,1	1,10	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
14 m / 3000 kgf	2	0,1	2,1	1,10	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
16 m / 2000 kgf	2,2	0,1	2,3	1,00	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
16 m / 2500 kgf	2,2	0,1	2,3	1,10	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-
16 m / 3000 kgf	2,2	0,1	2,3	1,10	Circular - Concreto Simple	-	-	-	-	-	-

Tabla 11. Cimentación Terreno duro

IMPORTANTE

NOTAS:

- Es necesario que la información sea verificada para que los suelos correspondan adecuadamente a los indicados, cumpliendo con las características de cada tipo de terreno.
- Se debe tener en cuenta las especificaciones de dosificación, mezclado, transporte, colocación y curado del concreto, teniendo en cuenta la normativa que el rige como: NSR10 capítulo C5, NTC 550, NTC3318 y demás.
- Dependiendo la necesidad el diseñador de mezcla debe identificar aditivos necesarios para obtener la resistencia adecuada de 3 a 7 días.
- Para las cimentaciones en concreto simple y reforzado se debe usar un concreto de 3000 PSI por durabilidad y resistencia al aplastamiento, excepto donde se indique lo contrario.
- En caso de que las características del terreno y de los postes no estén incluidas en este documento, se debe hacer un diseño de cimentación a cargo de un Ingeniero estructural.

IMPORTANTE

NOTAS:

- Las dimensiones específicas se definen en tablas de diseño y memorias de cálculo, no en el cuerpo normativo.

Tipo de Suelo	Suelo blando			Suelo medio			Suelo duro		
Tipo de Poste Altura/Carga	Cantidad Concreto	Acero Reforzado	Tipo de Cimentacion	Cantidad Concreto	Acero Reforzado	Tipo de Cimentacion	Cantidad Concreto	Acero Reforzado	Tipo de Cimentacion
	m³	kgr		m³	kgr		m³	kgr	
8 m/1050 kgf	1,709	19	Cuadrada Concreto Reforzado	0,318	–	Circular Concreto Simple	0,318	–	Circular Concreto Simple
10 m/1050 kgf	1,912	22	Cuadrada Concreto Reforzado	0,335	–	Circular Concreto Simple	0,335	–	Circular Concreto Simple
12 m/1050 kgf	2,105	25	Cuadrada Concreto Reforzado	0,762	–	Circular Concreto Simple	0,762	–	Circular Concreto Simple
12 m/1350 kgf	2,521	26	Cuadrada Concreto Reforzado	0,740	–	Circular Concreto Simple	0,740	–	Circular Concreto Simple
14 m/1350 kgf	2,747	29	Cuadrada Concreto Reforzado	0,778	–	Circular Concreto Simple	0,778	–	Circular Concreto Simple
14 m/2000 kgf	3,769	39	Cuadrada Concreto Reforzado	1,354	30	Cuadrada Concreto Reforzado	1,302	–	Circular Concreto Simple
14 m/2500 kgf	4,999	48	Cuadrada Concreto Reforzado	1,723	40	Cuadrada Concreto Reforzado	1,619	–	Circular Concreto Simple
14 m/3000 kgf	6,395	65	Cuadrada Concreto Reforzado	2,132	40	Cuadrada Concreto Reforzado	1,587	–	Circular Concreto Simple
16 m/2000 kgf	4,076	46	Cuadrada Concreto Reforzado	1,431	37	Cuadrada Concreto Reforzado	1,374	–	Circular Concreto Simple
16 m/2500 kgf	5,421	56	Cuadrada Concreto Reforzado	1,833	47	Cuadrada Concreto Reforzado	1,719	–	Circular Concreto Simple
16 m/3000 kgf	6,143	73	Cuadrada Concreto Reforzado	2,279	46	Cuadrada Concreto Reforzado	1,682	–	Circular Concreto Simple

Tabla 12. Guía de Selección Rápida

E) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- Usar concreto de 3,000 PSI como mínimo por criterio de durabilidad, incluso cuando el cálculo estructural permita menor resistencia.
- No usar concreto ciclópeo o concreto de 2500 PSI en cimentaciones de postes de media y baja tensión.
- Garantizar el curado húmedo del concreto durante un mínimo de 7 días. Para optimizar el proceso de curado, se deberá asegurar el uso de aceleradores de curado, los cuales deberán ser aplicados de acuerdo con las especificaciones del fabricante, con el fin de reducir el tiempo de fraguado sin comprometer las propiedades finales del concreto.
- Si las condiciones del sitio no están contempladas en las tablas de selección, el diseño debe ser realizado por ingeniero estructural.
- Documentar en la memoria de cálculo: tipo de suelo, capacidad portante, nivel freático y tipo de cimentación seleccionada.

