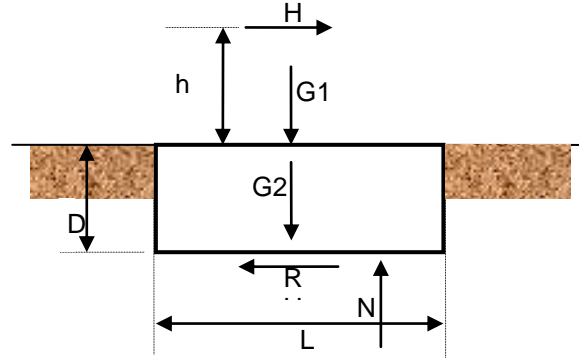


## CIMENTACIONES PARA POSTES – METODO DE PLOCK

El cálculo se basa en la suposición de que las cimentaciones poseen una superficie de apoyo apreciable con relación a la profundidad y además se emplea en aquellos casos que el suelo no posea una colaboración lateral importante.



$$\frac{L}{D} > 2$$

Las cargas verticales se conforman por el peso propio de la estructura **G1**, de la fundación **G2** y el peso del suelo colocado encima de la zapata **G3**.

### 1. Verificación de Tensiones bajo el cimiento

Zona I: Cuando las coordenadas  $e_x$ ,  $e_y$  del centro de presiones, cumplen la condición:

$$\frac{6e_x}{L} + \frac{6e_y}{B} \leq 1$$

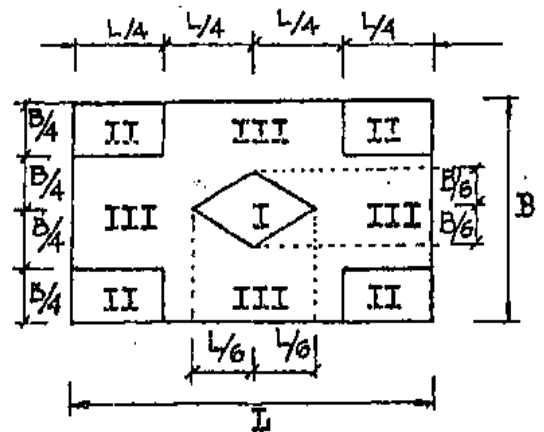
$$M_x = H_x (h + D)$$

$$e_x = \frac{M_x}{N}$$

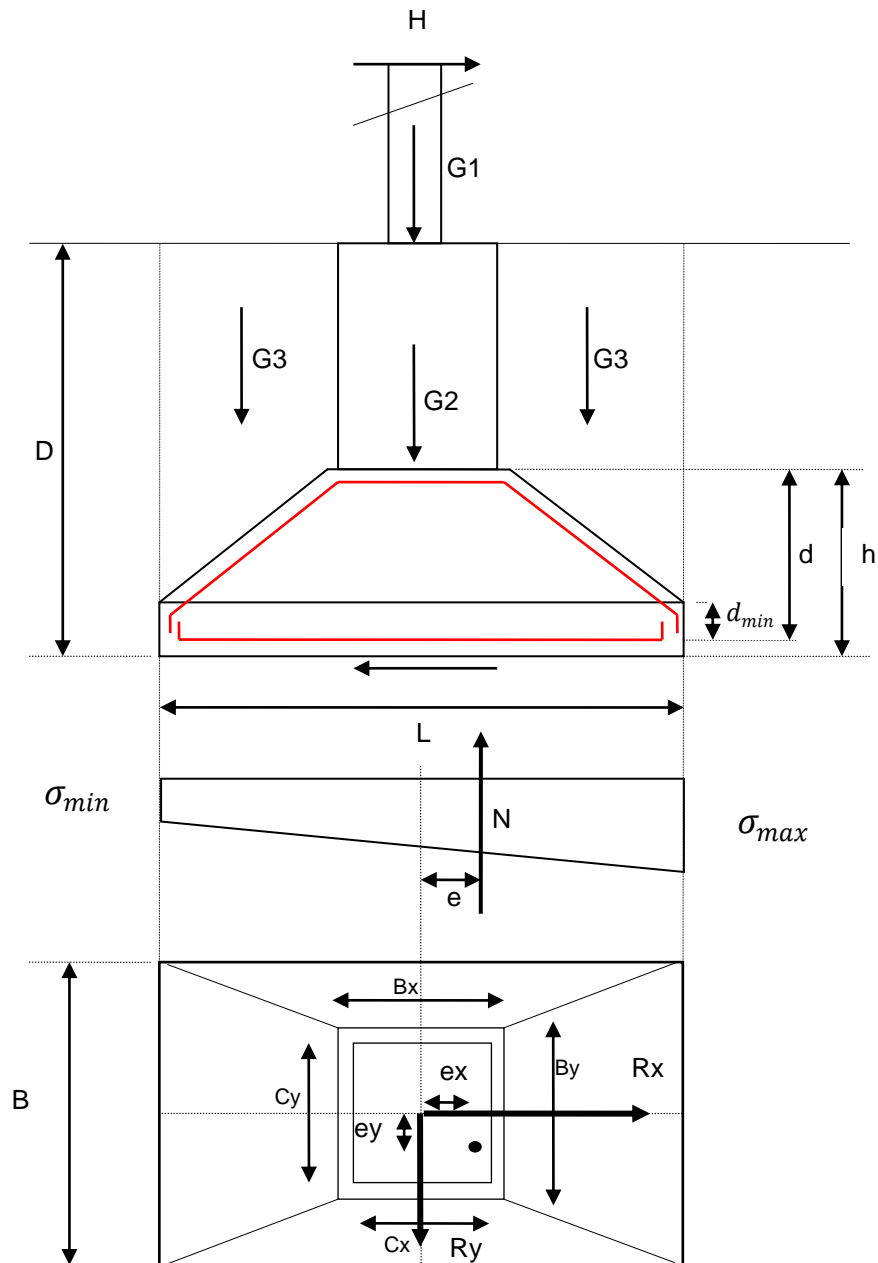
$$M_y = H_y (h + D)$$

$$e_y = \frac{M_y}{N}$$

$$N = \sum \text{Fuerzas verticales} = G1 + G2 + G3$$



Cuando la resultante de las cargas actúa en el núcleo central de la base, las fuerzas de presión se transmiten sobre toda la superficie del cimiento.



En cuyo caso, es válida la expresión de flexión compuesta:

$$\sigma_{\max / \min} = \frac{N}{LB} \left( 1 \pm \frac{6e_x}{L} \pm \frac{6e_y}{B} \right) \leq \sigma_{adm}$$

Siendo:  $N = \sum \text{Fuerzas verticales} = G1 + G2 + G3$

$$\frac{6e_x}{L} + \frac{6e_y}{B} > 1$$
$$\sigma_{max} = \frac{3}{2} \frac{N}{(L-2e_x)(B-2e_y)}$$

The diagram illustrates the structural analysis of a slab-column joint. It shows the following components and parameters:

- Loads:**
  - $H$ : Horizontal load applied at the top of the column.
  - $G1$ : Gravity load from the column above the joint.
  - $G2$ : Gravity load from the slab directly above the joint.
  - $G3$ : Gravity loads from the slabs on either side of the joint.
- Dimensions:**
  - $D$ : Total depth of the slab above the joint.
  - $d$ : Effective depth of the slab above the joint.
  - $d_{min}$ : Minimum effective depth of the slab above the joint.
  - $L$ : Length of the slab segment above the joint.
  - $B$ : Width of the slab.
  - $d$  and  $3d$ : Vertical dimensions of the slab segment below the joint.
- Internal Forces and Moments:**
  - $N$ : Normal force (axial load) in the column.
  - $\sigma_{max}$ : Maximum stress in the column.
  - $3c$  and  $c$ : Horizontal dimensions related to the column width and effective depth.
  - $ex$  and  $ey$ : Eccentricities of the load relative to the column center.

Zona III: Cuando las coordenadas  $e_x$ ,  $e_y$  del centro de presiones, cumplen la condición:

$$\frac{6e_x}{L} + \frac{6e_y}{B} > 1$$

Y no simultáneamente:  $e_x \geq \frac{L}{4} \quad e_y \geq \frac{B}{4}$

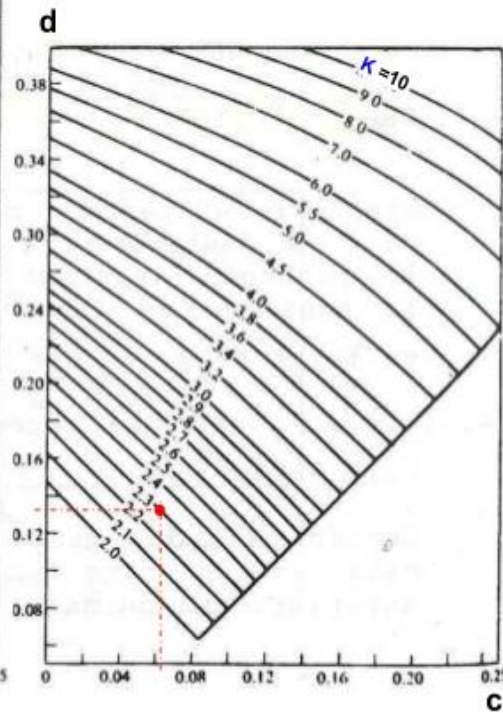
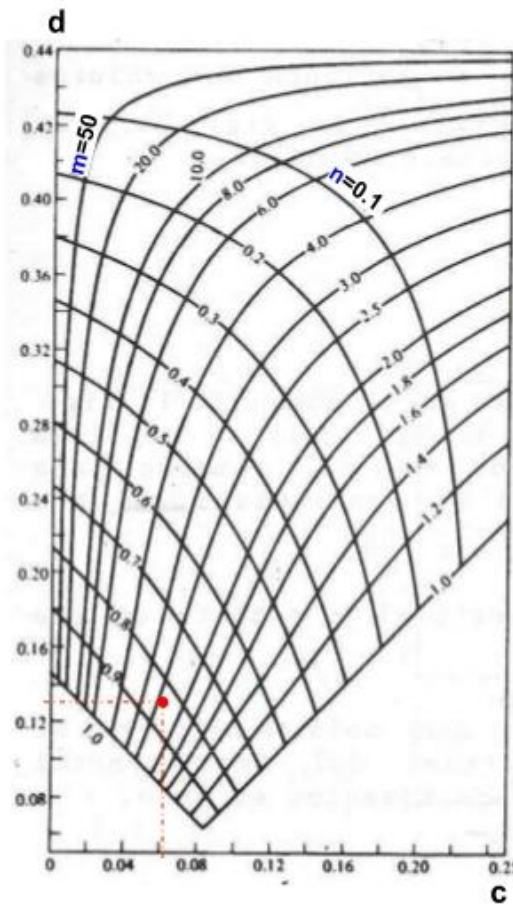
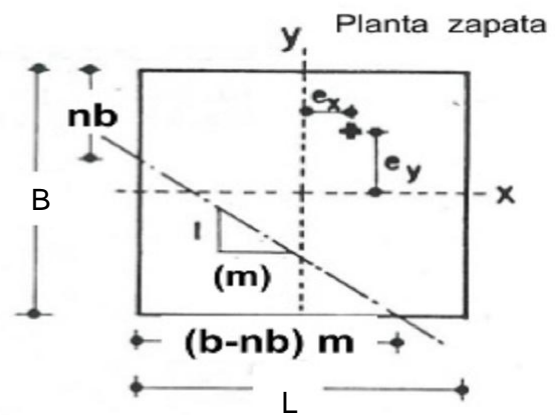
$$\sigma_{max} = k \frac{N}{(L B)} \leq \sigma_{adm}$$

El eje neutro corta a dos lados no consecutivos de la base.

Del ábaco de Plock, ingresando con:  $L > B$

$$d = \frac{e_x}{L} \quad c = \frac{e_y}{B}$$

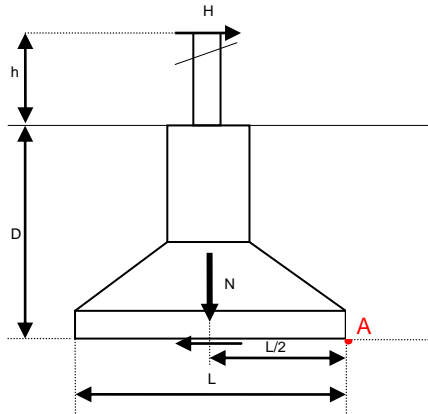
Se Obtienen: m, n y k



Se debe cumplir en todos los casos:

$$\sigma_{max} \leq 1.25 \sigma_{adm} \quad \text{y} \quad \sigma_{t(c.de\ gravedad)} \leq \sigma_{adm}$$

