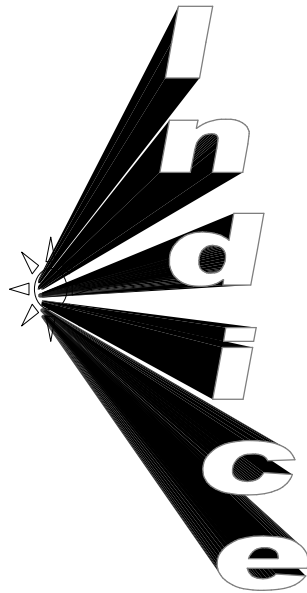
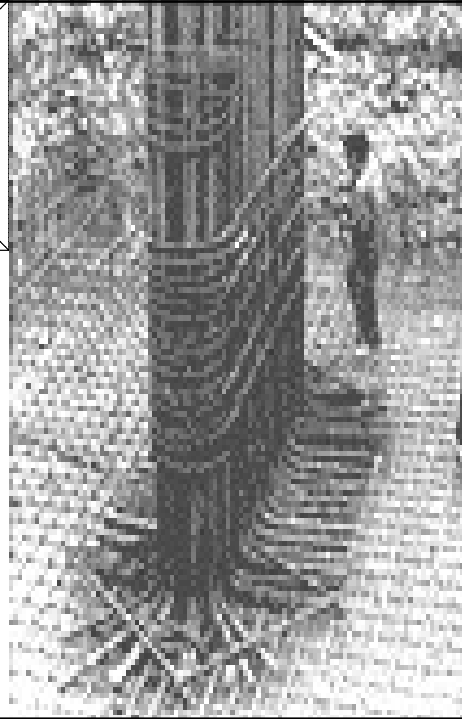
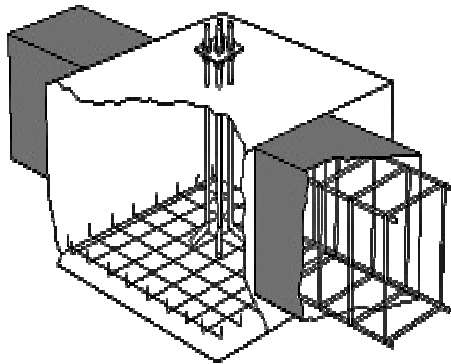


Fundaciones Superficiales



- TIPOS DE FUNDACIONES
- CAPACIDAD DE SOPORTE
- PARAMETROS DE CALCULO
- TIPOS DE ROTURA
- FACTOR DE SEGURIDAD
- TEORIA DE CAPACIDAD DE CARGA
- MODELO DE TERZAGHI
- CARGAS EXENTRICAS
- INTERACCION ENTRE ZAPATAS
- ASENTAMIENTOS
- METODOS DE CALCULO
- MODELOS ELASTICOS
- MODELOS EMPIRICOS
- CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA
- CAPACIDAD DE SOPORTE
- INFORME GEOTECNICO
- SOLUCION A UNA FUNDACION

Indice

FUNDACIONES SUPERFICIALES



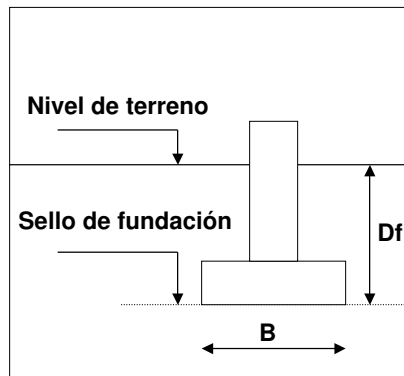
Las fundaciones son la base de soporte de estructuras y constituyen la interfaz a través de la cual se transmiten las cargas al suelo subyacente.

La interacción suelo - estructura, depende de :

- Naturaleza del suelo
- Forma y tamaño de la fundación
- Flexibilidad de la estructura (criterio de funcionamiento)

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Generalmente la profundidad de fundación (D_f) es menor o igual al ancho (B) de la fundación :

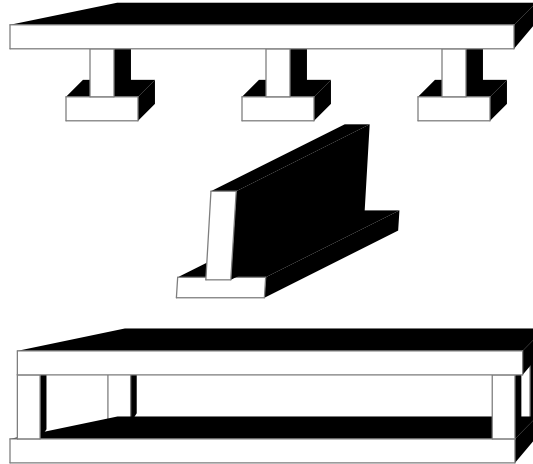


Es importante que la fundación se apoye en suelos no sujetos a cambios fuertes de volumen por variaciones de la humedad (suelos colapsables, arcillas expansivas, rellenos, etc), de forma de no generar asentamientos no previstos.

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Tipos de Fundaciones Superficiales

- **Fundación aislada**
- **Fundación corrida**
- **Losas de fundación**



FUNDACIONES SUPERFICIALES Capacidad de Soporte

BASES DEL DISEÑO

- Poseer resistencia como elemento estructural
- Transmitir al terreno las cargas con asientos tolerables para la estructura.
- No afectarse por la agresividad del terreno
- Estar protegida ante variaciones del entorno
- No causar daño a estructuras vecinas

MÉTODO DE DISEÑO

- Determinar la presión de hundimiento del terreno
- Obtención de Q_{tr} o Q_{adm} con FS adecuado
- Reajustar dimensiones de la cimentación
- Cálculo de asientos esperables
- Modificar las dimensiones si los asientos no son admisibles

FUNDACIONES SUPERFICIALES Parámetros de Cálculo

Dependen de :

- Naturaleza y Estratigrafía del suelo
- Propiedades de cada capa en zona de influencia de las fundaciones
- Condiciones de la napa

En suelos arenosos (no cohesivos):

- γ_t ; D.R.
- E, u (obtenidos del ensayo Placa de carga)
- ϕ (obtenidos por correlaciones del CBR; Nspt; Ncpt; etc.)

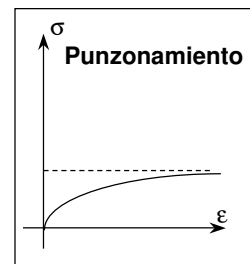
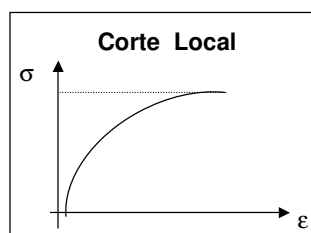
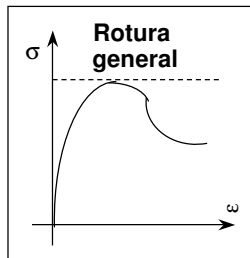
En suelos finos (no expansivos) :

- γ_{sat} ; γ_t
- % w nat.
- C_u (obtenido de ensayo CNC)
- c' y ϕ' (obtenidos del ensayo CD)
- E, E' , u' (obtenidos de pruebas de carga)
- E_u , C_c , C_v (obtenidos del ensayo edométrico)



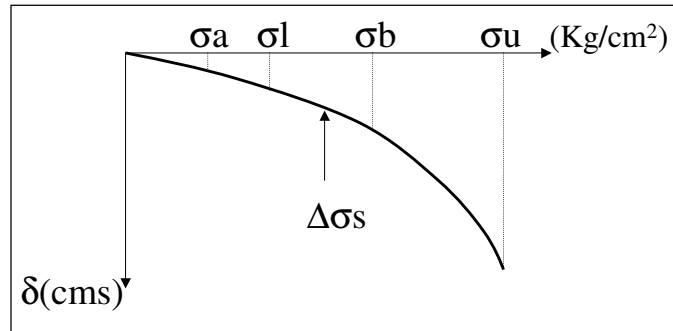
FUNDACIONES SUPERFICIALES Tipos de Rotura

El hundimiento o falla de la fundación supone asientos o giros importantes pudiendo provocar vuelcos. Se puede diferenciar en tres tipos : Corte General; Corte Local y Punzonamiento.