F) CONDICIONES DE VERIFICACIÓN EN CAMPO

Material	Especificación	Observación	
1	Profundidad de excavación	Registro Fotográfico	$\geq Z$ calculado
2	Fondo de excavación	Registro Fotográfico	Suelo firme, sin agua estancada
3	Diámetro de excavación	Registro Fotográfico / Verificación en Campo	Según diseño
4	Recubrimiento del refuerzo	Registro Fotográfico / Verificación en Campo	≥ 7.5 cm, vaciado del concreto sobre el refuerzo
5	Curado y Dureza visual del concreto	Verificación en Campo	Gris, homogéneo sin grietas, recubrimiento completo.
6	Marca de empotramiento	Verificación en Campo	Visible al nivel del terreno

Tabla 13. Lista de Verificación en Campo



LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECKLIST) DE CAMPO

PROYECTO: _____ FECHA: __/__/__

UBICACIÓN GPS: _____ ID POSTE: _____

1. DATOS DEL POSTE

Tipo de Poste	Altura (m)	Carga Nominal (daN)

2. ÍTEMS DE VERIFICACIÓN

Marque con una "X" la elección

Item	Verificación	Criterio de Aceptación	Cumple	No cumple	No Aplica
1	Profundidad de excavación	>= Z calculado	☐	☐	☐
2	Fondo de excavación	Suelo firme, sin agua estancada	☐	☐	☐
3	Diámetro de excavación	Según diseño	☐	☐	☐
4	Recubrimiento del refuerzo	>= 7.5 cm, vaciado sobre el refuerzo	☐	☐	☐
5	Curado y Dureza visual del concreto	Gris, homogéneo sin grietas	☐	☐	☐
6	Marca de empotramiento	Visible al nivel del terreno	☐	☐	☐

3. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Ítem	Espacio para foto
1. Excavación	

2. Refuerzo	
3. Vaciado	
4. Terminado	

4. OBSERVACIONES

5. RESPONSABLES Y FIRMAS

CONSTRUCTOR	INTERVENTOR
Firma: _____	Firma: _____
Nombre: _____	Nombre: _____

Figura 7. Formato de Lista de Verificación (Checklist) de Campo

EXCAVACIÓN

- No excavar con dimensiones menores a las especificadas.
- En presencia de agua, agotar antes de vaciar concreto.
- No dejar excavaciones abiertas por más de 24 horas sin protección y señalización.

INSTALACIÓN DEL POSTE:

- Verificar que la marca de empotramiento (franja verde) coincida con el nivel del terreno.
- Usar plomada o nivel para garantizar verticalidad en dos direcciones perpendiculares.
- Apuntalar el poste durante el fraguado del concreto.

VACIADO DE CONCRETO:

- No agregar agua al concreto premezclado en obra.
- Vibrar o compactar para eliminar vacíos.
- No vaciar concreto con temperatura ambiente superior a 35 °C sin aditivos.

DOCUMENTACIÓN:

- Registrar fotográficamente la excavación, el refuerzo y el vaciado.
- Conservar certificados de calidad del concreto y el acero.

G) CONCLUSIONES

El diseño y construcción de cimentaciones para postes de media y baja tensión debe considerar de manera integral: la profundidad de empotramiento según la altura del poste, las condiciones geotécnicas del sitio, la tipología de cimentación apropiada y las buenas prácticas constructivas.

La verificación de estabilidad mediante la ecuación de Sulzberger es obligatoria para postes con carga nominal $\geq 1,050$ kgf. En caso de duda sobre las condiciones del suelo o cargas atípicas, el diseño debe ser validado por ingeniero estructural.

