

Boletín 73

POSTES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N° 73
PARTE 3
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

POSTES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

PARTE 3

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) define un sistema de potencia como: una red formada por unidades generadoras eléctricas, líneas de transmisión de potencia y cargas, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

Para comprender mejor el tema de las líneas de transmisión y distribución de energía relacionado a los aisladores, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 4 PARTE 2 sobre las líneas de transmisión y distribución donde partimos desde principios básicos sobre esta materia, de igual forma ver el Boletín Técnico N° 71 PARTE 1 y Boletín Técnico N° 72 PARTE 2 ambos referido a postes.

Por su estructura, normalmente en los sistemas de potencia podemos distinguir cuatro niveles operativos: generación, transmisión, sub-transmisión y distribución.

El sistema de potencia está constituido por elementos que cumplen funciones específicas, de forma que en operación conjunta garanticen un flujo confiable y económico de electricidad, una parte importante de este sistema lo constituyen los postes, a continuación nos extenderemos en este tema.

2. Instalación de postes.

Los postes se apoyan en el terreno por medio de cimentaciones o fundaciones. Al conjunto del poste con las cimentaciones y los soportes de los conductores, se les denomina en general apoyo.

3. Empotramiento de los postes.

El empotramiento de los postes se debe efectuar en terrenos firmes y para casos excepcionales en tierra de relleno.

Para estos casos se deberá tomar todas las previsiones necesarias para la seguridad de la construcción.

4. Postes sin bloques de cimentación.

Los postes sin bloque de cimentación tendrán un empotramiento mínimo de 1,50 mts si el terreno es de buena calidad.

En general, las longitudes de empotramiento recomendadas en cada caso serán las indicadas en la tabla 1.

Longitud del poste en metros	Longitud de empotramiento en metros
8,23	1,50
9,14	1,50
10,98	1,70
12,20	1,80
13,72	2,00

Como regla general para el cálculo de las longitudes de empotramientos se recomienda la siguiente fórmula:

$$L_o = 1/10 H + 0,61 \text{ mts. } > 1,50 \text{ mts.}$$

Dónde

Lo = Longitud de empotramiento en metros

H = Altura total del poste en metros

La longitud determinada por esta fórmula debe ser mayor de 1,50 metros y su aplicación está referida a postes de longitud de 6,10 metros en adelante.

5. Bases de concreto.

Los poste tubulares de acero en cualquier clase de terreno con excepción de la roca viva, se montarán sobre una losa de piedra o placa de hormigón.

Esta losa deberá tener como mínimo en todas las direcciones, dos veces el diámetro del poste que haya de soportar y su espesor no deberá ser menor a 10 cm para la piedra y 15 cm si es losa de concreto.

Para esta clase de construcción tomar la precaución de agregar a la longitud del empotramiento el espesor de la placa.

Las losas de concreto deberán secar como mínimo 24 horas antes de ser cargadas con el peso del poste.

6. Postes con bloques de cimentación.

La cimentación se hará para los postes y estructuras en forma de bloque.

De acuerdo con la construcción de los apoyos se usarán uno, dos o más bloques.

Los postes tubulares de acero se cimentaran con un solo bloque cuyas dimensiones serán calculadas conforme a estas normas.

7. Cálculo mecánico del poste.

La altura mínima sobre el suelo en metros debe ser seleccionada en base a las normas CADAPE N° 58-87.

8. Cálculos de esfuerzos transversales.

8.1 Carga del viento contra el poste.

Para ello primero se calcula la fuerza que ejerce el viento sobre cada una de las secciones del poste.

La fórmula utilizada para realizar este cálculo es la siguiente:

$$F_{vp} = P_v * A_{sp}$$

Dónde:

F_{vp} = Fuerza del viento contra el poste (Kg).

P_v = Presión del viento (Kg/m²).

A_{sp} = Área de la sección del poste.

8.2 Cálculo de los momentos en cada una de las secciones del poste.

La fórmula utilizada para realizar este cálculo es la siguiente:

$$M_{sp} = F * d_{sp}$$

Dónde:

M_{sp} = Momento en cada sección del poste (Kg/m)

F_{vp} = Fuerza del viento contra el poste (Kg).

d_{sp} = distancia desde el centro de cada sección a la base del mismo.

