



CIMENTACIONES PROFUNDAS

(2º parte)

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



CIMENTACIONES PROFUNDAS

PARTE 2

OBJETIVO

- Asentamientos en Pilotes
- Fricción Negativa - Pilotes en Suelos Colapsables
- Grupo de Pilotes
- Pilotes Sometidos a Fuerzas Horizontales

REFERENCIAS:

- **Apuntes de clase. Ing. Roberto Terzariol**
- **Principio de Ingeniería de Cimentaciones. B.M. Das.**
 - Capítulo 9. Cimentaciones con Pilotes.
 - Capítulo 10. Cimentaciones con Pilas Perforadas y Cajones.
- **Guía para Cimentación de Obras de Carretera.**
 - Capítulo 5. Cimentaciones Profundas.



CIMENTACIONES PROFUNDAS

(2º parte)

- **Asentamientos en Pilotes**
 - Medición directa.
 - Cálculo por componentes globales.
 - Análisis de modelo discreto de pilote.



PREGUNTAS

- Costo ?
- Tiempos ?
- Qué pretendo obtener ?

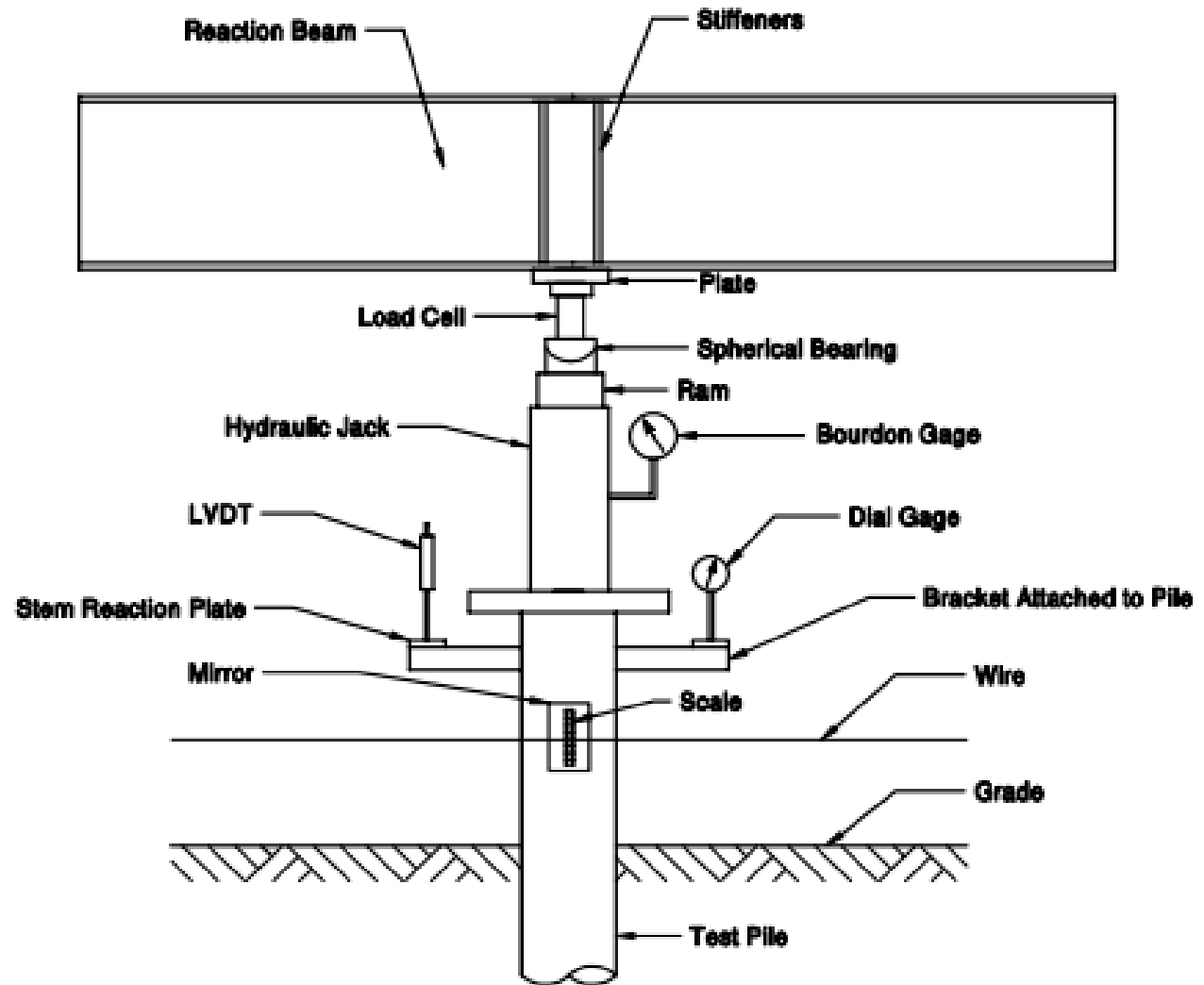


Figure 9-67. Typical compression load test arrangement using a weighted platform (FHWA, 2006a).



PREGUNTAS

- Costo ?
- Tiempos ?
- Qué pretendo obtener ?





Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



Gerbaudo – Zeballos (2013)