ANEXOS

- Tabla de Verificación de la Cimentación Terreno Blando.

TIPO POSTE				TIPO DE TERRENO					Coeficiente de Compresibilidad, Ch				Ángulo de Rotación admisible, ϕ
				Terreno Blando					4	Kgf/cm3	4000000	Kgf/m3	0,573
									Monobloque o bloque único (Prismático)				
L [m]	F [kg-f]	Db Base [m]	Dc Cima [m]	Z [m]	ZE [m]	H [m]	HL [m]	Mv [kgf*m]	B [m]	Z [m]	Momento Estabilizador, Me [kgf*m]	Cs	Cs >1.5
8	1050	0,31	0,19	1,4	0,1	1,5	6,6	8505	1,10	1,5	17257	2,0	CUMPLE
10	1050	0,34	0,17	1,6	0,1	1,7	8,4	10605	1,10	1,7	22897	2,2	CUMPLE
12	1050	0,37	0,16	1,8	0,1	1,9	10,2	12705	1,10	1,9	30033	2,4	CUMPLE
12	1350	0,39	0,19	1,8	0,1	1,9	10,2	16335	1,20	1,9	34352	2,1	CUMPLE
14	1350	0,42	0,2	2	0,1	2,1	12	19035	1,20	2,1	43961	2,3	CUMPLE
14	2000	0,47	0,26	2	0,1	2,1	12	28200	1,40	2,1	56029	2,0	CUMPLE
14	2500	0,49	0,28	2	0,1	2,1	12	35250	1,60	2,1	71245	2,0	CUMPLE
14	3000	0,51	0,3	2	0,1	2,1	12	42300	1,80	2,1	90568	2,1	CUMPLE
16	2000	0,5	0,26	2,2	0,1	2,3	13,8	32200	1,40	2,3	69592	2,2	CUMPLE
16	2500	0,52	0,28	2,2	0,1	2,3	13,8	40250	1,60	2,3	86745	2,2	CUMPLE
16	3000	0,54	0,3	2,2	0,1	2,3	13,8	48300	1,70	2,3	96797	2,0	CUMPLE

- Tabla de Selección Tipo de Cimentación Terreno Medio.

TIPO POSTE				TIPO DE TERRENO					Coeficiente de Compresibilidad, Ch			Ángulo de Rotación admisible, φ	
				Terreno Medio					12	Kgf/cm3	12000000	Kgf/m3	0,573
									Aporte de Hormigón (Cilíndrico)				
L [m]	F [kg-f]	Db Base [m]	Dc Cima [m]	Z [m]	ZE [m]	H [m]	HL [m]	Mv [kgf*m]	B [m]	Momento Estabilizador, Me [kgf*m]	Cs	Cs >1.5	
8	1050	0,31	0,19	1,4	0,1	1,5	6,6	8505	0,60	14572	1,7	CUMPLE	
10	1050	0,34	0,17	1,6	0,1	1,7	8,4	10605	0,60	20864	2,0	CUMPLE	
12	1050	0,37	0,16	1,8	0,1	1,9	10,2	12705	0,80	39830	3,1	CUMPLE	
12	1350	0,39	0,19	1,8	0,1	1,9	10,2	16335	0,80	39830	2,4	CUMPLE	
14	1350	0,42	0,2	2	0,1	2,1	12	19035	0,80	52933	2,8	CUMPLE	
TIPO POSTE				TIPO DE TERRENO					Coeficiente de Compresibilidad, Ch			Ángulo de Rotación admisible, φ	
				Terreno Medio					12	Kgf/cm3	12000000	Kgf/m3	0,573
									Monobloque o bloque único (Prismático)				
L [m]	F [kg-f]	Db Base [m]	Dc Cima [m]	Z [m]	ZE [m]	H [m]	HL [m]	Mv [kgf*m]	B [m]	Z [m]	Momento Estabilizador, Me [kgf*m]	Cs	Cs >1.5
14	2000	0,47	0,26	2	0,1	2,1	12	28200	0,90	2,1	89920	3,2	CUMPLE
14	2500	0,49	0,28	2	0,1	2,1	12	35250	1,00	2,1	102621	2,9	CUMPLE
14	3000	0,51	0,3	2	0,1	2,1	12	42300	1,10	2,1	116524	2,8	CUMPLE
16	2000	0,5	0,26	2,2	0,1	2,3	13,8	32200	0,90	2,3	116076	3,6	CUMPLE
16	2500	0,52	0,28	2,2	0,1	2,3	13,8	40250	1,00	2,3	131684	3,3	CUMPLE
16	3000	0,54	0,3	2,2	0,1	2,3	13,8	48300	1,10	2,3	148494	3,1	CUMPLE

• Tabla de Selección Tipo de Cimentación Terreno Duro.