8.3 Cálculo de la Fuerza resistente viento-poste.

8.3.1 Esfuerzo ejercido por el viento sobre los conductores.

Para ello primero se calculó la fuerza del viento sobre el conductor. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$F_{RES(vp)} = \sum \frac{M_{total}}{L_1 + L_2 + L_3 - a}$$

Cálculo de la fuerza viento sobre el conductor

$$F_{vc} = p_{vc} * V_p$$

Dónde:

F_{vc} = Fuerza del viento contra el conductor.

p_{vc} = Peso del conductor por carga del viento.

V_p = Vano medio entre vanos de un mismo poste.

Conocida la fuerza del viento sobre el conductor, se procede a calcular el momento producido por dicha fuerza.

8.3.2 Cálculo del momento producido por la fuerza del viento sobre el conductor

$$M_{vc} = F_{vc} * hc$$

Dónde:

M_{vc} : Momento de la fuerza del viento sobre el conductor.

hc : Altura del conductor al suelo

8.3.3 Cálculo de la fuerza resistente del viento contra el conductor

$$F_{RES(vc)} = \frac{M_{vc}}{L_1 + L_2 + L_3 - a}$$

$$F_{RES(vc)} = \frac{fvc * amed * hc}{L_1 + L_2 + L_3 - a}$$

Carga por ángulo

$$F\alpha = 2 * t * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

$F\alpha$: Fuerza producida en un apoyo en ángulo.

t : Fuerza de tensión (25 % tensión de ruptura).

α : Ángulo entre dos postes seguidos.

8.3.4 Cálculo del momento producido por la carga por ángulo

$$M\alpha = F\alpha * hc$$

8.3.5 Cálculo de la fuerza resistente por carga por ángulo

$$F_{RES(\alpha)} = \frac{M\alpha}{L_1 + L_2 + L_3 - a}$$

Vano medio máximo por esfuerzo mecánico que soporta el poste:

Para saber si un poste necesita de retenida mecánica o no, se deben sumar todas las fuerzas transversales y este resultado debe ser comparado con el esfuerzo en cumbre del poste en cuestión, si la sumatoria de fuerzas resulta ser mayor al apoyo se le debe colocar retenida.

$$F_{RES(vp)} + F_{RES(vc)} + F_{RES(\alpha)} \leq EC$$

Cuando se necesita retenida es necesario el cálculo de la fuerza de la guaya. Para ello se calcula la fuerza de la guaya.