FUNDACIONES SUPERFICIALES

Tipos de Rotura



σ_a : Presión admisible = $\sigma_u/F.S.$

σ_l : Presión que produce la falla o corte local (muchas veces $\sigma_l = \sigma_b$) se aprecia la 1ª falta de linealidad en la curva)

σ_b : Capacidad de carga (los asentamientos comienzan a ser muy “grandes” y “dificiles de calcular”).

σ_u : Presión que produce la falla o corte general.

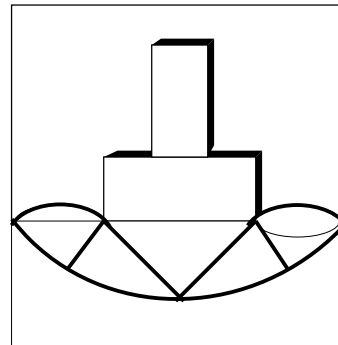
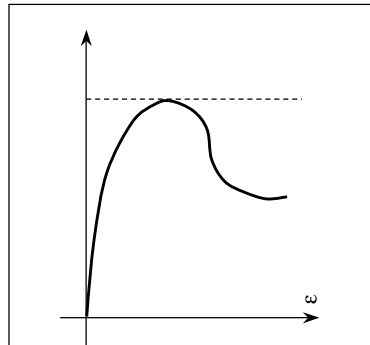
FUNDACIONES SUPERFICIALES

Tipos de Rotura

ROTURA POR CORTE GENERAL :

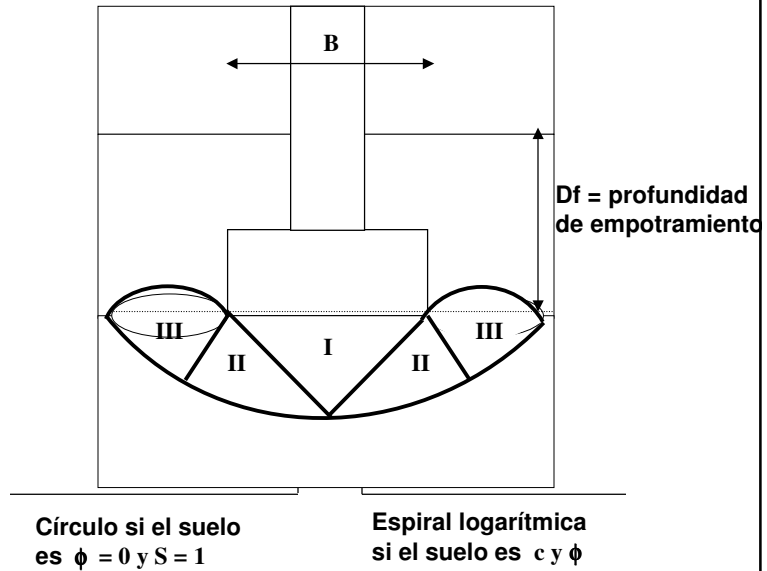
Generalmente falla la base de la zapata, y aflora al lado de la misma a cierta distancia.

Se produce en arenas compactas ($DR > 70\%$) o ($DR > 75\%$) y arcillas medias bajo cargas rápidas.



FUNDACIONES SUPERFICIALES

Tipos de Rotura



FUNDACIONES SUPERFICIALES

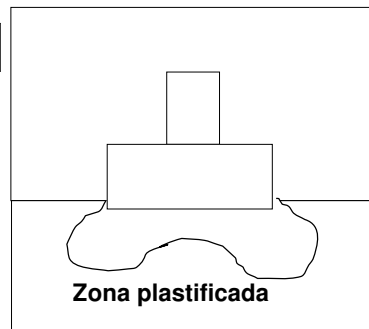
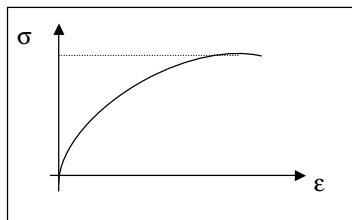
Tipos de Rotura

FALLA POR ROTURA LOCAL

Es una situación intermedia, en que el terreno se plastifica en los bordes y por debajo de la zapata sin que lleguen a formarse fallas en la superficie

Típico en limos blandos y arenas medias a sueltas ($40\% < DR < 70\%$) o ($55\% < DR < 75\%$). Si el suelo está poco denso, zonas I y II anteriores se densifican.

$$c^* = 2/3 c \quad \text{tg } \phi^* = 2/3 \text{ tg } \phi$$

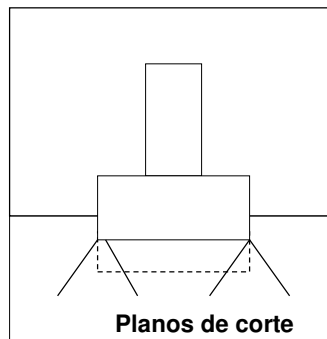
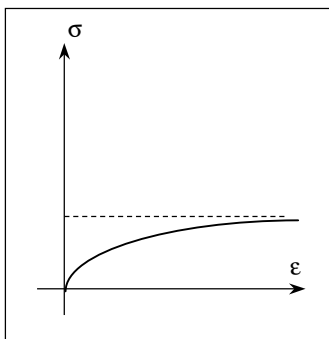


FUNDACIONES SUPERFICIALES

Tipos de Rotura

FALLA POR PUNZONAMIENTO

La fundación se hunde, cortando el terreno en la periferia con desplazamiento vertical afectando al terreno adyacente. Se presenta en materiales compresibles y poco resistentes o blandos.



Clasificación Geotécnica Según NCH 433

Suelo Tipo I	Roca
Suelo Tipo II	Suelo Firme
Suelo Tipo III	Suelo Semi Compacto
Suelo Tipo IV	Suelo Blando

Tabla 4.2 - Definición de los tipos de suelos de fundación. (Sólo para ser usada con la tabla 6.3)

Tipo de suelo	Descripción
I	Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	<p>a) Suelo con V_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien,</p> <p>b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad $ID(DR)$ (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien;</p> <p>c) Arena densa, con $ID(DR)$ mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 MPa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras.</p> <p>En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.</p>
III	<p>a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien,</p> <p>b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien,</p> <p>d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.</p>
IV	<p>Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0,025 MPa (q_u igual o menor que 0,050 MPa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.</p>

Definición de los tipos de suelo de fundación

Tipo de suelo	Descripción
I	Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	<p>a) Suelo con V_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien,</p> <p>b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad $ID(DR)$ (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien;</p> <p>c) Arena densa, con $ID(DR)$ mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 MPa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras.</p> <p>En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.</p>

III	<p>a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien,</p> <p>b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien,</p> <p>d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.</p>
IV	<p>Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0,025 MPa (q_u igual o menor que 0,050 MPa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.</p>

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Factor de Seguridad

Refleja la incertidumbre de las hipótesis asociadas a la determinación de la capacidad de soporte y tiende a limitar los asentamientos.