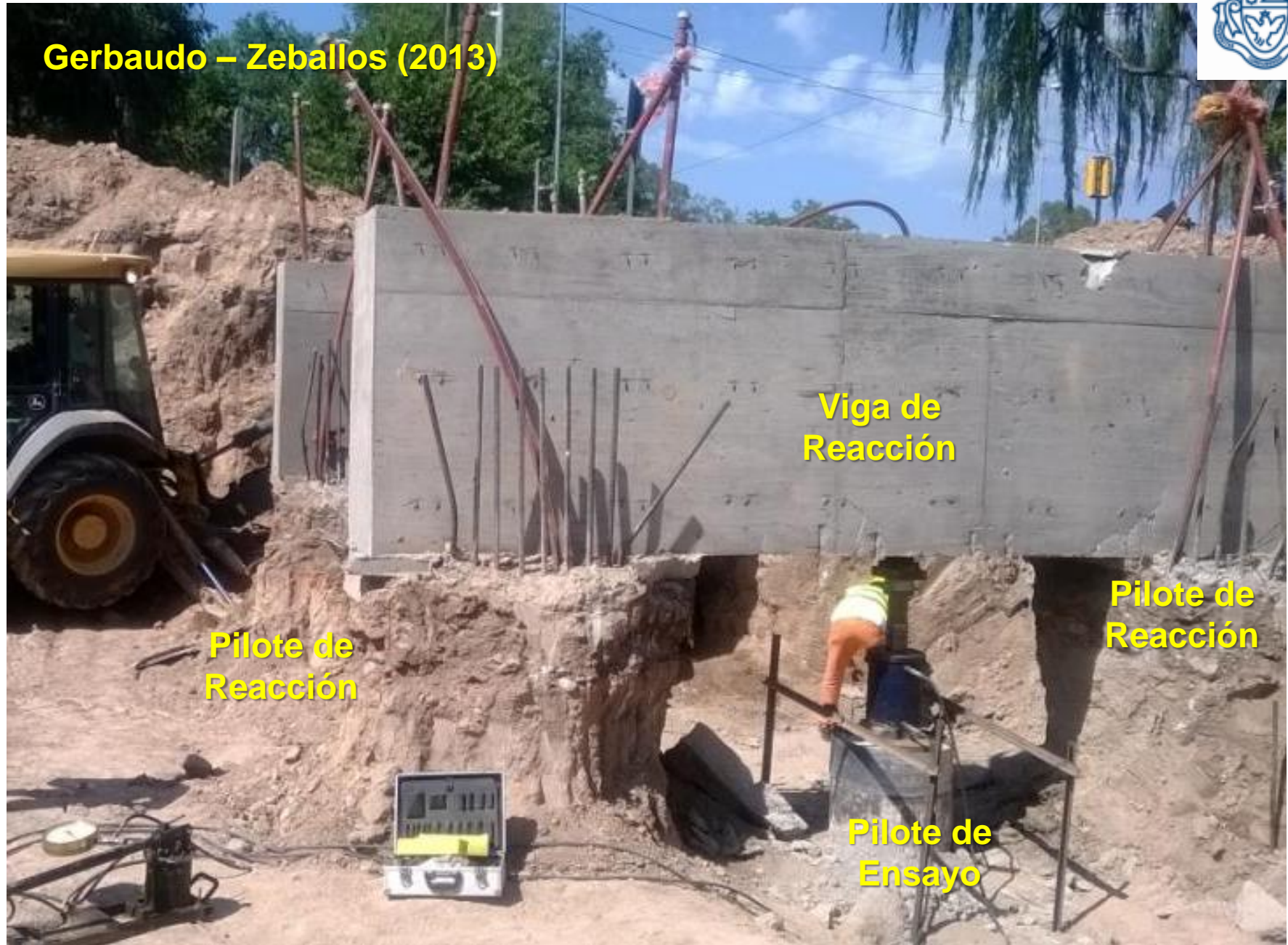
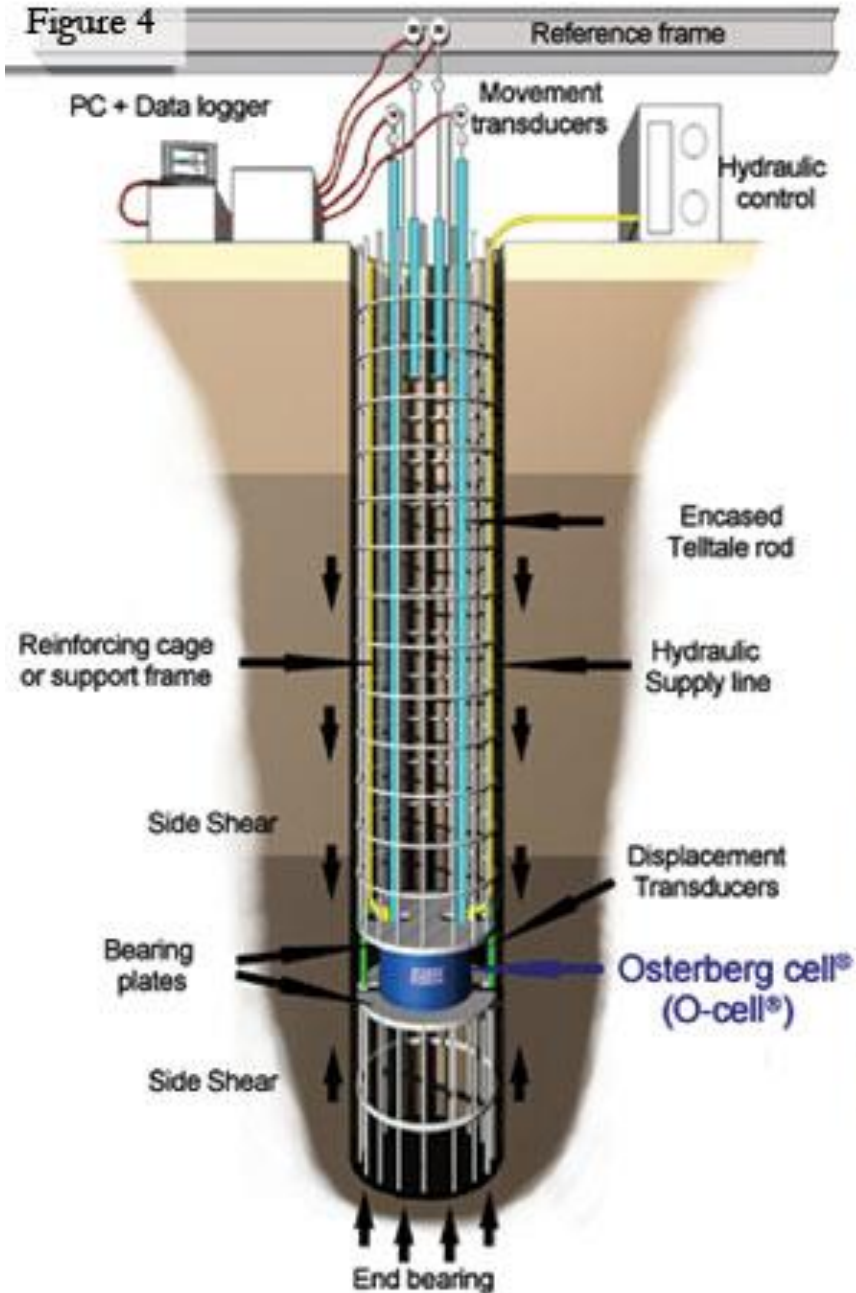
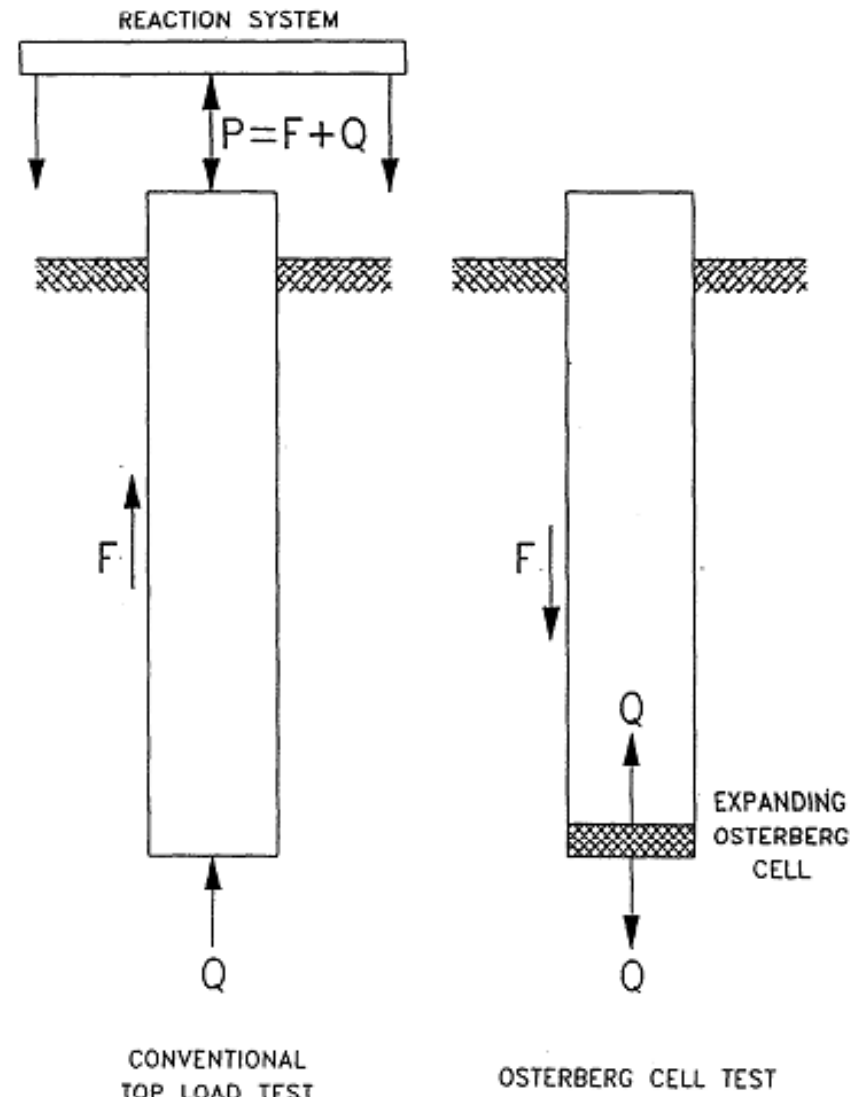