$$FH = \sum F_{res} * \frac{H_{EC}}{H_V}$$

$$F_{guaya} = \frac{FH}{\text{Sen } \beta}$$

Fs(GUAYA)=2.5

Truatura (GUAYA) > 2.5*FGUAYA

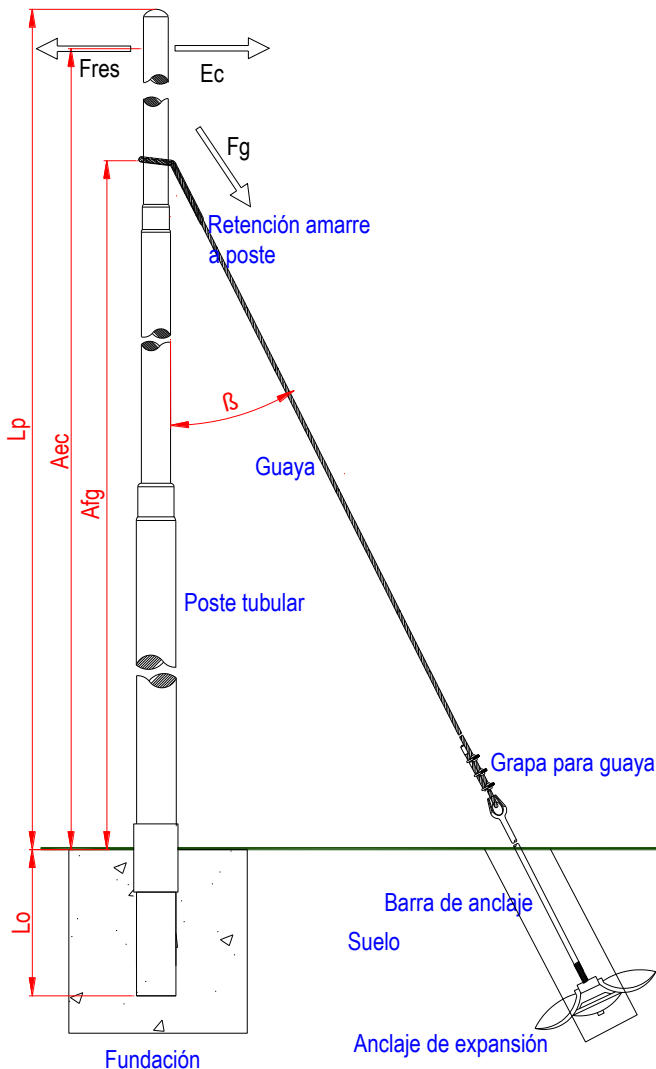


Figura 1
Fuerza de la Guaya

9. Cálculos Verticales

Verificación de los apoyos por carga vertical (Pandeo). Para ello se debió calcular la fuerza vertical máxima que el apoyo es capaz de soportar.

9.1 Cálculo de la fuerza vertical máxima

La fórmula a emplear para la realización de este cálculo es la siguiente:

$$F_{vmax} = \frac{K * \pi^2 * I_e * E}{F_s * 100 * L^2}$$

Dónde:

Ie Momento de inercia equivalente.

E Modulo de elasticidad del Acero

Fs Factor de Seguridad

L Longitud del poste por encima del suelo

9.2 Cálculo del momento de inercia equivalente

Para su cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$I_e = \frac{I_1 * L_1 + I_2 * L_2 + I_3 * L_3}{L_1 + L_2 + L_3}$$

Dónde:

I1 Momento de inercia de la sección 1

I2 Momento de inercia de la sección 2

I3 Momento de inercia de la sección 3

L1 Longitud de la sección 1

L2 Longitud de la sección 2

L3 Longitud de la sección 3

9.3 Cálculo de los momentos de inercia referentes a cada sección del poste

Para calcular los momentos de inercia referentes a cada una de las secciones del poste, se aplica la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{\pi}{64} [Dn^4 - (Dn - dn)^4]$$

Dónde:

Dn: Diámetro externo de la sección "n" del poste.

El valor de dn es calculado de la siguiente manera:

$$dn = Dn - 2 * e_n$$

Dónde:

e_n : Es el espesor de la sección "n" del poste.

9.4 Cálculo de las fuerzas verticales asociadas a cada apoyo

$$\Sigma F_{\text{verticales}} = WP + Wo + Wh + W_{\text{conductores}}$$

Dónde:

WP: peso del poste

Wo: peso promedio de una persona o liniero

Wh = peso de los herrajes

$W_{\text{conductores}}$ = peso total de los conductores

El peso total de los conductores se calcula como sigue:

$$W_{\text{conductores}} = N^{\circ} \text{ de conductores} * Wc * \text{amed}$$

Dónde:

N° de conductores: cantidad de conductores

amed: vano medio referente al poste en estudio.

Para verificar si un poste no sufre pandeo, se debe cumplir:

$$\Sigma F_{\text{verticales}} \leq F_{\text{máx}}$$

Verificación de las secciones del poste

9.5 Cálculo del esfuerzo producido por cada sección del poste

$$M_{si} = \Sigma F_{\text{res}} * \Sigma (L_j - a) \text{ Kg - cm}$$

Donde $1 \leq j \leq n$

$$W_i = \frac{\pi}{32} * \frac{D_i^4 - d_i^4}{D_i}$$

$$d_i = D_i - 2e_i$$

Esfuerzo admisible de los postes de acero

$\gamma_{\text{ruptura}} = 55 \text{ Kg/mm}^2$ (para postes de acero)
 $\gamma_{\text{max}} = \gamma_{\text{ruptura}} / FS$