Una investigación adecuada del subsuelo tiende a reducirlo.

Ejemplo de valores recomendados

VALORES TÍPICOS DEL FS	
Estructura	FS
Muros de contención	3
Excavación temporal	>2
Puentes:	
Ferrovianos	4
De Carreteras	3,5
Edificios:	
Silos	2,5
Galpones	2,5
Dptos, oficinas	3
Industriales ligeros	3,5
Públicos	3,5
Fundaciones grales.	3
Losas grales.	3



FUNDACIONES SUPERFICIALES Teorías de Capacidad de Carga

En el primer cuarto de siglo, diversos autores propusieron métodos destinados a estimar la capacidad de soporte.

TERZAGHI EN CONDICIONES DRENADAS

Hipótesis
relativas
al suelo de
fundación

- El suelo tiene comportamiento rígido - plástico ideal, por lo que no se consideran cambios volumétricos
- El suelo bajo la fundación se considera como un medio semi - infinito, homogéneo e isótropo
- La resistencia al corte del suelo se rige por el criterio de Mohr - Coulomb

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

- El estado de deformaciones es plano
- La falla de corte es general, en condiciones drenadas

FUNDACIONES SUPERFICIALES Teorías de Capacidad de Carga

Hipótesis
relativas
a la
fundación

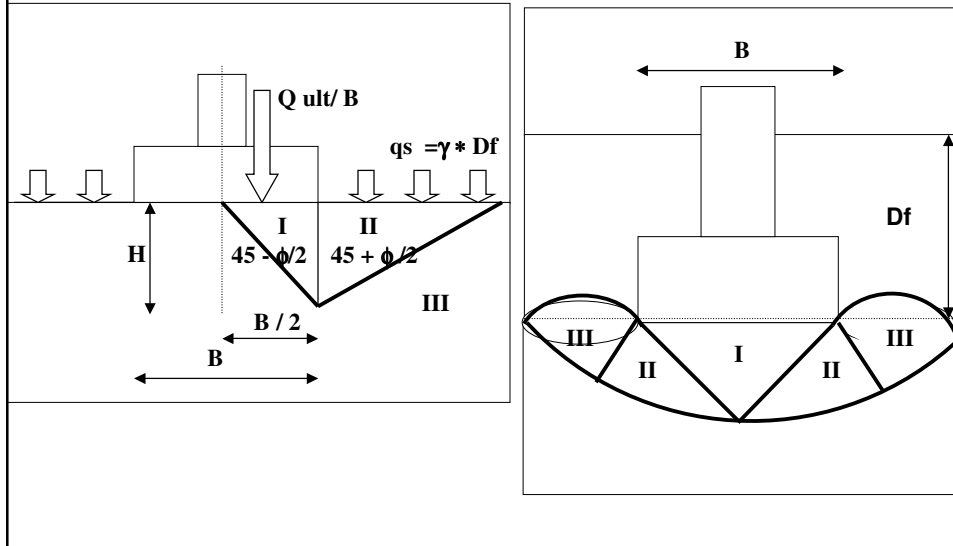
- La fundación es superficial
- La fundación es rígida en comparación al suelo de fundación, y su base tiene la rugosidad suficiente para no permitir deslizamientos

Hipótesis
relativas
al suelo
sobre el
sello de
fundación

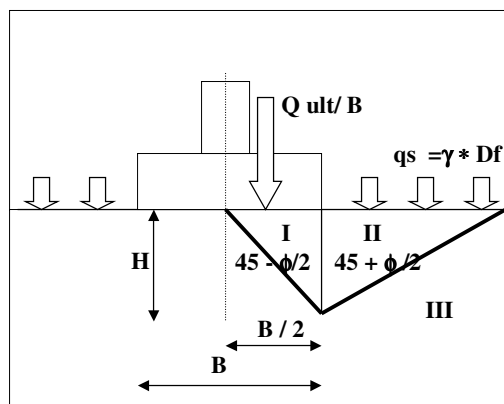
- El suelo sobre el sello de fundación no aporta resistencia al corte
- Desde el punto de vista mecánico actúa como una sobrecarga uniformemente repartida al nivel del sello de fundación



FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelo de Terzaghi



FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelo de Terzaghi



Se emplean las Cuñas de Rankine

$$H = B/2 \operatorname{tg} (45 + \phi / 2) = B/2 \sqrt{N\phi}$$

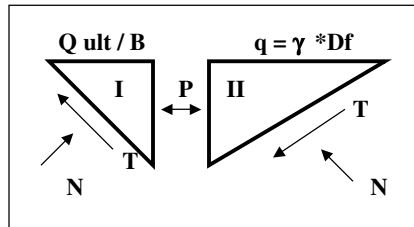
$$N\phi = (1 + \operatorname{sen} \phi) / (1 - \operatorname{sen} \phi)$$

$$H^2 = (B / 2 \sqrt{N\phi})^2 = B^2 / 4 N\phi$$

Zona I : Cuña que se mueve como cuerpo rígido con el cimiento hacia abajo
 Zona II : Deformación tangencial radial
 Zona III : Zona de estado plástico pasivo de Rankine

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga



Fuerza máxima en II

$$P = 1/2\gamma H^2 N\phi + q_s H N\phi + 2cH\sqrt{N\phi}$$

$$P = 1/8 \gamma B^2 N\phi^2 + q_s B/2 N\phi^{3/2} + 8cN\phi \quad (*)$$

Fuerza máxima en I

$$P = 1/2\gamma H^2 1/N\phi + q_s H 1/N\phi - 2cH * 1/\sqrt{N\phi}$$

$$P = 1/8 \gamma B^2 + Q_{ult} / 2 * 1/\sqrt{N\phi} - cB \quad (**)$$

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga

Igualando (*) con (**) se obtiene :

$$Q_{ult} / B = 2c (N\phi^{1/2} + N\phi^{3/2}) + 1/2 \gamma (B/2) (N\phi^{5/2} - N\phi^{1/2}) + q_s N\phi^2$$

Si se define :

$$N_c = 2 (N\phi^{1/2} + N\phi^{3/2})$$

$$N_\gamma = 1/2 (N\phi^{5/2} - N\phi^{1/2})$$

$$N_q = N\phi^2$$

$$N\phi = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi)$$

La última expresión queda como :

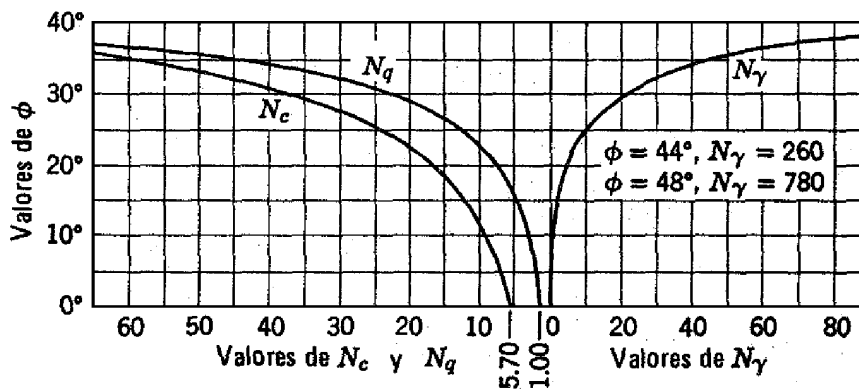
$$Q_{ult} / B = q_{ult} = c N_c + 1/2 \gamma B N_\gamma + q N_q$$