Figure 4



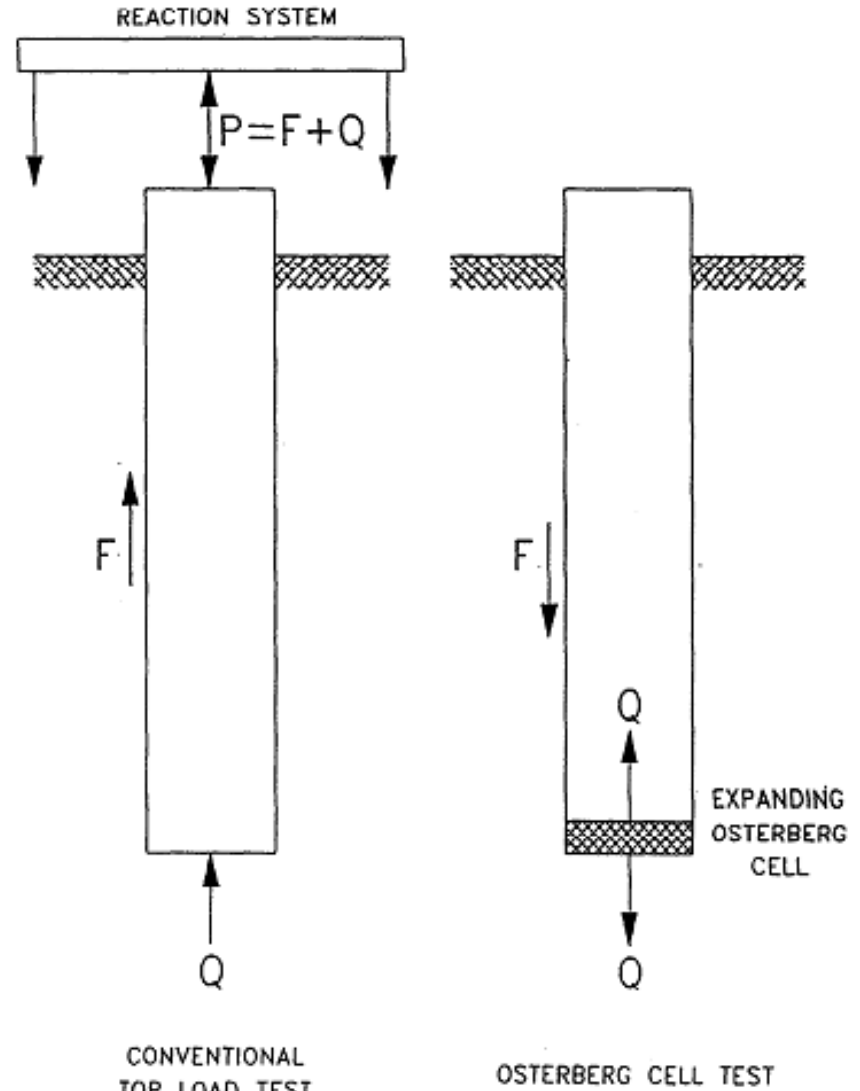
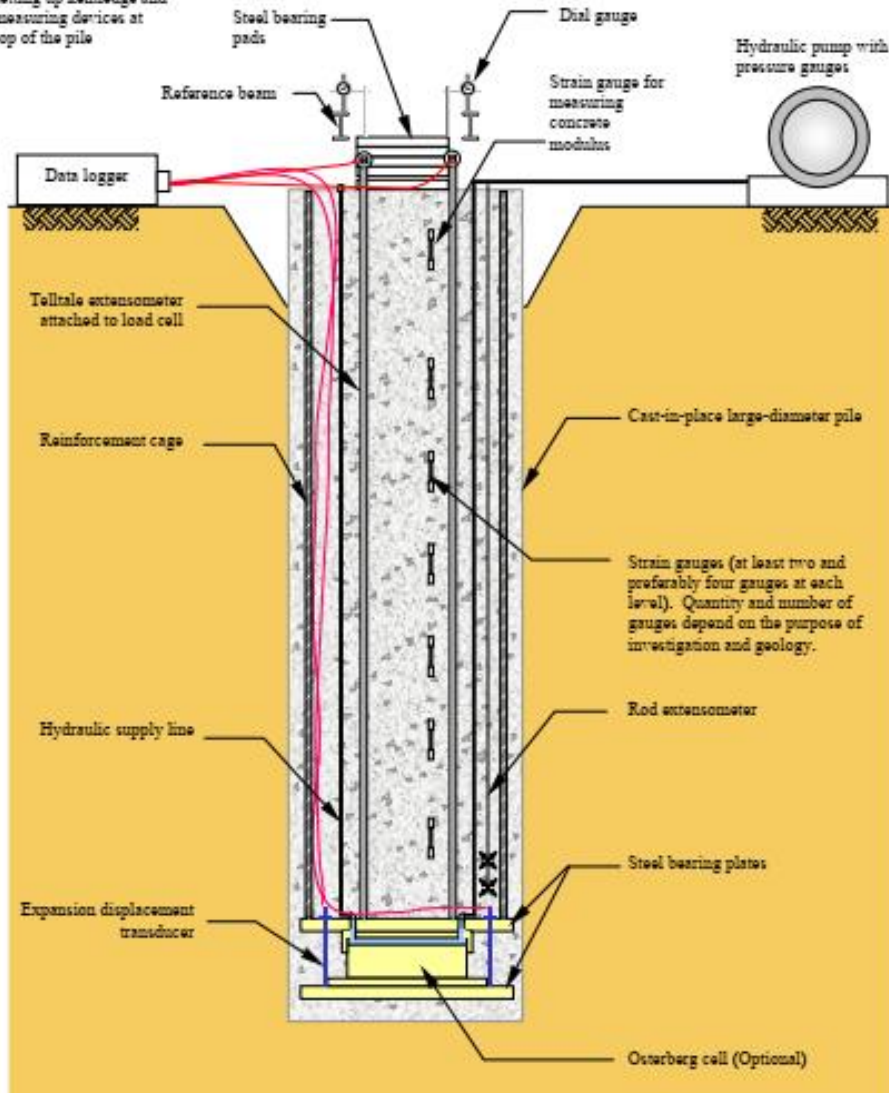
Celda Osterberg



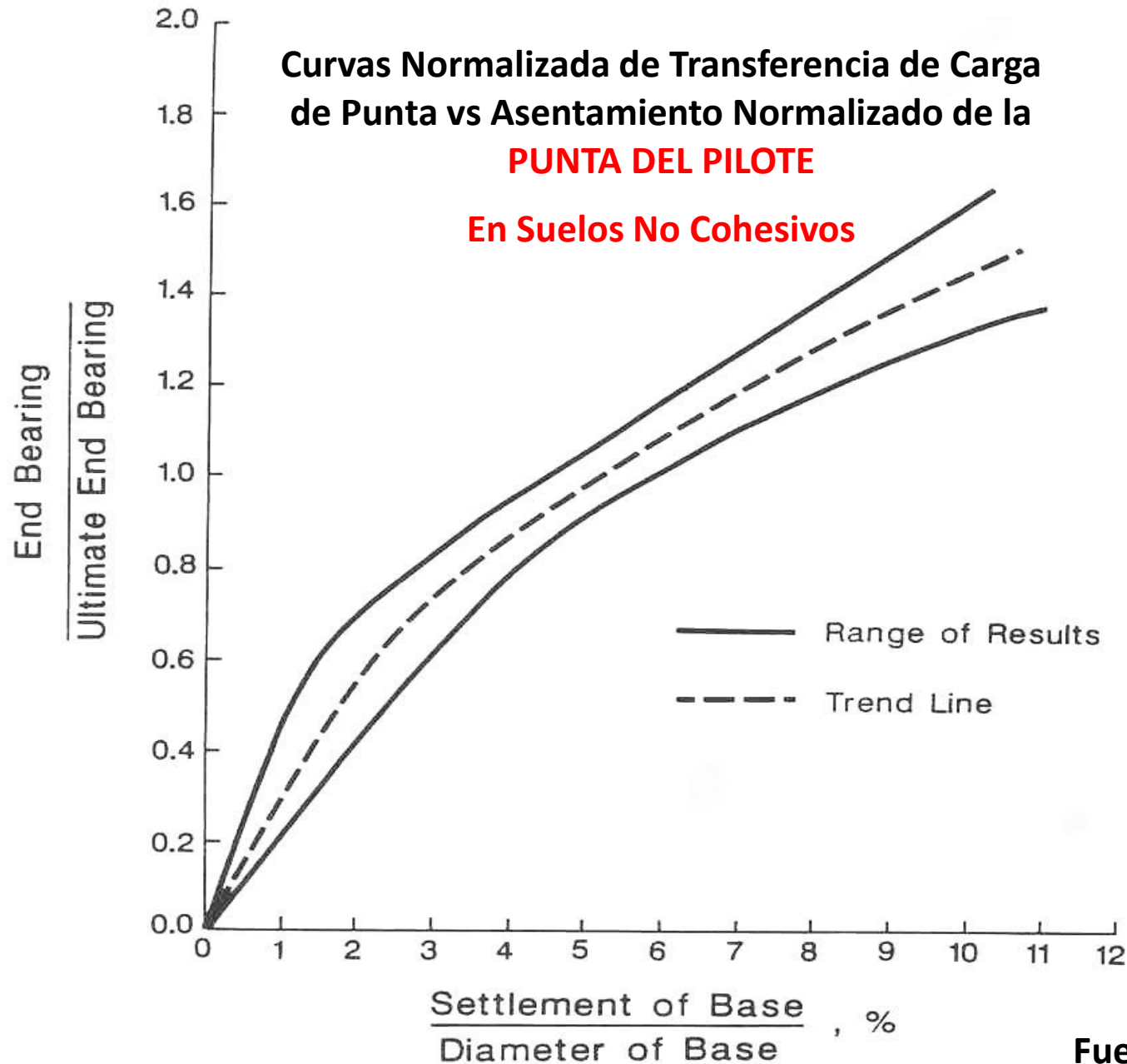


Celda Osterberg

Refer to Figure 9.1 for setting up kentledge and measuring devices at top of the pile