FS: Factor de seguridad

Esfuerzo en las secciones del poste:

$$\gamma = M / w$$

$$\gamma_{\text{max}} > \gamma$$

Si γ_{max} es mayor que γ el apoyo cumple con la condición de esfuerzo vertical

+ 3

10. Diseño de la fundación para postes.

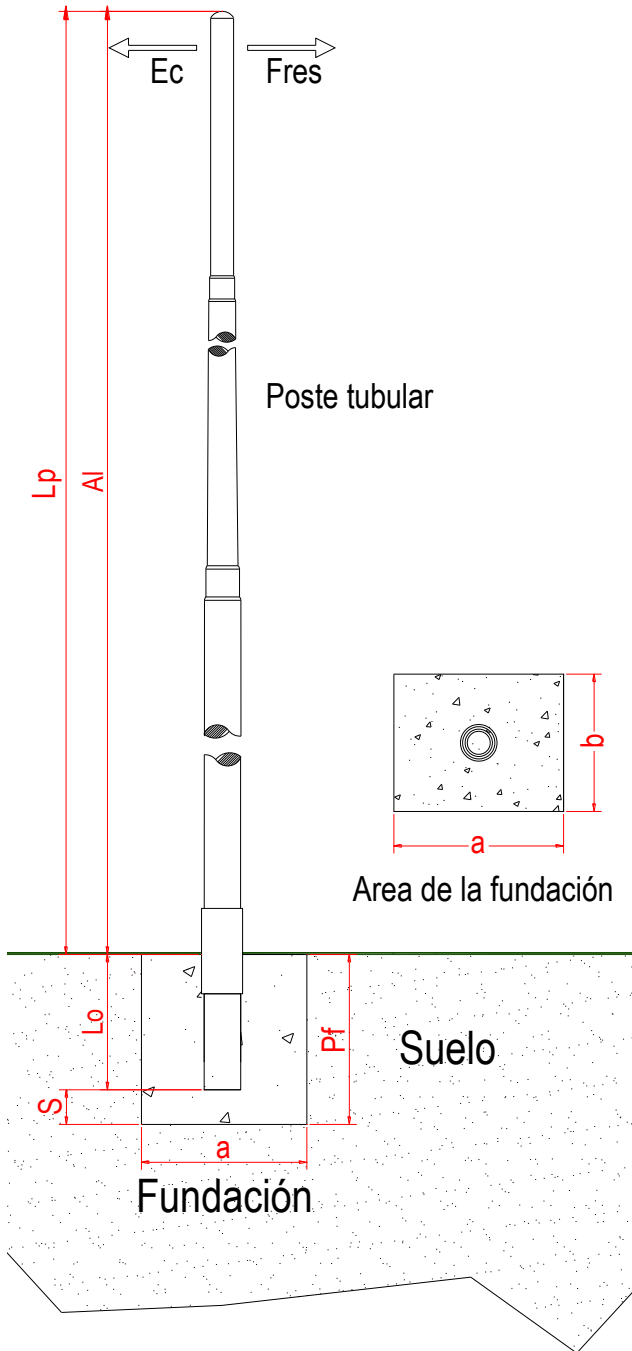


Figura 2.
Fundación del poste

10. Cálculo de Momento de Volcamiento

$$M_v = EC * [L_p^2 * h]$$

Dónde:

EC: Esfuerzo en cumbre del poste

Lp: Altura del poste

h: longitud de empotramiento

Momento Estabilizante

$$M_e = \sum F_v * \frac{a}{2} + b * c *$$

Dónde:

fv: Fuerzas verticales

a: Lado paralelo al esfuerzo de volcamiento

b: Lado perpendicular al esfuerzo de volcamiento

c: longitud de empotramiento

10.1 Volumen de la excavación y del poste

$$V_{\text{excav}} = a * b * c$$

$$V_{\text{poste}} = \frac{\pi}{4} * D_1^2 * L_o$$

Dónde:

Lo: Longitud de empotramiento

Por lo tanto el volumen del concreto es:

$$V_{\text{concreto}} = V_{\text{excav}} + V_{\text{poste}}$$

10.2 Peso del concreto

$$Wc = \gamma * Wconc$$

$$\sum Fv = \sum F \text{ vert} + We$$

Para terreno normal el coeficiente de empuje es igual:

$$C = 1700 \text{ kg/m}^3$$

10.3 Factor de estabilidad

$$F_e = \frac{Me}{Mv}$$

10.4 Esfuerzo del concreto

$$\sigma = \frac{\sum Fv}{a * b} \frac{Kg}{m^2} < 2 \frac{Kg}{cm^2}$$

11. Características de los terrenos.

11.1 Coeficientes de empuje de los terrenos:

Para los coeficientes de empuje de los terrenos, se adoptarán los indicados en la tabla 2.