TIPO POSTE				TIPO DE TERRENO					Coeficiente de Compresibilidad, Ch				Ángulo de Rotación admisible, φ
				Terreno Duro					16	Kgf/cm3	16000000	Kgf/m3	0,573
									Aporte de Hormigón (Cilíndrico)				
L [m]	F [kg-f]	Db Base [m]	Dc Cima [m]	Z [m]	ZE [m]	H [m]	HL [m]	Mv [kgf*m]	B [m]	Momento Estabilizador, Me [kgf*m]	Cs	Cs >1.5	
8	1050	0,31	0,19	1,4	0,1	1,5	6,6	8505	0,60	19429	2,3	CUMPLE	
10	1050	0,34	0,17	1,6	0,1	1,7	8,4	10605	0,60	27819	2,6	CUMPLE	
12	1050	0,37	0,16	1,8	0,1	1,9	10,2	12705	0,80	53106	4,2	CUMPLE	
12	1350	0,39	0,19	1,8	0,1	1,9	10,2	16335	0,80	53106	3,3	CUMPLE	
14	1350	0,42	0,2	2	0,1	2,1	12	19035	0,80	70577	3,7	CUMPLE	
14	2000	0,47	0,26	2	0,1	2,1	12	28200	1,00	92055	3,3	CUMPLE	
14	2500	0,49	0,28	2	0,1	2,1	12	35250	1,10	104120	3,0	CUMPLE	
14	3000	0,51	0,3	2	0,1	2,1	12	42300	1,10	104120	2,5	CUMPLE	
16	2000	0,5	0,26	2,2	0,1	2,3	13,8	32200	1,00	118476	3,7	CUMPLE	
16	2500	0,52	0,28	2,2	0,1	2,3	13,8	40250	1,10	133183	3,3	CUMPLE	
16	3000	0,54	0,3	2,2	0,1	2,3	13,8	48300	1,10	133183	2,8	CUMPLE	

- Tabla Cantidades de Cimentación Terreno Blando.

						Concreto		Acero						
						Cuadrada		Longitudinal			Estribos #3			Peso Total Acero [Kg]
TIPO DE POSTE	R [m]	d Tronco Cono [m]	r [m]	h [m]	Vol. Tronco de Poste [m3]	Volumen Completo Cim. [m3]	Vol. Cim. [m3]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	
8 m /1050 kgf	0,155	0,31	0,155	1,4	0,11	1,82	1,709	8	1,50	11,9	6	2,32	7,5	19
10 m / 1050 kgf	0,17	0,34	0,17	1,6	0,15	2,06	1,912	8	1,70	13,5	7	2,32	8,8	22
12 m / 1050 kgf	0,185	0,37	0,185	1,8	0,19	2,30	2,105	8	1,90	15,1	8	2,32	10,1	25
12 m / 1350 kgf	0,195	0,39	0,195	1,8	0,22	2,74	2,521	8	1,90	15,1	8	2,60	11,3	26
14 m / 1350 kgf	0,21	0,42	0,21	2	0,28	3,02	2,747	8	2,10	16,7	9	2,60	12,7	29
14 m / 2000 kgf	0,235	0,47	0,235	2	0,35	4,12	3,769	12	2,10	25,1	9	2,80	13,7	39
14 m / 2500 kgf	0,245	0,49	0,245	2	0,38	5,38	4,999	16	2,10	33,4	9	3,00	14,7	48
14 m / 3000 kgf	0,255	0,51	0,255	2	0,41	6,80	6,395	24	2,10	50,2	9	3,00	14,7	65
16 m / 2000 kgf	0,25	0,5	0,25	2,2	0,43	4,51	4,076	12	2,30	27,5	10	3,40	18,6	46
16 m / 2500 kgf	0,26	0,52	0,26	2,2	0,47	5,89	5,421	16	2,30	36,6	10	3,60	19,7	56
16 m / 3000 kgf	0,27	0,54	0,27	2,2	0,50	6,65	6,143	24	2,30	54,9	10	3,40	18,6	73

- Tabla Cantidades de Cimentación Terreno Medio.