- Q_{ult}** = carga o peso máximo soportado por la zapata (ton)
B = ancho de la zapata corrida (m)
c = cohesión del suelo (T/m²)
\gamma = densidad del suelo (T/m³)
q = sobrecarga hasta el nivel D_f del sello de fundación (T/m²)
N_q, N_c, N_{\gamma} = factores de capacidad de carga

FUNDACIONES SUPERFICIALES

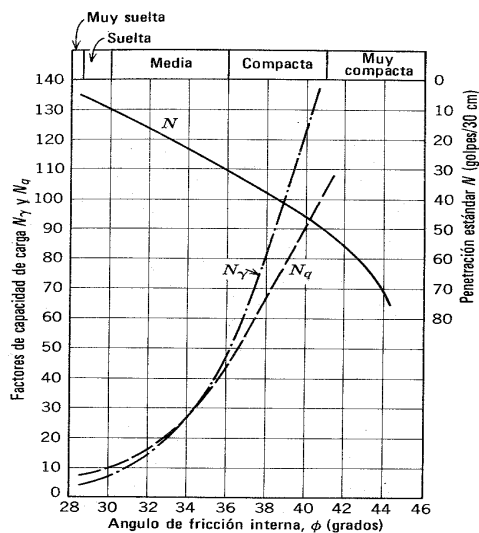
Teorías de Capacidad de Carga

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE TERZAGHI.



FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga



Factores de capacidad de carga teniendo en cuenta la falla local (Peck, Hansen, Thornburn)

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga

ϕ	Nq	Nc	N γ
0	1.00	5.71	0.00
2	1.22	6.30	0.20
4	1.49	6.97	0.40
6	1.81	7.73	0.60
8	2.21	8.60	0.90
10	2.69	9.60	1.20
12	3.29	10.76	1.70
14	4.02	12.11	2.30
16	4.92	13.68	3.00
18	6.04	15.52	3.90
20	7.44	17.69	4.90
22	9.19	20.27	5.80
24	11.40	23.36	7.80
26	14.21	27.09	11.70
28	17.81	31.61	15.70
30	22.46	37.16	19.70
32	28.52	44.04	27.90
34	36.50	52.64	36.00
35	41.44	57.75	42.40
36	47.16	63.53	52.00
38	61.55	77.50	80.00
40	108.75	119.67	180.00
42	147.74	151.95	257.00
44	173.29	172.29	297.50
46	204.19	196.22	420.00
48	287.85	258.29	780.10
50	415.15	347.51	1153.20

Los factores de capacidad de carga también pueden ser determinados según la solución logarítmica :

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi \quad a = e^{(3/4 \Pi - \phi/2) \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = a^2 / (2 \cos^2 (45 + \phi/2))$$

$$N_\gamma = \operatorname{tg} \phi / 2 (N_\phi / \cos^2 \phi - 1)$$

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga

Terzaghi desarrolló su teoría para zapatas continuas y extendió los resultados a zapatas cuadradas y circulares.

Zapatas cuadradas :

$$q_{ult} = 1,3 c N_c + q_s N_q + 0,4 B \gamma N_\gamma$$

Zapatas circulares :

$$q_{ult} = 1,3 c N_c + q_s N_q + 0,3 D \gamma N_\gamma$$

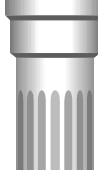
Aplicaciones de Terzaghi :

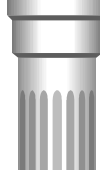
- Hipótesis son razonables y conservadoras
- Aplicable a fundaciones con bajo desplante
- Cualquier tipo de suelo
- Cualquier tipo de fundación, hasta el límite $D_f < 2B$

FUNDACIONES SUPERFICIALES **Teorías de Capacidad de Carga**

De Beer (1967) y Vesic (1970) propusieron a partir de la relación general de Terzaghi los factores de forma indicados :

FACTOR DE CORRECCIÓN			
Forma de la zapata	Sc	Sq	Sy
Corrida (L >>> B)	1	1	1
Rectangular	$1 + (B/L) (Nq / Nc)$	$1 + (B/L) \operatorname{tg} \phi$	$1 - 0,4 (B/L)$
Cuadrada o circular	$1 + (Nq / Nc)$	$1 + \operatorname{tg} \phi$	0,6





FUNDACIONES SUPERFICIALES **Teorías de Capacidad de Carga**

TERZAGHI EN CONDICIONES NO DRENADAS

- Caso de carga rápida en suelos finos saturados de baja permeabilidad.
- La resistencia al corte del suelo queda determinada por la resistencia al corte no drenada q_u
- q_u puede ser determinada en muestras inalteradas saturadas a través de ensayos de compresión no confinada o ensayos triaxiales no drenados

Si $\phi = 0 \Rightarrow Nq = 0$

$Nq = 1$

$Nc = 4 \text{ o } 5,71$

de donde se obtiene:

$q_{ult} = 2 q_u + \gamma D_f$



FUNDACIONES SUPERFICIALES Métodos Empíricos

CONDICIONES DRENADAS

Meyerhof - Terzaghi y Peck (1948)

$\sigma_{ad} = \frac{N \cdot S}{8}, (B \leq 4 \text{ pies})$ $\sigma_{ad} = \frac{N \cdot S}{12} \left(\frac{B+1}{B} \right)^2, (B > 4 \text{ pies})$ $\sigma_{ad} = \frac{N \cdot S}{12}; (\text{placa})$	$\sigma_{ad} = \frac{N}{2.5} WKd, (B \leq 4')$ $\sigma_{ad} = \frac{N}{6} \left(\frac{B+1}{B} \right)^2 WKd, (B \leq 4')$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Kd = factor de
Kd = 1 + D/B ≤ 2.0

S : asiento admisible
B : ancho cimiento

FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Falla por Corte Local

SI EXISTE FALLA POR CORTE LOCAL SE ACONSEJA USAR

$$c^* = \frac{2}{3} c$$

$$\phi^* = \arctg\left(\frac{2}{3} \text{tg } \phi\right)$$

$$\text{tg } \phi^* = \frac{2}{3} \text{tg } \phi$$

⇒ Factores N, Nq, Nc minorados

EJEMPLOS DE DIFERENCIAS DE PARAMETROS.

Para un suelo con $\phi = 30 \rightarrow \phi^* = \arctg\left(\frac{2}{3} \text{tg } \phi\right) = 21.05$

Simplista de Terzaghi $\left\{ \begin{array}{l} N\gamma = 2.6 \\ Nq = 4.5 \\ Nc = 9.1 \end{array} \right.$

Según solución
logarítmica $\left\{ \begin{array}{l} N\gamma = 5.7 \\ Nq = 8.3 \\ Nc = 19.0 \end{array} \right.$

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga

SKEMPTON (1951) sugirió que N_c es un valor relacionado con :

- Forma de la zapata
- Profundidad del sello de fundación

y no independiente del valor B , como lo dedujo Terzaghi.

Los valores de N_c según Skempton se obtienen de:

$$N_c = 5,14 (1 + 0,2 B/L) (1 + \sqrt{0,053 Df/B})$$

de donde se obtiene :

$$Df / B > 4,0$$

Para $B/L = 0$ (zapata corrida) $\Rightarrow N_c > 7,5$
Para $B/L = 1$ (zapata cuadrada o circular) $\Rightarrow N_c > 9,0$

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Teorías de Capacidad de Carga

Otros métodos de análisis :

Skempton (1951), Caquot y Kerisel (1953), Meyerhof (1951 y 1963),
De Beer y Landanyi (1961 y 1967), Hansen (1961), Vesic (1970).