11.2. Calculo de las fundaciones:

Pueden efectuarse por cualquier método de uso corriente. En todos los casos no es obligatorio presentar en los cálculos justificativos del proyecto, el método utilizado, su desarrollo y verificación, según el tipo de fundación adoptado, del momento estabilizante mediante la fórmula siguiente:

$$Me = P * (a/2) + cbh^3$$

Dónde:

- P Peso estabilizante.
- a Lado paralelo al esfuerzo de volcamiento
- b Lado perpendicular al esfuerzo de

volcamiento

- h Profundidad de la fundación. (Peso del concreto 2.200 Kg/m³).

Al comprobar las fundaciones esta debe soportar el momento de volcamiento con un factor de seguridad mayor de 2.

TABLA 2 Coeficientes de empuje de los terrenos	
Naturaleza del terreno	Coeficientes de empuje
Arena fina	280
Arena gruesa	670
Arcilla húmeda	520
Arcilla seca	720
Terrenos húmedos	960
Tierra vegetal húmeda, humus	1700
Terrenos fuertes	3300
Arcilla y greda	2100
Arenas y gravas húmedas	1800
Arena y gravas mojadas	2000
Piedras con predominio de canto rodado	1900
Piedras con predominio de guijos con cantos filosos	1800

12. Calculo de la carga en cumbre.

Para el cálculo de la carga en cumbre se empleará la siguiente formula.

$$C.C = Mmax / L$$

Dónde:

- Mmax Momento máximo sobre la sección empotrada
- L Longitud a la cual se define la carga en cumbre

Para lo cual:

$$Mmax = \sigma adm * I1 / R$$

Dónde:

- σadm Esfuerzo máximo admisible en el acero (2000 Kg/cm²)
- I1 Momento de inercia de la sección 1
- R Radio de la sección considerada

13. Procedimiento para instalación de postes

La instalación de los postes tubulares se realizará siguiendo los pasos indicados de las figuras 3 hasta la 2.1.18, cuando no se cuenta con vehículos grúas o herramientas para el izaje correspondiente.

13.1 Excavación de la fundación del poste.

Para realizar la rotura del concreto en la acera se utilizara herramientas para tal fin, tales como: martillos neumáticos o cincel.

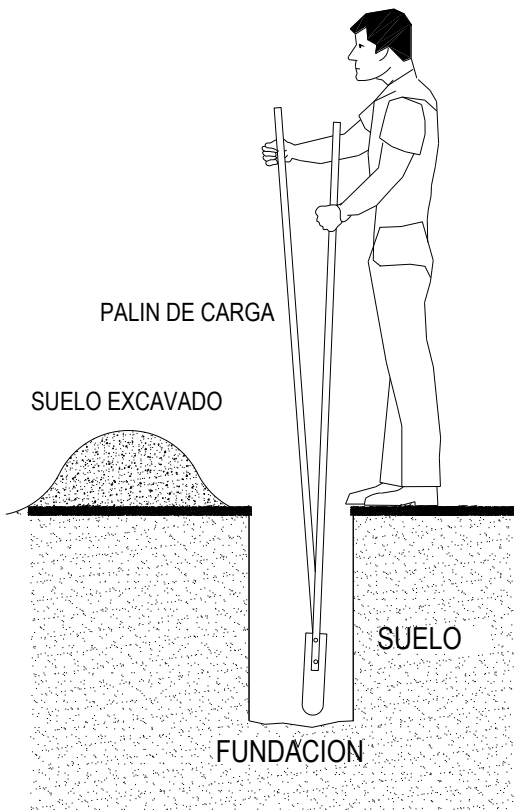


Figura 3
Excavación de la fundación para el poste

Una vez realizada la apertura sobre el concreto cuando sea requerida, se efectúa la excavación a mano utilizando la herramienta adecuada de acuerdo a la constitución del terreno, generalmente es a través de un palín de carga, chicura o pala (Ver figura 3).

Una vez completada la excavación, se procede a la compactación del piso mediante una barra de pisón (Ver figura 4).