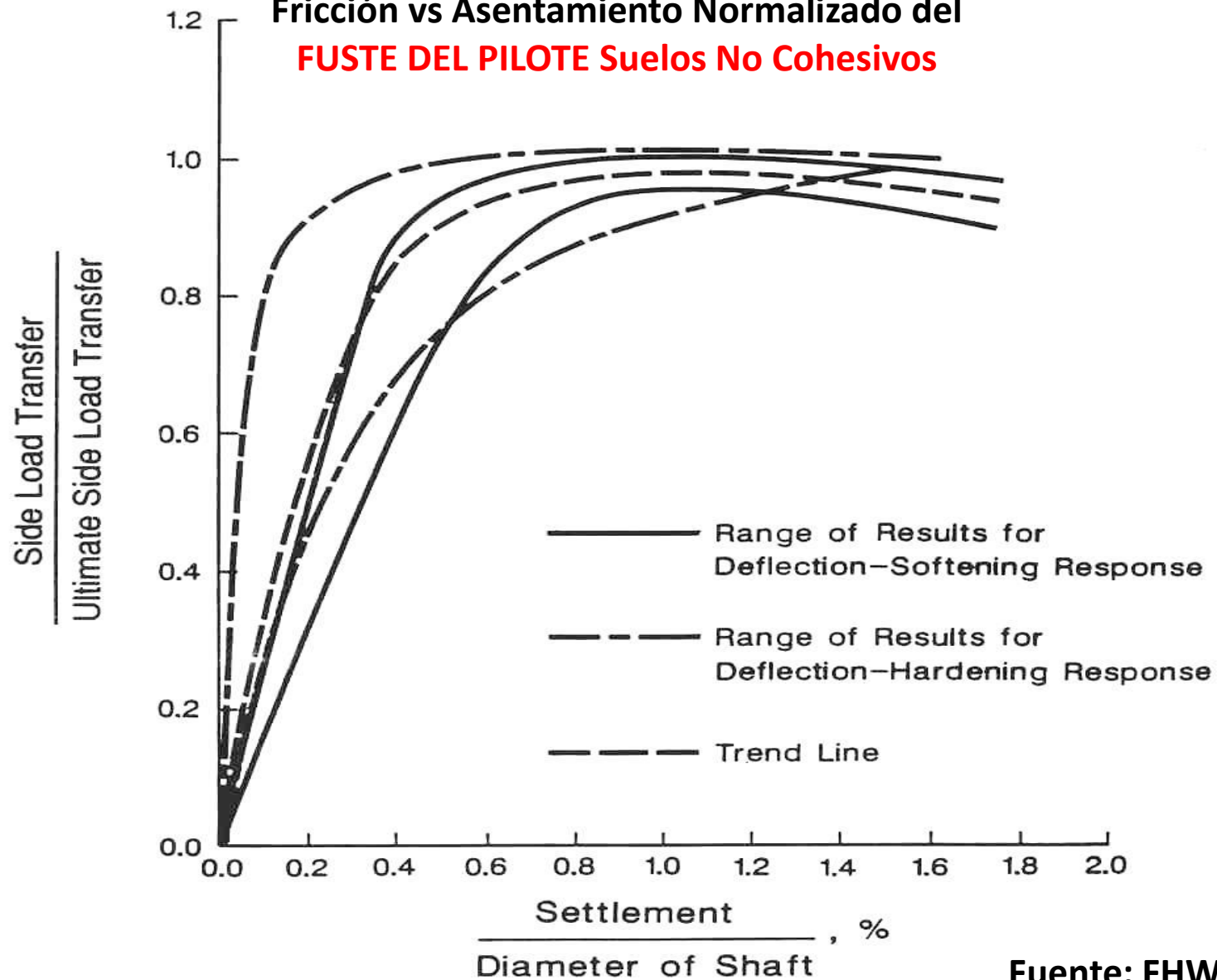
Ensayos de Carga



Ensayos de Carga



Curvas Normalizada de Transferencia de Carga por
Fricción vs Asentamiento Normalizado del
FUSTE DEL PILOTE Suelos No Cohesivos





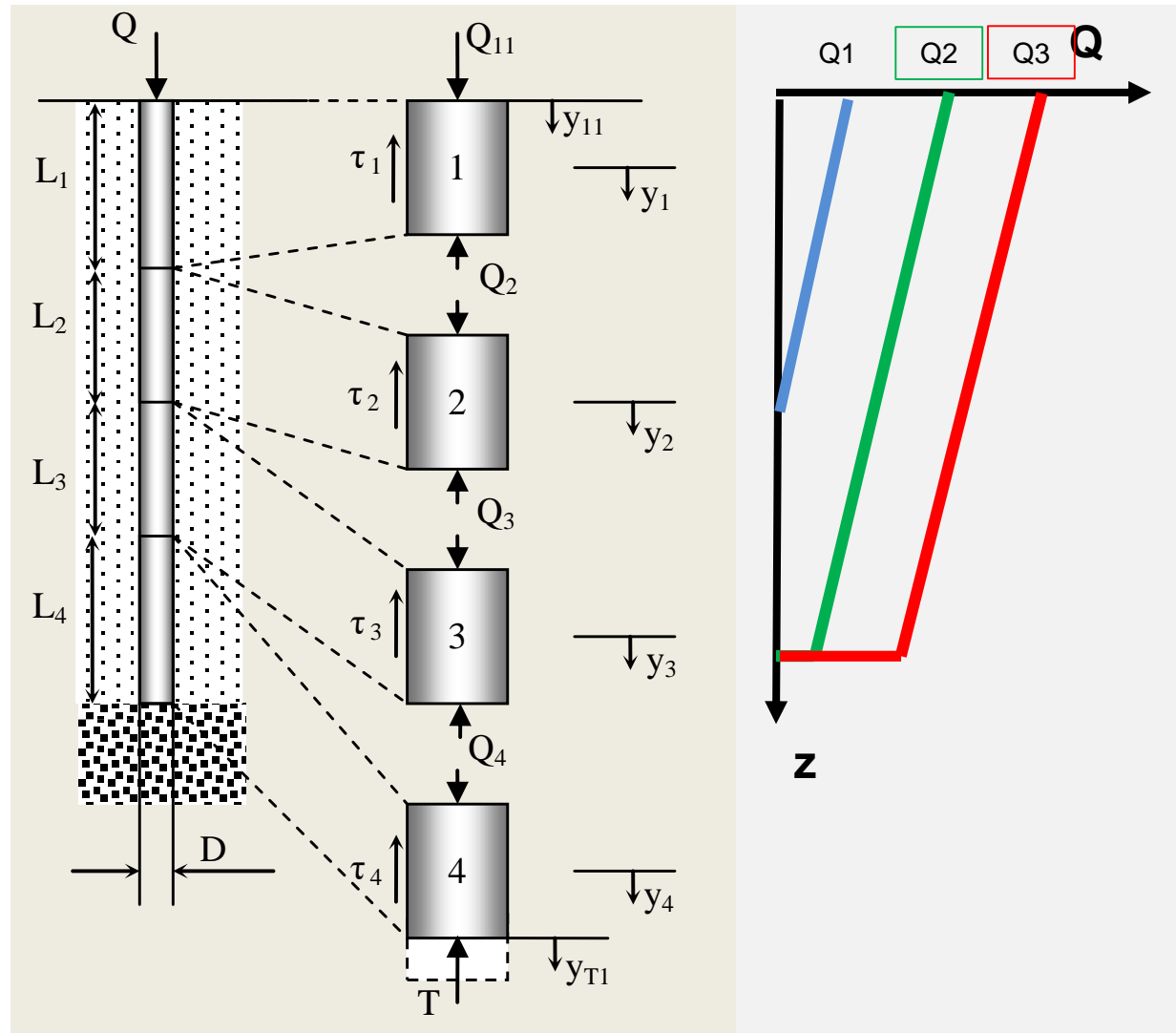
ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO (Método de Ecuaciones de Transferencia)