Ejemplos de estas teorías :

MODELO DE MEYERHOF (1951)

- Supone que la masa involucrada en la falla se encuentra en equilibrio plástico
- La superficie de falla corresponde a una espiral logarítmica que compromete al suelo del sello de fundación
- El ángulo de la base de la cuña resulta igual a $45 + \phi / 2$
- Incluye factores de corrección por forma, carga inclinada y excentricidad.

MODELO DE HANSEN (1961)

- Retuvo la formulación básica de Terzaghi
- Introdujo factores de corrección por forma, profundidad e inclinación del sello de fundación, inclinación del terreno y de la carga.

FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Cargas Excéntricas

FACTORES DE INCLINACION

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + cB' \cot \phi}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{Nq - 1} \quad i \gamma = i_q^2$$

V = CARGA

B = DIMENSION < ZAPATA

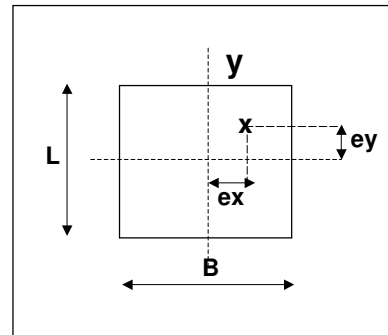
FACTORES DE EMPOTRAMIENTO

$$d_c = 1 + \frac{0.3}{(B'/D) + 0.6/1 + 7 \tan^2 \phi}$$

$$d_q = d_c - \frac{d_c - 1}{Nq} \quad d \gamma = 1.0$$

tomar $d_q = d_c$ si $\phi > 25^\circ$

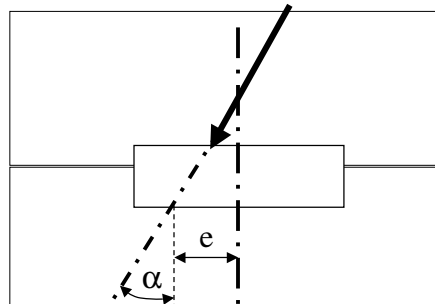
$d_q = 1$ si $\phi = 0$



FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Cargas Excéntricas

MEYERHOF(1953) PROPUSO LA SIGUIENTE EXPRESIÓN PARA ZAPATAS CORRIDAS, CUANDO LAS CARGAS ESTÁN INCLINADAS Y/O TIENEN UNA EXCENTRICIDAD RESPECTO AL CENTROIDE DE LA ZAPATA.

$$q_{ult} = \left(1 - \frac{2e}{B}\right) \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right)^2 q_s \cdot Nq + \frac{1}{2} \gamma B N \gamma \left(1 - \frac{2e}{B}\right)^2 \left(1 - \frac{\alpha}{\phi}\right)^2$$



FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Cargas Excéntricas

Zapatas cuadradas o Rectangulares :

$$M = Q \cdot e$$

$$\sigma_{\text{máx}} = Q (1 + 6e/B) / BL$$

$$\sigma_{\text{mín}} = Q (1 - 6e/B) / BL$$

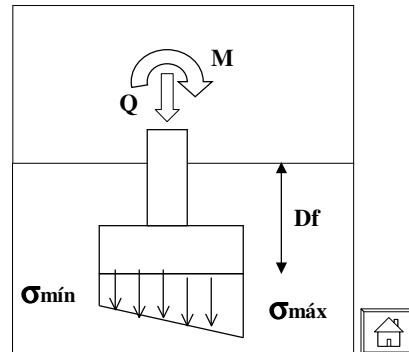
Tres casos :

- $6e/B < 1 \Rightarrow$ Tensiones de compresión
Distribución trapezoidal
- $6e/B = 1 \Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = 2Q / BL$
 $\sigma_{\text{mín}} = 0$
- $6e/B > 1 \Rightarrow$ Tensiones de tracción
Distribución triangular
 $\sigma_{\text{máx}} = Q/BL \cdot 4B/(3(B-2e))$

e / r	k	e / r	k
0,25	2,00	0,60	4,92
0,30	2,20	0,65	5,90
0,35	2,43	0,70	7,20
0,40	2,70	0,75	9,20
0,45	3,10	0,80	13,00
0,50	3,55	0,90	80,00
0,55	4,22		

Zapatas circulares : (r = radio zapata)

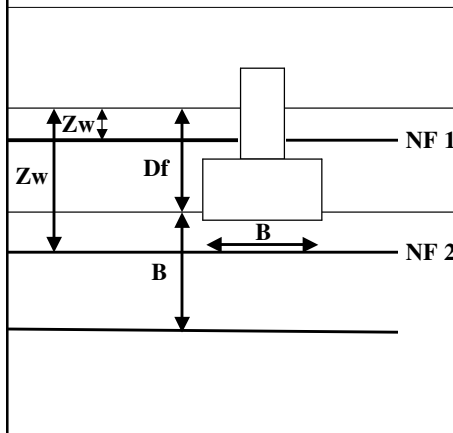
- $e < r/4 \Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = Q/\pi r \cdot (1 + 4e/r)$
 $\sigma_{\text{mín}} = Q/\pi r^2 \cdot (1 - 4e/r)$
- $e > r/4 \Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = k \cdot Q/\pi r^2$
 $k = f(\text{excentricidad})$



FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Napa Freática

NAPA FREÁTICA

Si $Z_w < B + D_f \Rightarrow$ La presencia de napa afectará la capacidad de soporte, ya que se reducen las tensiones efectivas.



Caso 1 : Napa sobre el sello de fundación

$$q_s' = \gamma_t Z_w + ((\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) (D_f - Z_w))$$

$$q'_{\text{ult}} = c N_c + q_s' N_q + 0,5 \gamma_b B N_\gamma$$

$$q_{\text{ult}} = q'_{\text{ult}} + \gamma_w (D_f - Z_w)$$

Caso 2 : Napa bajo el sello de fundación

Para el término $0,5 \gamma_b B N_\gamma$ se utiliza :

$$\gamma_{\text{eq}} = \frac{\gamma_b (B - D_f) + \gamma_t D_f}{B}$$

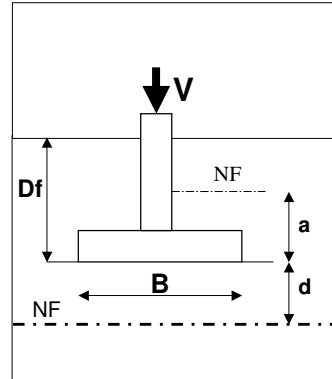
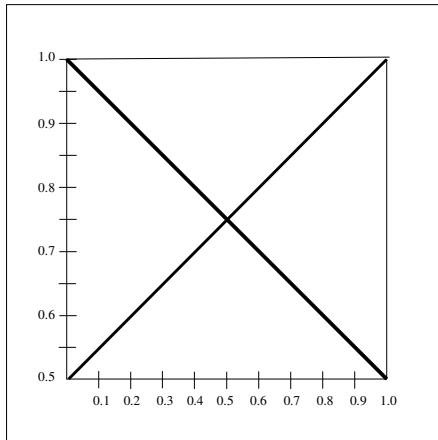
Caso 3 : $D_f + B < Z_w$

La napa no influye en el soporte

FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Napa Freática

$$W=0.5+0.5d/B \rightarrow Nq$$

$$W' \rightarrow N\gamma$$



a/D_f

d/B

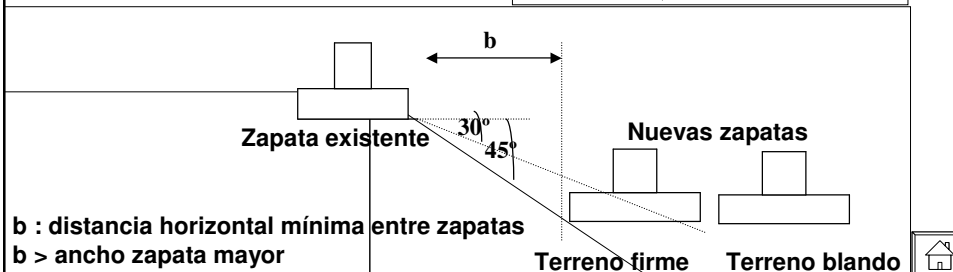
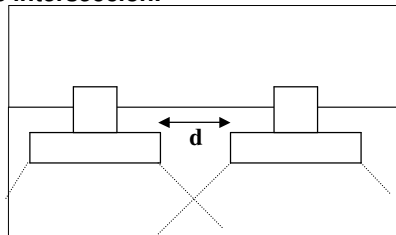


FUNDACIONES SUPERFICIALES Caso Interacción entre zapatas

Si existen dos zapatas muy similares situadas a la misma profundidad de fundación, la capacidad de soporte disminuye a medida que se acercan, ya que se genera una sobrecarga en el área de intersección.