## 2. Verificación al vuelco



Momento de Vuelco:  $M_v = H(h + D)$

Momento estabilizador:  $M_e = N \frac{L}{2}$

Se debe cumplir:  $\frac{M_e}{M_v} > 1.5$

$$N = \sum \text{Fuerzas verticales} = G1 + G2 + G3$$

## 3. Verificación al deslizamiento

Suelos Friccionales  $\frac{N \operatorname{tg} \delta}{H} \geq 1.5$

Suelos Cohesivos  $\frac{\alpha c L B}{H} \geq 1.5$

$\alpha$  : adherencia

## 4. Procedimiento de cálculo

### 4.1 Datos

Fuerza en la cima del Poste: Hx, Hy

Altura del Poste: h

Peso del poste, crucetas, aisladores y cables: G1

Cota de fundación: D

Dimensiones Cx, Cy (poste y/o estructura)

Parámetros del suelo:  $\varphi, c, \gamma$

### 4.2 Dimensionamiento geométrico

Siguiendo los lineamientos de bases aisladas y en base a experiencia se determinan

L, B, d<sub>o</sub>, d, b<sub>x</sub>, b<sub>y</sub>

### 4.3 Definición de Cargas de Servicio (datos)

Las cargas de servicios están definidas según los diferentes reglamentos para líneas de alta tensión, acordes al tipo de poste y/o estructura:

Fuerzas de tiro en la cima del poste:

$$H_x \text{ (paralelo a la línea)}$$

$$H_y \text{ (perpendicular a la línea)}$$

Carga permanente (normal al plano de cimentación):

$$G_1 \text{ (peso de cables, aisladores, crucetas y poste)}$$

Se determina a nivel de

Cimentación:

$$H_t = \sqrt{H_x^2 + H_y^2} \text{ (Resultante de fuerzas horizontales)}$$

$$M_x = H_y (h + D) \text{ (Momento a cota de cimentación)}$$

$$M_y = H_x (h + D) \text{ (Momento a cota de cimentación)}$$

#### 4.3 Cargas Últimas – Combinación de estados

El Reglamento CIRSOC 201-2005, art. 9.1.1, requiere que las estructuras y los elementos estructurales deben verificar en cualquier sección:

$$\text{Resistencia de diseño} \geq \text{Resistencia Requerida}$$

$$\Phi S_n \geq U$$

Donde U es la resistencia requerida, que se obtiene por combinación de los efectos de las cargas mayoradas;  $S_n$  la resistencia nominal o teórica obtenida para los valores especificados de resistencia de los materiales;  $\Phi$  el factor de reducción de la resistencia. Las combinaciones de cargas más usuales para este tipo de estructuras es:

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,8W$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 1,6W$$

$$U = 0,9D + 1,6W$$

Donde D son las cargas permanentes, L son las sobrecargas, W cargas de viento.

No habiendo sobrecargas L (manguito de hielo), con la 2ª ecuación, se determinan las Cargas Últimas a nivel de cimentación:

Fuerza horizontales

$$H_{ux} = 1.6 H_x \text{ (paralelo a la línea)}$$

$$H_{uy} = 1.6 H_y \text{ (perpendicular a la línea)}$$

$$H_{ut} = \sqrt{H_{ux}^2 + H_{uy}^2}$$

Momentos  $M_{ux} = 1.6 M_x$   
 $M_{uy} = 1.6 M_y$

#### 4.4 Verificación de alturas

Criterio de Rigidez  $h_x \geq \frac{(L-c_x)}{4} \quad h_y \geq \frac{(B-c_y)}{4}$

Criterio Constructivo  $h_x \leq h_{talón} + \frac{(L-b_x)}{2} \tan 40^\circ \quad h_y \leq h_{talón} + \frac{(B-b_y)}{2} \tan 40^\circ$

#### 4.5 Pesos actuantes

$G_1$  (dato)

Cimiento

$$G_2 = \left\{ \frac{h - h_{talón}}{3} (L B + B_x B_y + \sqrt{B_x B_y L B}) + L B h_{talón} + C_x C_y (D - h) \right\} \gamma_H$$

Suelo

$$G_3 = \left\{ B L D - \left[ \frac{h - h_{talón}}{3} (L B + B_x B_y + \sqrt{B_x B_y L B}) + L B h_{talón} + C_x C_y (D - h) \right] \right\} \gamma_{suelo}$$

Peso total

$$N = G_1 + G_2 + G_3$$

#### 4.6 Verificación al vuelco

Momento estabilizador  $M_{ex} = N \frac{L}{2} \quad M_{ey} = N \frac{B}{2}$

Momento de vuelco  $M_{vx} = H_x (h + D) \quad M_{vy} = H_y (h + D)$

Verificar en ambas direcciones  $\frac{M_e}{M_v} > 1.5$

#### 4.7 Verificación al deslizamiento

Suelos Friccionales  $\frac{N \tan \delta}{H_t} \geq 1.5 \quad \delta = \frac{2}{3} \varphi$

Suelos Cohesivos  $\frac{\alpha c L B}{H_t} \geq 1.5 \quad \alpha : \text{adherencia}$

O bien  $\frac{N \tan \delta + \alpha c L B}{H_t} \geq 1.5$

#### 4.8 Determinación de tensiones máximas y forma de trabajo

De acuerdo a la posición de la resultante N, será la distribución de presiones acordes a lo ya explicitado (zonas I, II y III), para lo cual en cada caso se determinará  $\sigma_{max}$  y la posición del eje neutro.