$$S = s_1; s_2; s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

S2. Punta del Pilote

S3. Fuste del Pilote





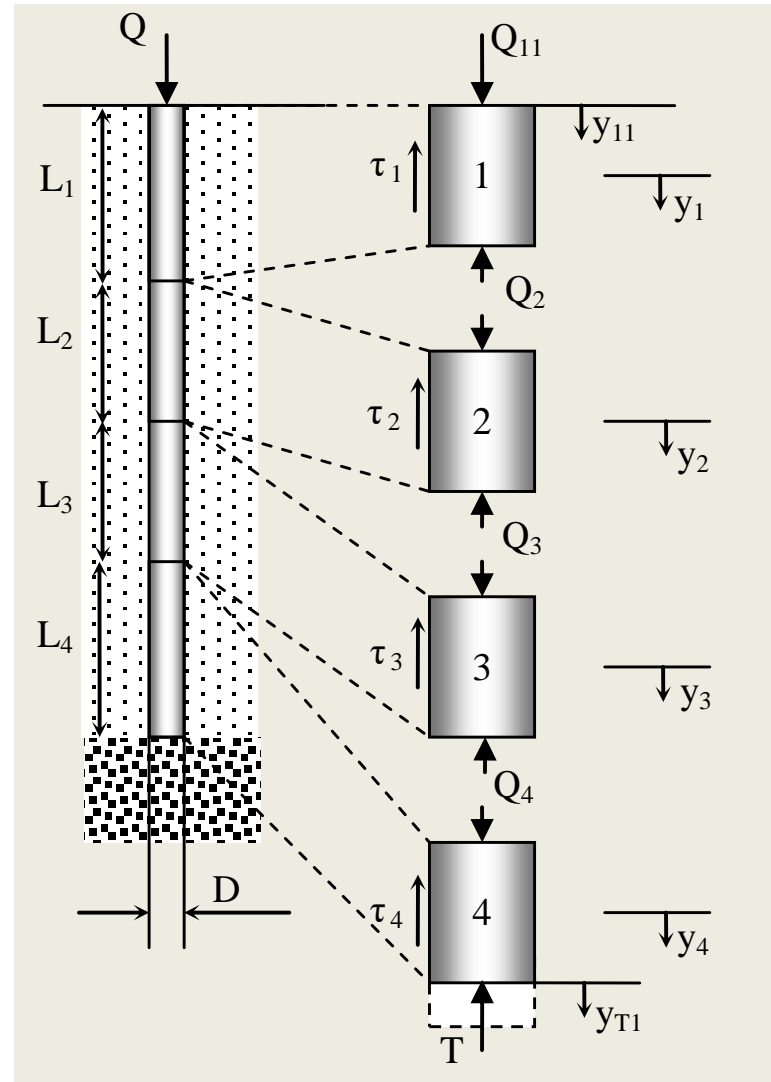
ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO (Método de Ecuaciones de Transferencia)

$$S = s_1; s_2; s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

S2. Punta del Pilote

S3. Fuste del Pilote





ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO (Método de Middlin)

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

Q_{prom}

$$s_1 = (Q_p + \alpha_s Q_s) \cdot \frac{L}{\Omega \cdot E_p}$$

Tipo de distribución				Pilote friccionales muy largos
α_s	0,50	0,33	0,67	0,10



ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO (Método de Middlin)

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

$$s_1 = (Q_p + \alpha_s Q_s) \cdot \frac{L}{\Omega \cdot E_p}$$

S2. Punta del Pilote

$$s_2 = \frac{q_p \cdot D}{E_s} \cdot (1 - \mu^2) \cdot I_p$$

Según Middlin $I_p \rightarrow 0,85$

Según Vesic

$$s_2 = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_{up}}$$

Tipo de suelo	Pilote hincado	Pilote excavado
Arena (densa a suelta)	0,02 a 0,04	0,09 a 0,18
Arcilla (firme a blanda)	0,02 a 0,03	0,03 a 0,06
Limo (denso a suelto)	0,03 a 0,05	0,09 a 0,12



ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO (Método de Middlin)

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

$$s_1 = (Q_p + \alpha_s Q_s) \cdot \frac{L}{\Omega \cdot E_p}$$

S2. Punta del Pilote

$$s_2 = \frac{q_p \cdot D}{E_s} \cdot (1 - \mu^2) \cdot I_p$$

Según Middlin $I_p \rightarrow 0,85$

S3. Fuste del Pilote

$$s_3 = \frac{f_{sm} \cdot D}{E_s} (1 - \mu^2) \cdot I_s$$

Según Middlin

$$I_s = 2 + 0,35 (L/D)^{0,5}$$

Según Vesic

$$s_3 = \frac{C_s \cdot Q_s}{L \cdot q_{up}}$$

$$C_s = \left(0,93 \cdot 0,16 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}} \right) \cdot C_p$$



ASENTAMIENTOS DE PILOTES EN ROCAS

Sobre Rocas

$$W = W_b + W_p - \Delta W$$

Componente en Roca

$$W_b = \frac{\left[(\pi/2) \cdot q_p \cdot (1 - \nu^2) \cdot r \right]}{E_r \cdot \lambda}$$

Componente en Pilote

$$W_p = \frac{q_{\max} \cdot L}{E_h}$$

Presiones Netas

$$\Delta W = \frac{\left[\int_{L-L_1}^L (q_{\max} - \sigma_y) d_y \right]}{E_c}$$

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



ASENTAMIENTOS DE PILOTES

EXPRESIONES SEGÚN SPT

Pilotes

$$s_2[\text{mm}] = 1,67 \cdot \frac{q_p(\text{kPa}) \cdot D_b^{0,7}(\text{m})}{\overline{N}_{60}^{1,4}}$$

→ **para arenas
poco densas**

$$s_2[\text{mm}] = 0,556 \cdot \frac{q_p(\text{kPa}) \cdot D_b^{0,7}(\text{m})}{\overline{N}_{60}^{1,4}}$$

→ **para arenas
densas**



CIMENTACIONES PROFUNDAS

(2º parte)