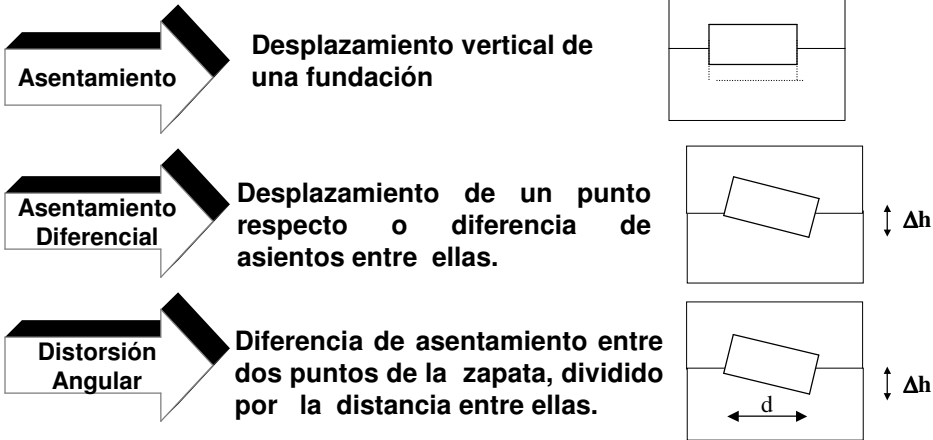
Un ejemplo de solución:

Se consideran factores de corrección en función de ϕ (Harr, 1966), introducidos en la ecuación de capacidad de soporte en los términos Nq y $N\gamma$.



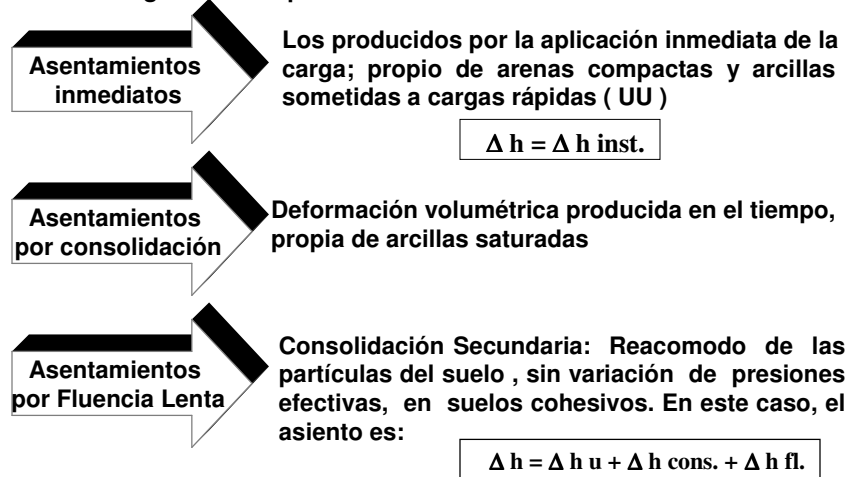
FUNDACIONES SUPERFICIALES Asentamientos

Las deformaciones de un sistema de fundación se agrupan en tres grupos :



FUNDACIONES SUPERFICIALES Asentamientos

Pueden distinguirse tres tipos de asientos :



FUNDACIONES SUPERFICIALES

Métodos de Cálculo

Derivados de la Teoría de Consolidación Unidimensional

Aplicación de Trayectorias de Tensiones a muestras representativas

Asimilar el terreno a un material elástico

Ecuaciones constitutivas aplicadas a elementos matemáticos o finitos

Métodos empíricos a través de ensayos in situ



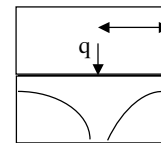
FUNDACIONES SUPERFICIALES

Modelos Elásticos

A. SEMIESPACIO ELÁSTICO (E, μ)

Carga Aislada

$$S = q (1 - \mu^2) / E \rho$$

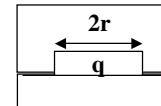


Círculo cargado uniformemente

$$S_o = 2 q r (1 - \mu^2) / E$$

$$S_r = 2 / \pi * S_o$$

$$S_m = 0,85 S_o$$



Rectángulo cargado uniformemente

$$S_e = K q B (1 - \mu^2) / E$$

$$S_o = 2 S_e$$



B. CONSOLIDACION

Valor exacto si el espesor de la capa compresible es pequeño comparado al área cargada.

$$\Delta h = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{\sigma_v + \Delta \sigma_v}{\sigma_v} \right)$$

FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelos Elásticos

SEMIESPACIO ELÁSTICO (E, μ)

Factor de forma K, función de B/L

N	k	N	k	n	k	n	K
0.1	0.127	1.1	0.588	2.2	0.795	5	1.052
0.2	0.210	1.2	0.613	2.4	0.822	6	1.110
0.3	0.277	1.3	0.636	2.6	0.847	7	1.152
0.4	0.334	1.4	0.658	2.8	0.870	8	1.201
0.5	0.383	1.5	0.679	3.0	0.892	9	1.239
0.6	0.426	1.6	0.689	3.2	0.912	10	1.272
0.7	0.465	1.7	0.716	3.4	0.931	12	1.330
0.8	0.500	1.8	0.734	3.6	0.949	14	1.379
0.9	0.532	1.9	0.750	3.8	0.966	16	1.422
1.0	0.561	2.0	0.766	4.0	0.982	18	1.459

Si el terreno elástico es de profundidad infinita, el asiento superficial puede expresarse:

$$\rho = \frac{\Delta q_s \cdot R \cdot K}{E}$$

ρ : asentamiento
R : radio área cargada

Haz click aquí para Ir a valores del coeficiente de influencia (Lambe y Whitman)

FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelos Elásticos

VALORES DEL MÓDULO DE DEFORMACIÓN EN CONDICIONES NO DRENADAS (Ortigosa , 1996)

TIPO DE SUELO	Eu (kg/cm ²)
Arcilla muy blanda	15
Arcilla blanda	18 - 45
Arcilla de consistencia media	45 - 85
Arcilla dura	70 - 180

VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE POISSON

TIPO DE SUELO	μ
Arcilla saturada	0,45 - 0,50*
Arcilla arenosa no saturada	0,30 - 0,40
Arena $\phi = 40^\circ$	0,2
Arena $\phi = 30^\circ$	0,35