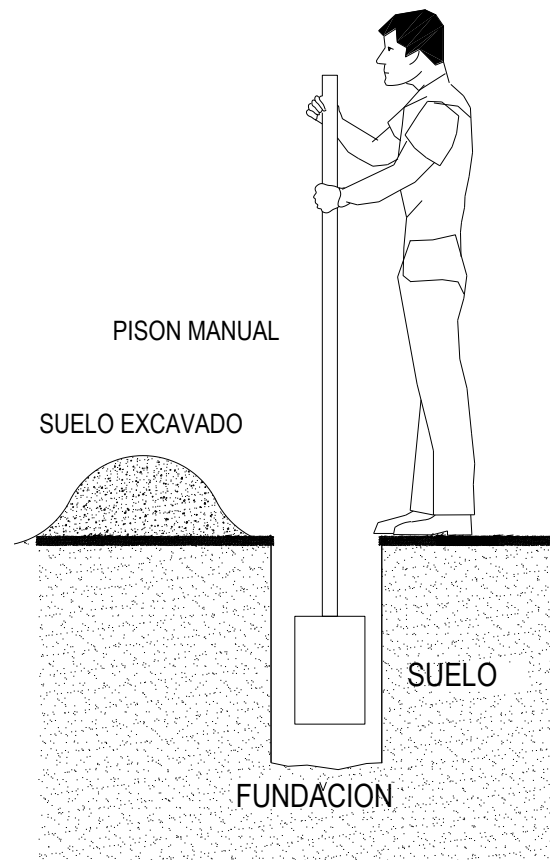


Figura 4
Compactación del piso de la fundación

Realizada la compactación, se debe rebajar el borde superior del lado por donde se deslizara el poste en forma de chaflán como se observa en la figura 5, esto para permitir el deslizamiento del poste a la fundación.

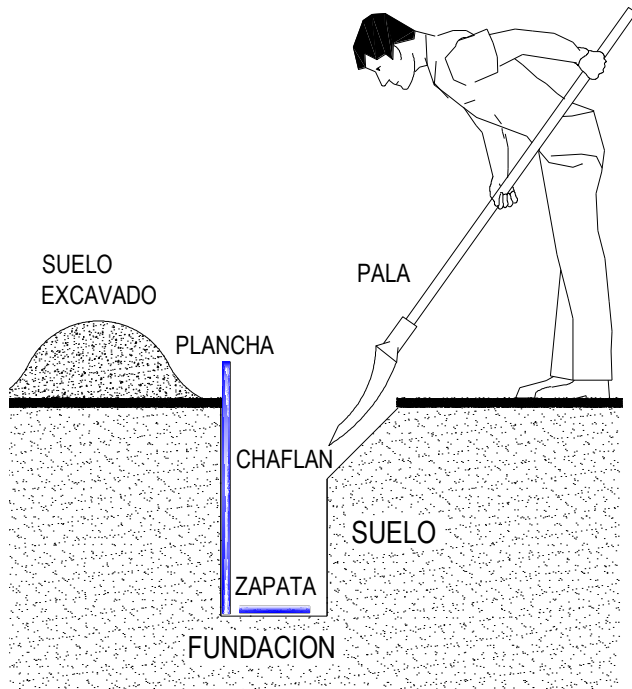


Figura 5.
Chaflán del borde de la fundación

De igual forma del otro lado se colocará una plancha de hierro de forma provisional a donde topará la base del poste durante su colocación a objeto evitar derrumbes (ver figura 5).

Para cimientos de tierra o en zonas rurales se deberá colocar una zapata al fondo de la fundación donde reposará el poste a objeto de evitar su desplazamiento vertical (ver figura 5).

13.2 Instalación del poste.

La operación de colocación e instalación del poste en el interior de la fundación, puede ser efectuada a través de camiones grúas o a pulso por personas.

El procedimiento para el izado y colocación a través de personal, se inicia presentando la base del poste a instalar en el lado del hueco

con chaflán o bisel, quedando a su vez el extremo de la base del poste apoyada contra la plancha de hierro previamente introducida en el foso. Esta plancha permitirá el deslizamiento del poste hasta el fondo del hueco.

El otro extremo del poste quedara soportado y alzado ligeramente a través de un soporte (banco de soporte) que permitirá el agarre y alzamiento paulatino por medio de mecatres que se amarraran en el extremo superior del poste, de igual forma, en la medida que se va izando el poste en su extremo se colocan caballetes para aguantarlo. (Ver figura 6)

13.3 Nivelado y centrado del poste.

Introducido el poste en la fundación se procede extraer la plancha de hierro y a centrarlo, a su término se procede a nivelarlo con la ayuda de un nivel o plomada como se observa en la figura 6.