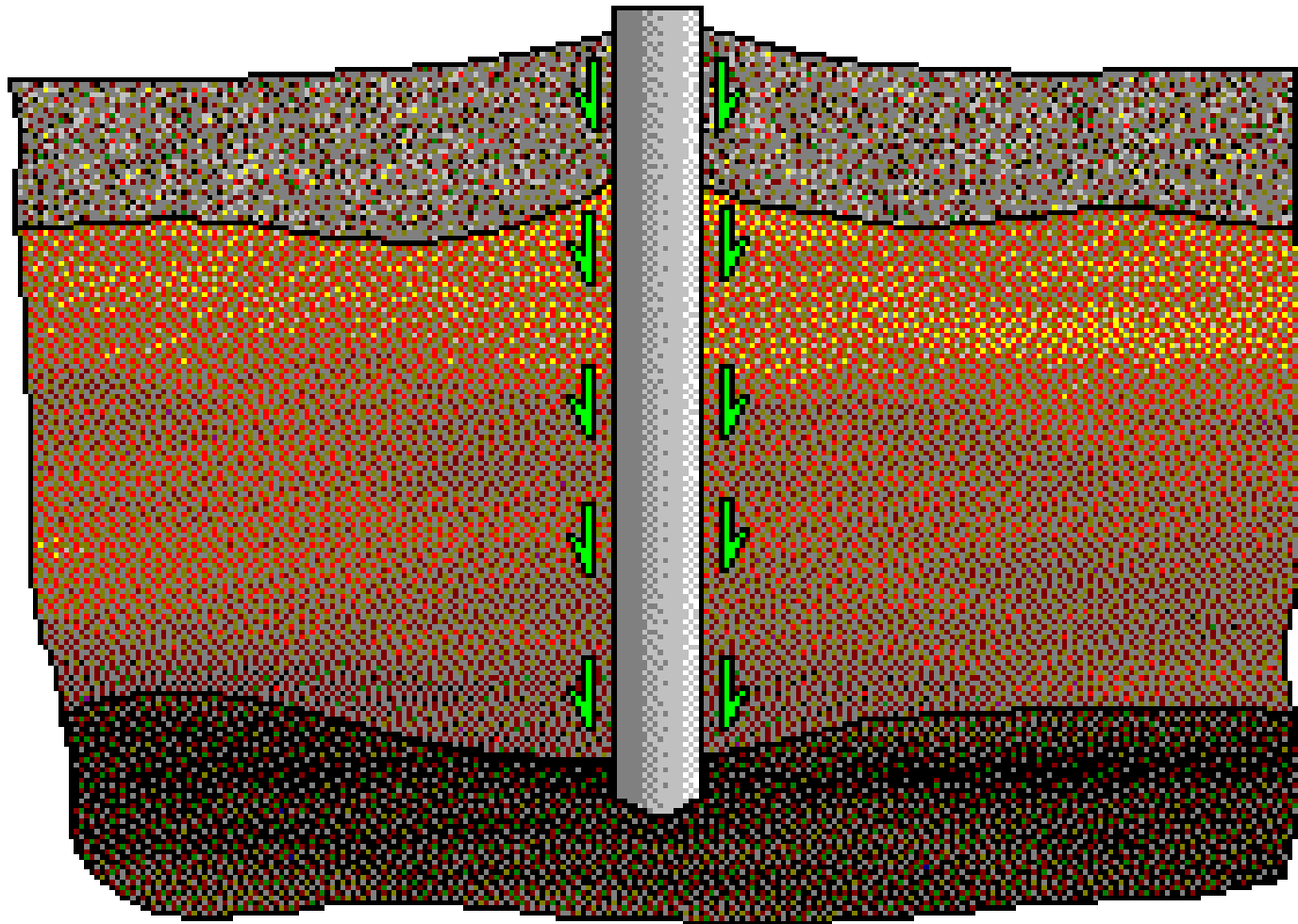
SOLICITACIONES AXIALES PARTICULARES

- Fricción Negativa.**
- Pilotes en Suelos Colapsables.**
- Tracción en Pilotes**

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



FRICCIÓN NEGATIVA



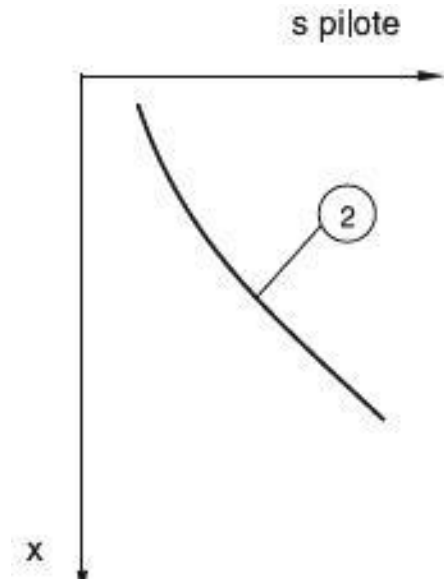
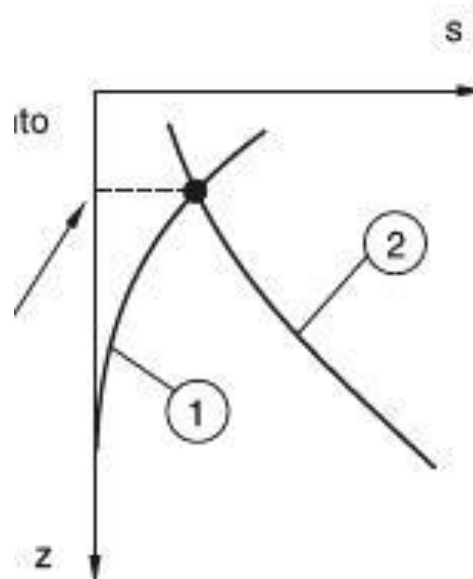
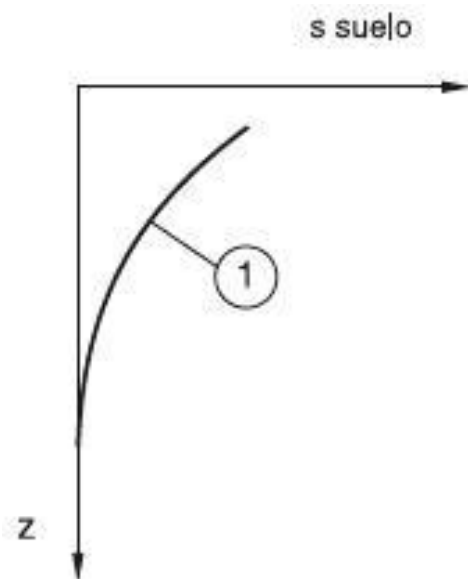
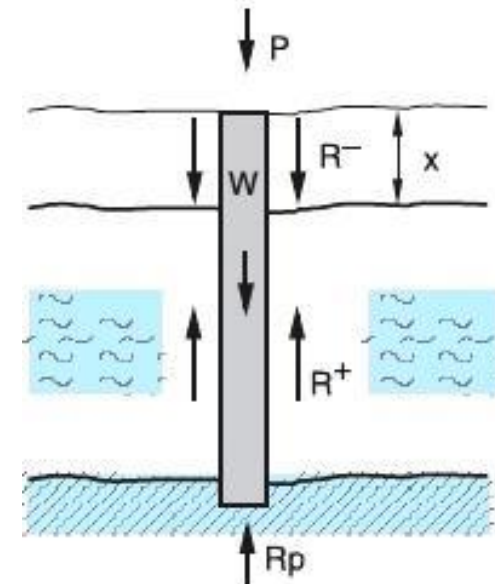
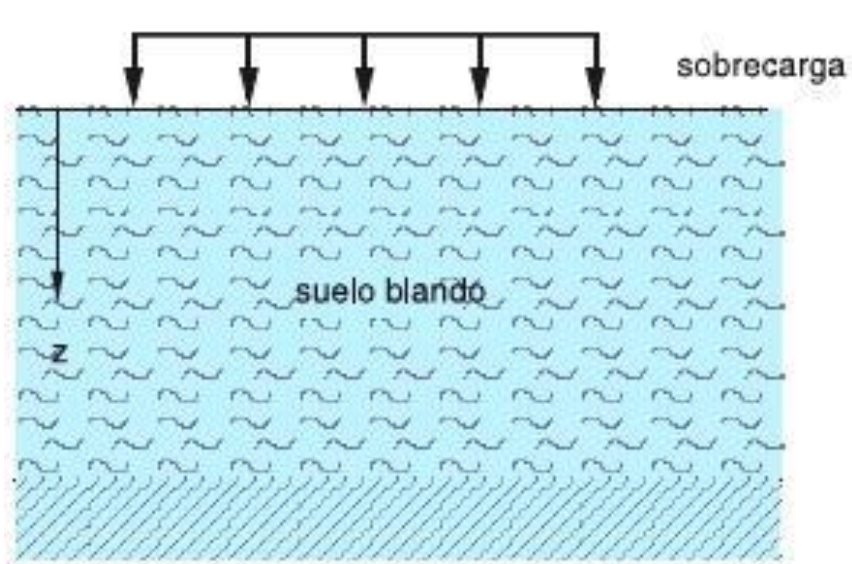
RELLENO