						Concreto		Acero						
						Cilindrica		Longitudinal			Estribos #3			Peso Total Acero [Kg]
TIPO DE POSTE	R [m]	d Tronco Cono [m]	r [m]	h [m]	Vol. Tronco de Poste [m3]	Volumen Completo Cim. [m3]	Vol. Cim. [m3]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	
8 m /1050 kgf	0,155	0,31	0,155	1,4	0,11	0,42	0,32	-	-	-	-	-	-	-
10 m / 1050 kgf	0,17	0,34	0,17	1,6	0,15	0,48	0,34	-	-	-	-	-	-	-
12 m / 1050 kgf	0,185	0,37	0,185	1,8	0,19	0,96	0,76	-	-	-	-	-	-	-
12 m / 1350 kgf	0,195	0,39	0,195	1,8	0,22	0,96	0,74	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 1350 kgf	0,21	0,42	0,21	2	0,28	1,06	0,78	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 2000 kgf	0,235	0,47	0,235	2	0,35	1,70	1,35	8	2,10	16,7	9	2,80	13,7	30
14 m / 2500 kgf	0,245	0,49	0,245	2	0,38	2,10	1,72	12	2,10	25,1	9	3,00	14,7	40
14 m / 3000 kgf	0,255	0,51	0,255	2	0,41	2,54	2,13	12	2,10	25,1	9	3,00	14,7	40
16 m / 2000 kgf	0,25	0,5	0,25	2,2	0,43	1,86	1,43	8	2,30	18,3	10	3,40	18,6	37
16 m / 2500 kgf	0,26	0,52	0,26	2,2	0,47	2,30	1,83	12	2,30	27,5	10	3,60	19,7	47
16 m / 3000 kgf	0,27	0,54	0,27	2,2	0,50	2,78	2,28	12	2,30	27,5	10	3,40	18,6	46

• Tabla Cantidades de Cimentación Terreno Duro.

						Concreto		Acero						
						Cilindrica		Longitudinal			Estribos #3			Peso Total Acero [Kg]
TIPO DE POSTE	R [m]	d Tronco Cono [m]	r [m]	h [m]	Vol. Tronco de Poste [m3]	Volumen Completo Cim. [m3]	Vol. Cim. [m3]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	Cantidad	l [m]	Peso [Kg]	
8 m / 1050 kgf	0,155	0,31	0,155	1,4	0,11	0,42	0,318	-	-	-	-	-	-	-
10 m / 1050 kgf	0,17	0,34	0,17	1,6	0,15	0,48	0,335	-	-	-	-	-	-	-
12 m / 1050 kgf	0,185	0,37	0,185	1,8	0,19	0,96	0,762	-	-	-	-	-	-	-
12 m / 1350 kgf	0,195	0,39	0,195	1,8	0,22	0,96	0,740	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 1350 kgf	0,21	0,42	0,21	2	0,28	1,06	0,778	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 2000 kgf	0,235	0,47	0,235	2	0,35	1,65	1,302	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 2500 kgf	0,245	0,49	0,245	2	0,38	2,00	1,619	-	-	-	-	-	-	-
14 m / 3000 kgf	0,255	0,51	0,255	2	0,41	2,00	1,587	-	-	-	-	-	-	-
16 m / 2000 kgf	0,25	0,5	0,25	2,2	0,43	1,81	1,374	-	-	-	-	-	-	-
16 m / 2500 kgf	0,26	0,52	0,26	2,2	0,47	2,19	1,719	-	-	-	-	-	-	-
16 m / 3000 kgf	0,27	0,54	0,27	2,2	0,50	2,19	1,682	-	-	-	-	-	-	-