Una vez que el poste está en su lugar se comienza la fijación del mismo colocando piedras grandes alrededor de la base del poste dentro de la fundación o hueco, las cuales se apisonan con el pisón hasta compactarlas, en seguida se vacía una capa de concreto.

Nivelado y centrado del poste en la fundación

Se repite el paso anterior, es decir, nuevamente se agrega otra capa de piedra y por ultimo otra de concreto de resistencia 180 kg/cm^3 simultáneamente a esto, el poste se debe nivelar constante de forma que quede completamente vertical.

13.4 Ubicación de los postes.

En el proceso de instalación se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Es necesario tomar como regla general que los postes deben emplearse de manera que las retenidas no presenten obstáculos para la circulación de peatones y/o vehículos.

- Deberán estar ubicados hacia el brocal de las aceras, en las esquinas y de acuerdo a las necesidades de proyecto y la capacidad del cable.
- Para elegir la altura del poste se debe considerar: cruce de vialidad (calle, avenida,

carretera, autopista), paso peatonal (aceras), desniveles topográficos, permitiendo así que los cables cuelguen libres de edificaciones, árboles y otras líneas.

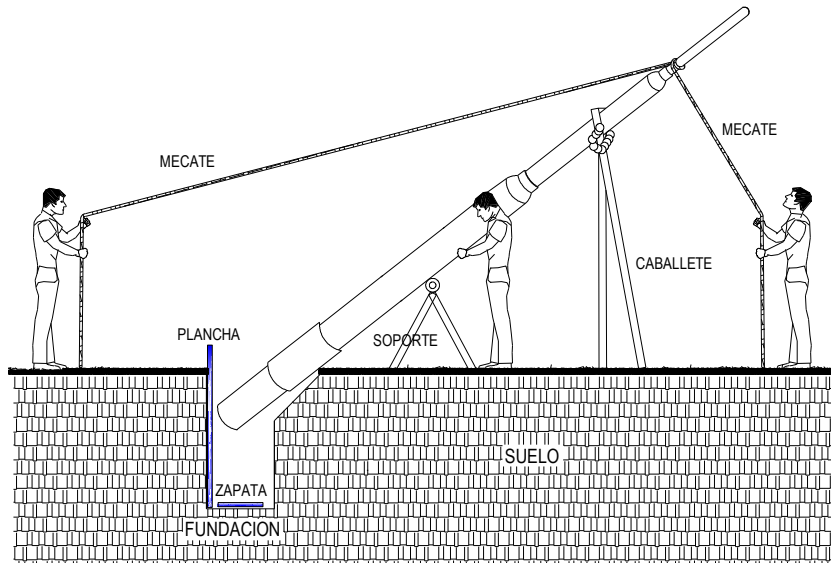


Figura 6
Colocación del poste dentro de la fundación

- Pasos de ríos o depresiones en el sector.
- Se debe considerar la ubicación entre los linderos de propiedades.
- El vano o distancia promedio entre poste será de 40 y 60 mts.
- Cuando se replantea en el lugar definitivo uno varios postes, se debe identificar el número y tamaño del poste.
- La incidencia delictiva en el sector en cuanto a hurto de cables

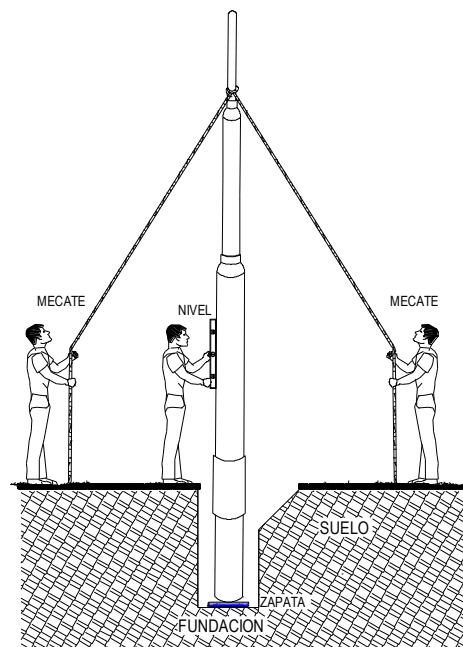


Figura 7 Nivelado del poste