(*) Valor teórico en caso de saturación



FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelos Empíricos

A. PLACA DE CARGA

Permite determinar E en arenas y arcillas duras y Eu en arcillas blandas (prueba sin drenaje)

$$S = S_o (B / B_o)$$

En arcillas medias, limos y arenas sueltas

$$S = S_o \left[\frac{2 B}{(B + B_o)} \right]^2$$

En arenas y suelos granulares

S = asiento de la estructura
B = ancho de la fundación

S_o = asiento de la placa
B_o = ancho de la placa

B. PENETRÓMETRO DINÁMICO : SPT, CPT (Suelos granulares - arenas)

$$\sigma_{adm} = N * S (pulg) / 8 \quad (kg/cm^2)$$

B < 1,20 m

$$\sigma_{adm} = N * S / 12 ((B + 0,3) / B) \quad (kg/cm^2)$$

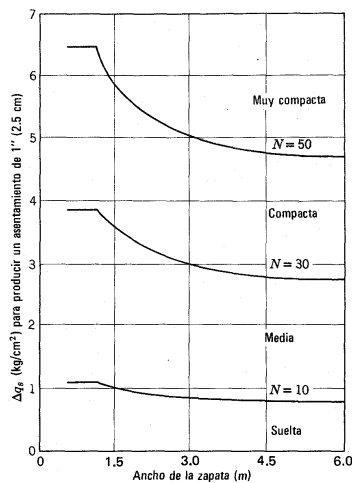
B > 1,20 m

FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelos Empíricos

Asentamientos de zapatas deducidos de la penetración estándar N

(Terzaghi y Peck, 1948)

Cimentaciones superficiales



FUNDACIONES SUPERFICIALES Modelos Empíricos

CONSTANTE DE BALASTO (K)

Es la razón entre la tensión de trabajo a nivel del sello de fundación (q) y el asentamiento medio producido por dicha tensión (ρ)

$$K = q / \rho \quad (\text{kg} / \text{cm cm}^2)$$

• La constante de balasto es proporcional a E:

$$K = \frac{E}{(1 - \mu^2) B I \rho}$$

K integra el hecho de que :

- E no es constante con la profundidad
- El asentamiento depende de la geometría de la zapata
- Permite modelar al suelo como medio elástico
- Permite modelar el comportamiento diferido en el tiempo del suelo.



FUNDACIONES SUPERFICIALES Capacidad de Carga Dinámica

CAPACIDAD DE CARGA DINÁMICA

$$\sigma_{adm\ d} = q_d = 1,3 * \sigma_{adm}$$

ASENTAMIENTO PARA CARGAS DINÁMICAS (Sd)

$$S_d = (B * q_d * K * (1 - \mu^2)) / E_o$$

Sd = asentamiento dinámico
 qd = presión de contacto dinámica
 B = ancho de fundación (lado menor)
 D = profundidad de fundación
 K = factor de forma según tabla
 Eo = 2 - 3 E

FUNDACIONES SUPERFICIALES

Capacidad de Carga Dinámica

MÓDULO DE BALASTO PARA CARGAS DINÁMICAS

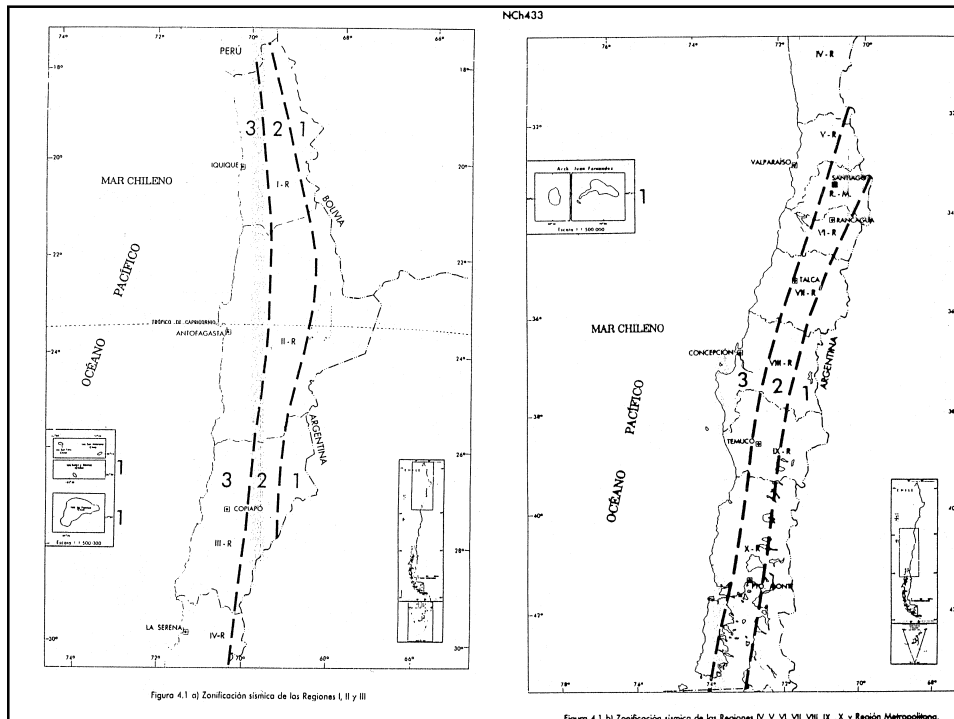
Se refiere a la constante de balasto (K) para el modo de deformación por asentamientos verticales de las fundaciones en el caso dinámico

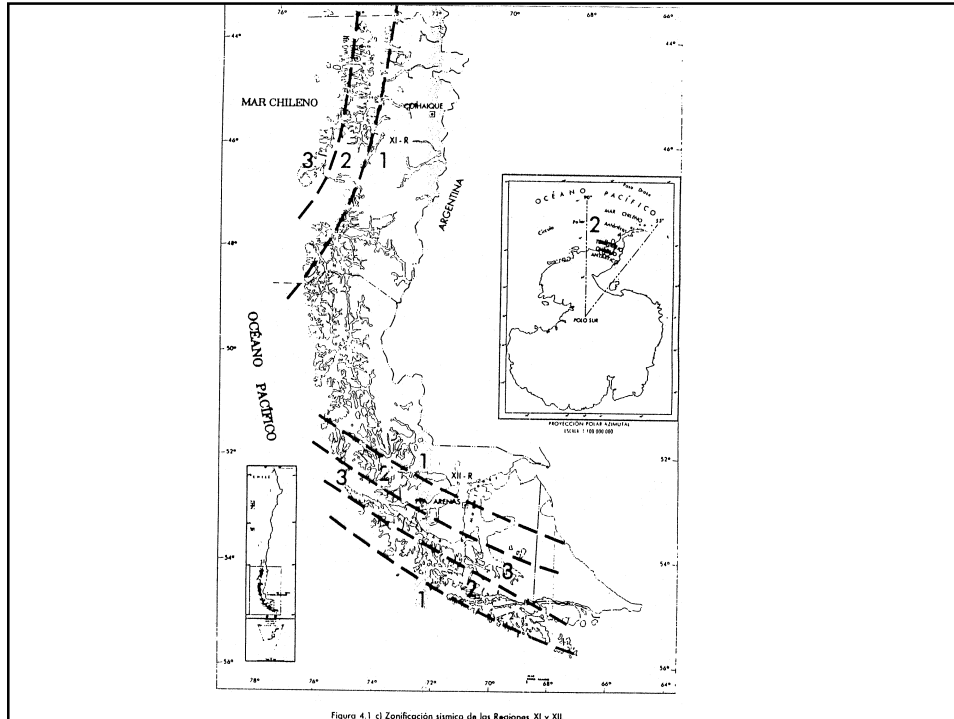
(Válido para vigas sobre fundaciones elásticas)