#### 4.9 Verificación de Tensiones en el suelo

$$\sigma_{max} \leq 1.25 \sigma_{adm} \quad \text{y} \quad \sigma_{t(c.de\ gravedad)} \leq \sigma_{adm}$$

#### 4.10 Cálculo estructural de la zapata

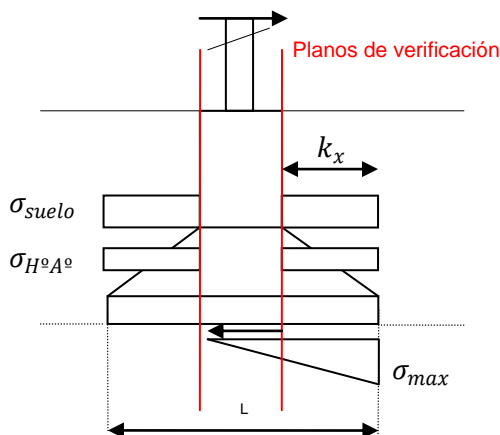
#### 4.11 Verificación a flexión

Altura útil de la base  $d_x = \left\{ 6.5 M_{nx} / (b_y f'_c (1000 \text{ kN/MN})) \right\}^{1/2}$

$$d_y = \left\{ 6.5 M_{ny} / (b_x f'_c (1000 \text{ kN/MN})) \right\}^{1/2}$$

$$f'_c \text{ en [MPa]} \quad \text{anchos en [m]}$$

Verificar si  $d_x$  y  $d_y$ , son compatibles con la altura determinada en 4.4



Momentos nominales en [kNm]

$$M_{nx} = M_{ux} / \Phi \quad \text{con} \quad \Phi = 0.9$$

$$M_{ny} = M_{uy} / \Phi$$

Momentos solicitantes

$$M_{ux} = q_u B k_x^2 / 2$$

$$M_{uy} = q_u L k_y^2 / 2$$

Voladizos

$$k_x = \frac{L - C_x}{2}$$

$$k_y = \frac{B - C_y}{2}$$

Estado último a considerar  $U = 1.6 W$

Tensión ficticia última para armadura inferior

$$q_u = 1.6 \sigma_t \quad \sigma_t = \sigma_{max} - \sigma_{HºAº} - \sigma_{suelo}$$

Tensión ficticia última para armadura superior

$$q_u = 1.6 \sigma_t \quad \text{con} \quad \sigma_t = \sigma_{HºAº} + \sigma_{suelo}$$

Armaduras

$$K_{rx} = \frac{M_{ux}}{b_y d_x^2 f'_c} \xrightarrow{\text{Tabla}} K_{zx}$$

$$A_{sx} = \frac{M_{ux}}{K_{zx} d_x \phi f_s} \quad \text{Con } \phi=0.90$$

$$K_{ry} = \frac{M_{uy}}{b_x d_y^2 f'_c} \xrightarrow{\text{Tabla}} K_{zy}$$

$$A_{sy} = \frac{M_{uy}}{K_{zy} d_y \phi f_s} \quad \text{Con } \phi=0.90$$

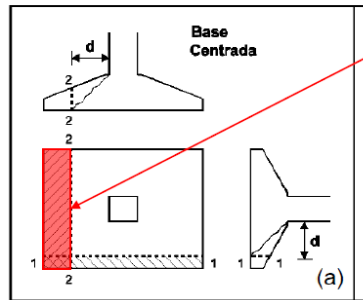


#### 4.12 Verificación del corte

Las secciones críticas correspondientes al corte, se ubican a una distancia  $d$  de las caras del poste:

##### CIRSOC 201-2005:

##### *Secciones Críticas de Corte*



$$V_{Ux} = q_U L_y (k_x - d_x)$$

$$V_{nx} = \frac{1}{6} b_{wy} d_x \sqrt{f'_c} \cdot (1000 \text{ kN/MN})$$

$$b_{wy} = \frac{1}{8} (5b_y + 3L_y)$$

Entonces

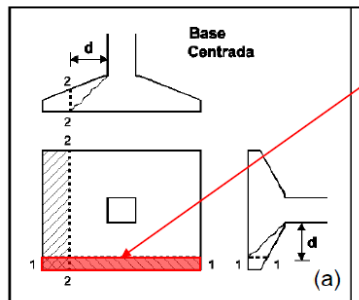
$$V_{nx} = \frac{1}{48} (5b_y + 3L_y) d_x \sqrt{f'_c} \cdot (1000 \text{ kN/MN})$$

Finalmente

$$V_{Ux} \leq \phi V_{nx}$$

con  $\phi = 0,75$  (Corte)

##### *Secciones Críticas de Corte*



$$V_{Uy} = q_U L_x (k_y - d_y)$$

$$V_{ny} = \frac{1}{6} b_{wx} d_y \sqrt{f'_c} \cdot (1000 \text{ kN/MN})$$

$$b_{wx} = \frac{1}{8} (5b_x + 3L_x)$$

Entonces

$$V_{ny} = \frac{1}{48} (5b_x + 3L_x) d_y \sqrt{f'_c} \cdot (1000 \text{ kN/MN})$$

Finalmente

$$V_{Uy} \leq \phi V_{ny}$$

con  $\phi = 0,75$  (Corte)

	<b>Trabajo Práctico 8</b> <b>Año 2020</b>	Nombre:
--	--	---------

## CALCULO DE CIMENTACIONES PARA POSTES

En el cimiento para una torre de suspensión (estructura metálica) de la figura, apoyado a la cota de -2,00 m. sobre un suelo constituido por una arena limosa, se pide:

- 1) Determine la tensión admisible del suelo a la cota de -2,00 m  $\sigma_{adm}$ , de acuerdo a los parámetros consignados en la tabla.
- 2) Determinar tensiones en el suelo  $\sigma_{max}$ , determine la posición del eje neutro y verifique con  $\sigma_{adm}$  para cada una de las siguientes hipótesis:
  - a.  $H_x = 75 \text{ kN}$   $H_y = 25 \text{ kN}$   $G_1 = 54 \text{ kN}$
  - b.  $H_x = 75 \text{ kN}$   $H_y = 50 \text{ kN}$   $G_1 = 54 \text{ kN}$
  - c.  $H_x = 20 \text{ kN}$   $H_y = 10 \text{ kN}$   $G_1 = 54 \text{ kN}$
 (en caso que no verifique  $\sigma_{max}$ , indique cuál sería la solución).

Donde:

$H_x$  (Fuerzas de tiro paralelo a la línea)

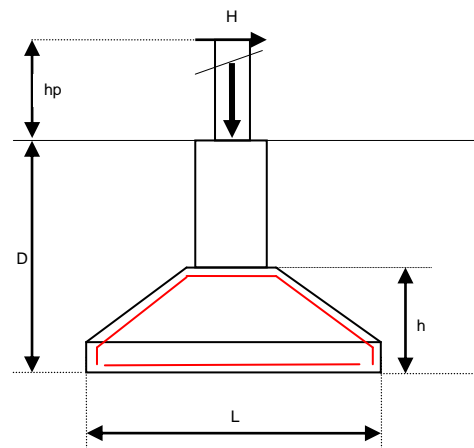
$H_y$  (Fuerzas de tiro perpendicular a la línea)

$G_1$  (peso de cables, aisladores, crucetas y poste)

- 3) Determine el coeficiente de seguridad para cada una de las hipótesis planteadas en el punto 2.
- 4) Verifique en forma completa la hipótesis a. del punto 2.

Predimensionado:

$h_p = 20,00 \text{ m}$   
 $D = 2,00 \text{ m}$   
 $L = 6,00 \text{ m}$   
 $B = 4,00 \text{ m}$   
 $h = 1,20 \text{ m}$  (altura de la base)  
 $C_x = 1,20 \text{ m}$  (ancho en x de la estructura)  
 $C_y = 1,20 \text{ m}$   
 $B_x = 1,80 \text{ m}$  (ancho superior de la base)  
 $B_y = 1,80 \text{ m}$   
 $h_{talón} = 0,30 \text{ m}$



Estrato	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	C (t/m <sup>2</sup> )	Espesor (m)
Limo arenoso	1,5	10	2,0	2,00
Arena limosa	1,6	25	0,8	8,00