Si $K = q / S_i$ para cargas permanentes
con $S_i = 0,02 B q K / \sqrt{(D + B)}$

$K_d = q_d / S_d$ Para cargas dinámicas

$K_d = 2-3K$ Constante de balasto al giro $= 2 \cdot K$





Valores de Parámetros para la Aplicación de la Nch 433

Coeficiente I

Categoría del edificio	I
A	1.2
B	1.2
C	1.0
D	1.6

Aceleración efectiva A_0

Zona sísmica	A_0
1	0,20 g
2	0,30 g
3	0,40 g

Valor de parámetros que dependen del tipo de suelo según Nch 433

Tipo de suelo	To (segundo)	T' (segundo)	c	n	p
I	0.15	0.25	2.5	1.00	2.0
II	0.30	0.35	2.75	1.25	1.5
III	0.75	0.80	2.75	2.00	1.0
IV	1.20	1.50	2.75	2.00	1.0

Empujes sísmicos geostáticos

$$\sigma_s = Cr \cdot \gamma \cdot H \cdot A_o / g$$

σ_s : Presión sísmica sobre muros, uniformemente repartida

H : Altura del muro

γ : Densidad natural

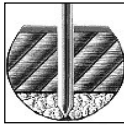
A_o : Aceleración máxima efectiva

Cr : Coeficiente

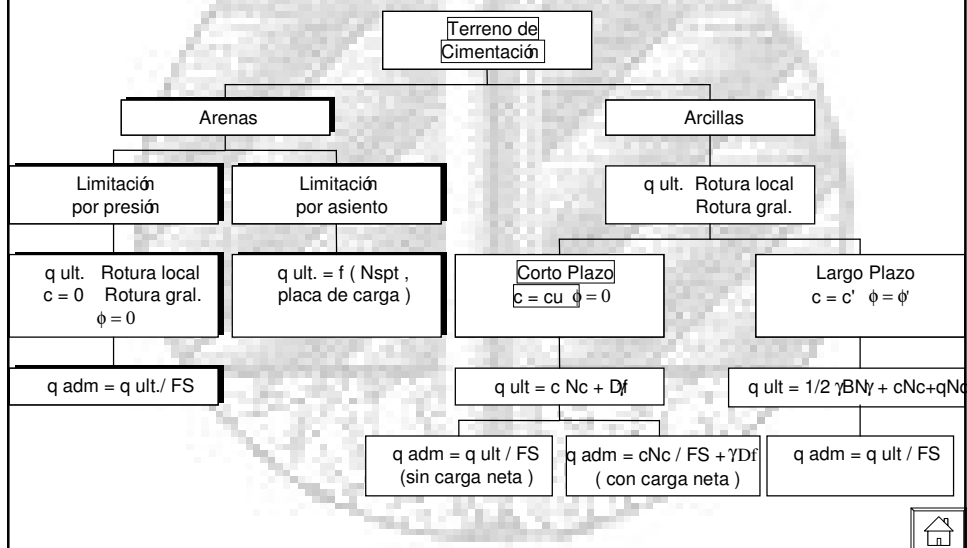
0,45 para suelos duros, densos

0,58 para suelos de rellenos sueltos

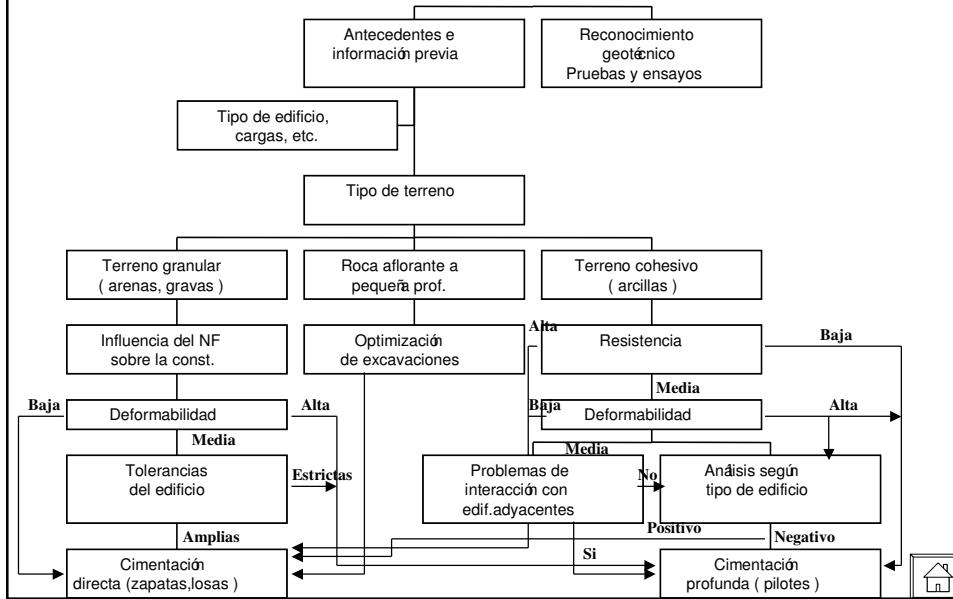
0,70 para suelos blandos



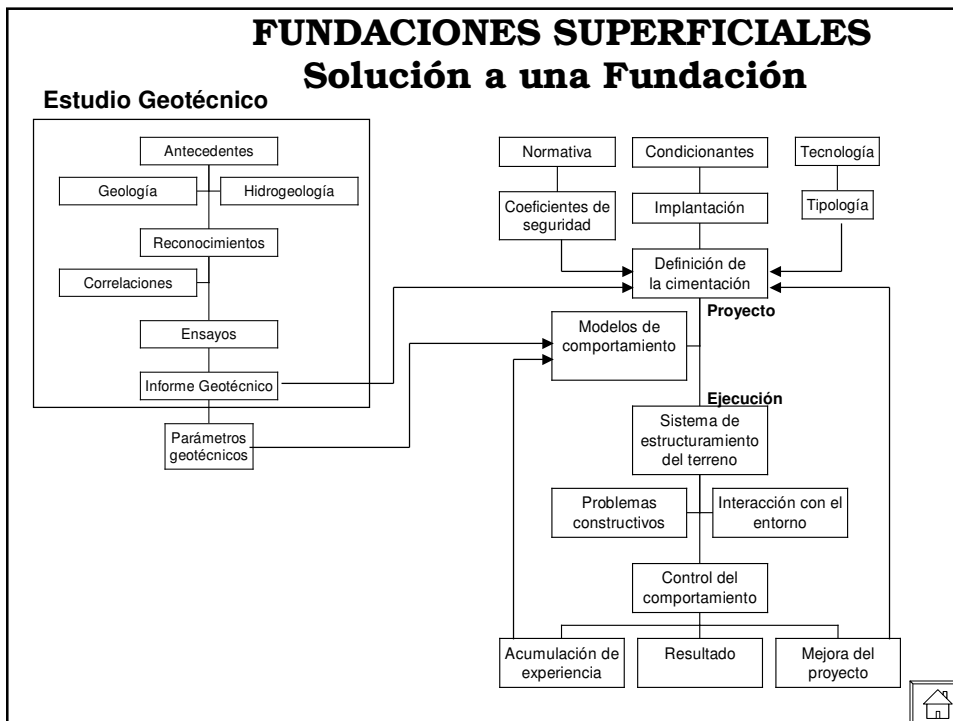
FUNDACIONES SUPERFICIALES Capacidad de Soporte



FUNDACIONES SUPERFICIALES Resumen Proceso Geotécnico en edificación



FUNDACIONES SUPERFICIALES Solución a una Fundación



Coeficientes de influencia para el asentamiento, bajo una carga uniformemente repartida sobre una superficie circular, según Terzaghi, 1943)