**SUELO
“BLANDO”
CONSOLIDABLE**

**SUELO
“RIGIDO”**

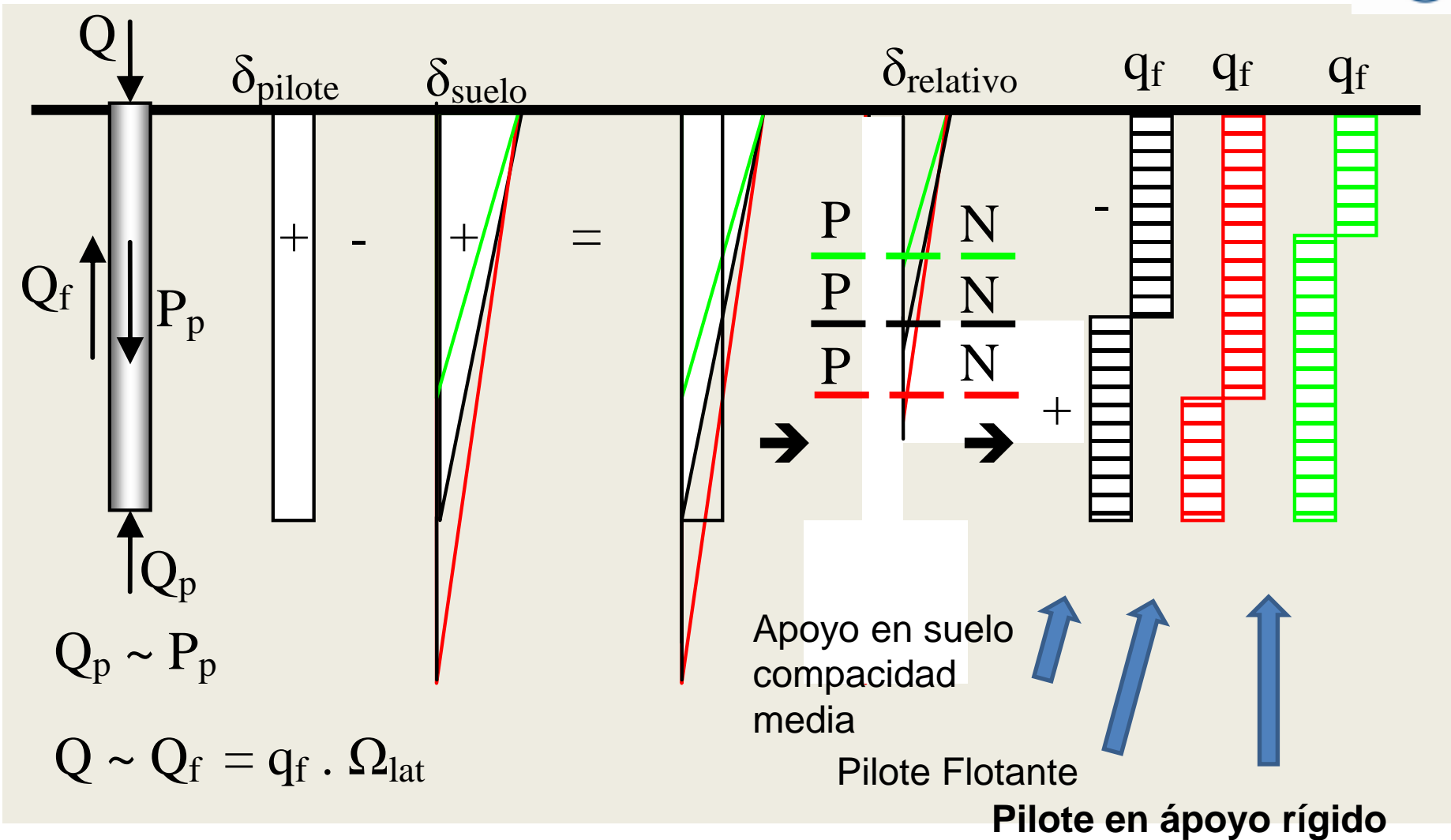


FRICCIÓN NEGATIVA





FRICCIÓN NEGATIVA



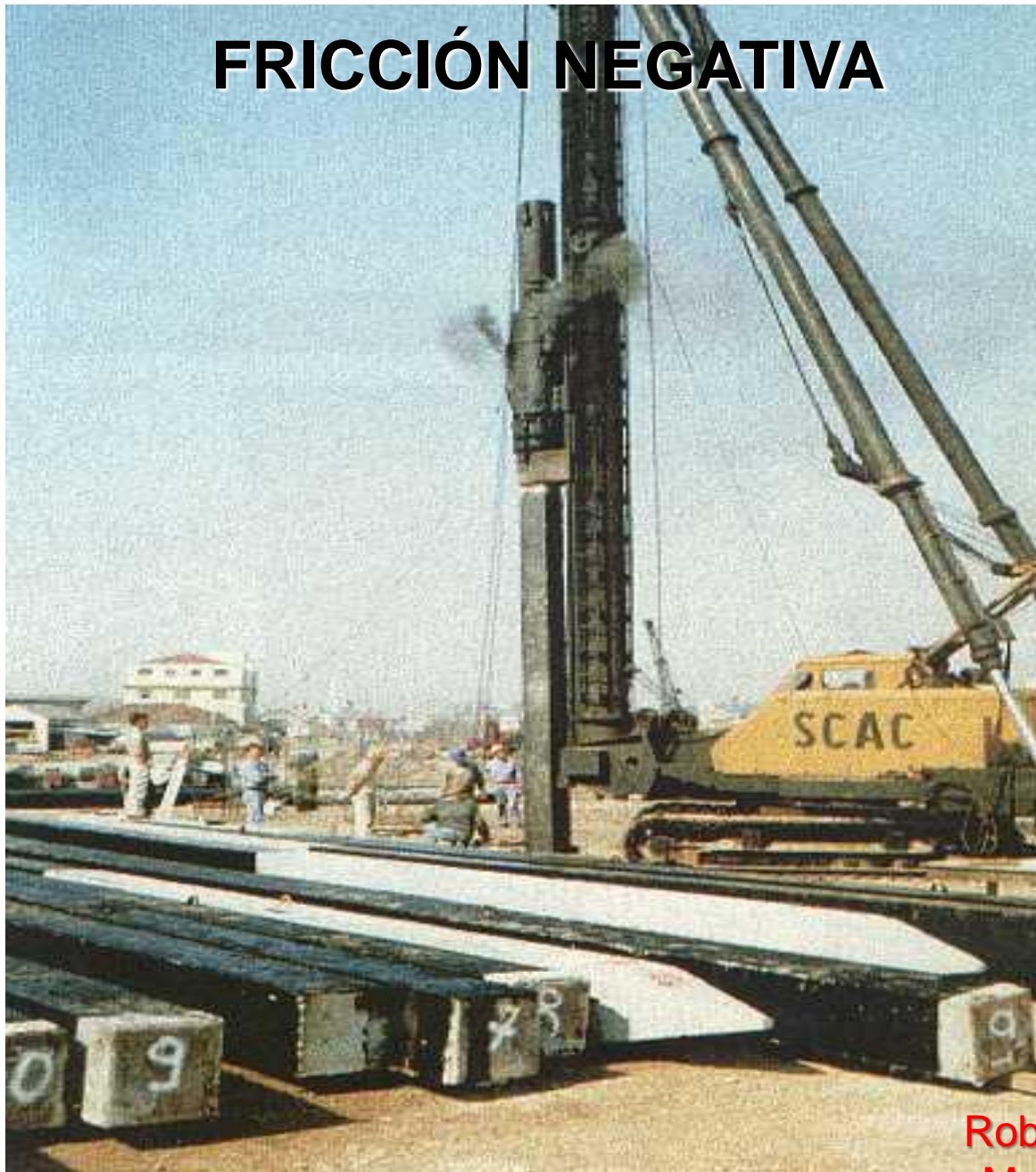
Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

The figure consists of two parts. The left part is a schematic of a multi-layered system. A vertical stack of layers is shown, with a downward force Q applied to the top layer. The vertical displacement of the top layer is denoted by Δ . The right part is a graph of Q versus Z . The graph shows several curves representing the force distribution in different layers. The curves are labeled Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 at their top ends. The curves for Q_1, Q_2, Q_3 are colored green, orange, and blue, respectively. The curves for Q_4 are colored red. The graph also shows the forces at the bottom of the layers, labeled $Q_{p3}, Q_{p4}, Q_{p4''}$, and the total force $Q_p = Q_4 + Q_{fn}$. The formula $Q_f = \Delta z \cdot \pi \cdot D \cdot q_f$ is also shown.

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



FRICCIÓN NEGATIVA



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



FRICCIÓN NEGATIVA



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



FRICCIÓN NEGATIVA



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



PILOTES EN SUELOS COLAPSABLES (LOESS)

COMPORTAMIENTO MECANICO

ESTADO “NATURAL” SON SUELOS DE UNA ALTA RIGIDEZ
(DUROS)

EN INGENIERIA GEOTECNICA SON **SUELOS METAESTABLES**

- Son sensibles a la variación de humedad
- Pueden “colapsar” → Asentamientos – Cárcavas

Por qué colapsa ?



Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

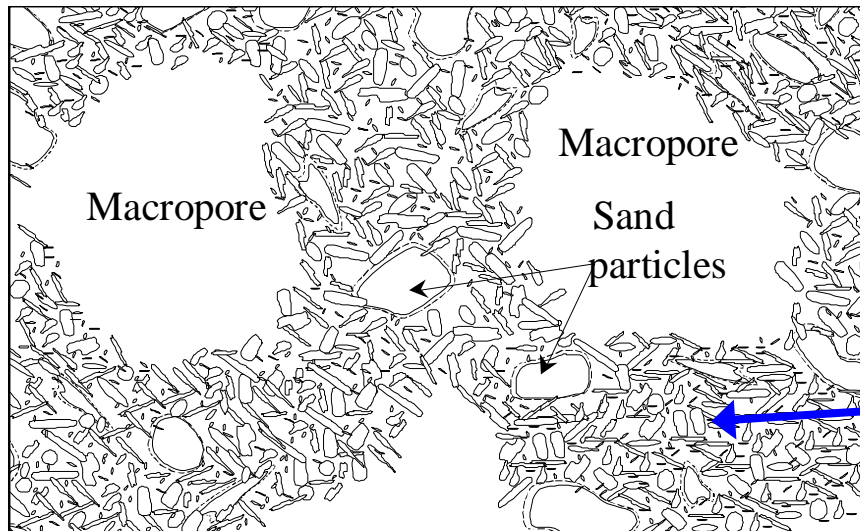
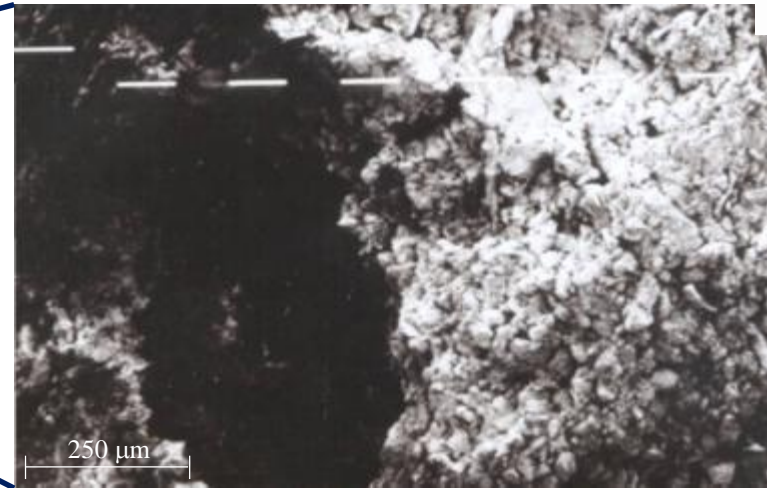
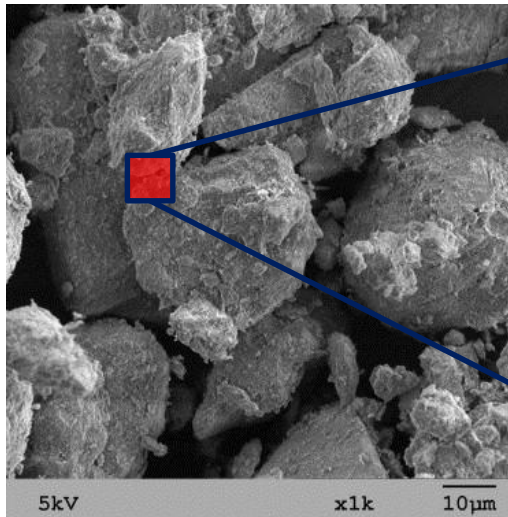


**→ ESTAN COMPUESTOS POR PARTÍCULAS DE TAMAÑO REDUCIDO
(Arenas – Limos – Arcillas)**

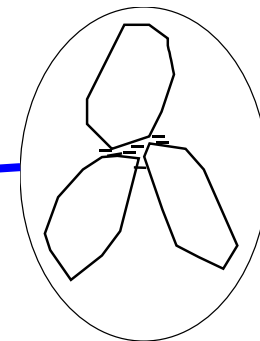
**→ LAS PARTICULAS SE UNEN ENTRE SI A TRAVÉS DE “PUENTES”
(Arcillas-Cementantes salinos)**

**→ SE CREA UNA ESTRUCTURA MACRO POROSA
(Castillo de Naipes)**

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



**Generada a partir de
Fotos de Microscopio**



CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



PROPIEDADES



Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero

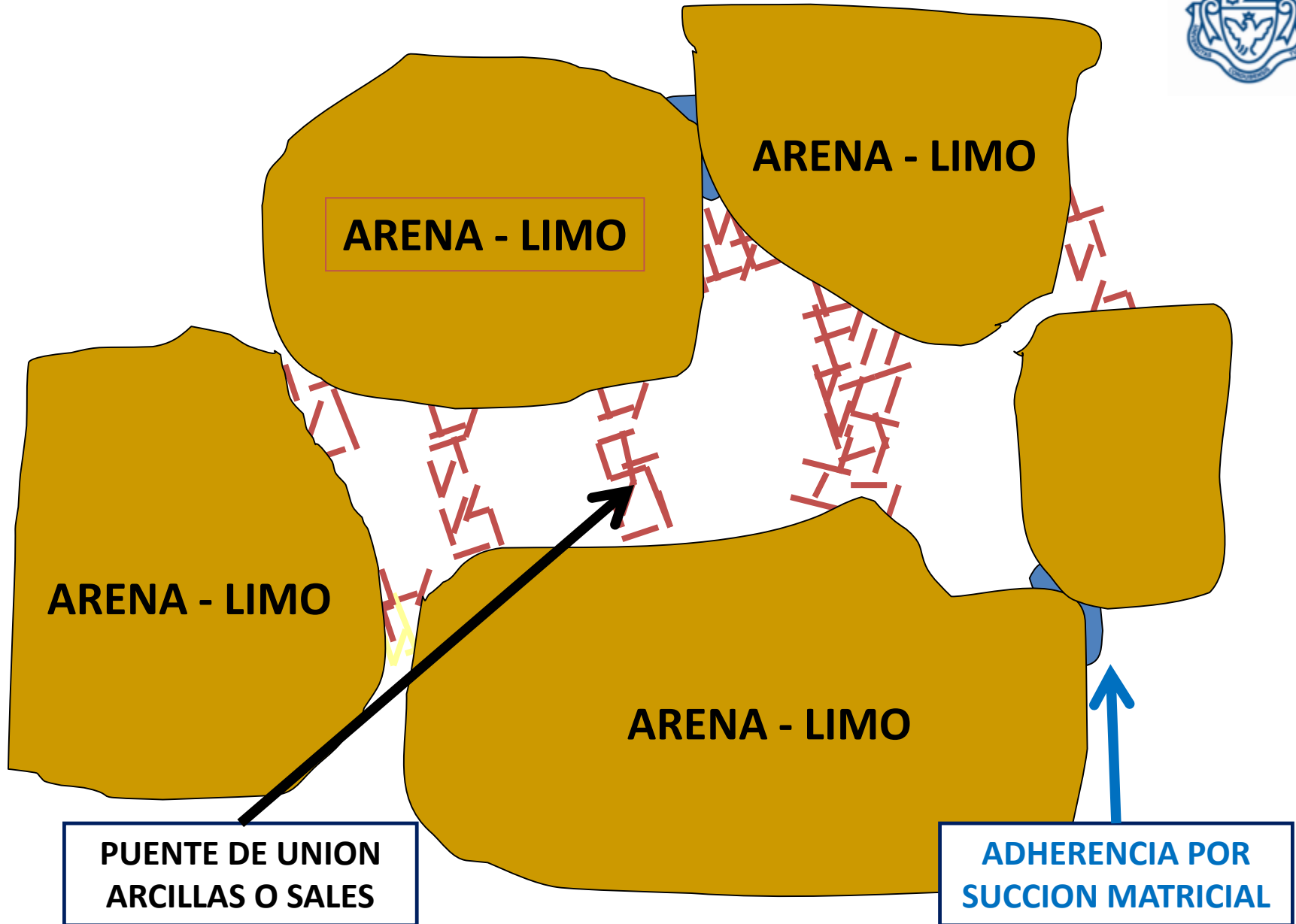
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



COLAPSO

Disminución rápida del volumen del suelo (asentamientos) producida por el aumento de cualquiera de los siguientes factores:

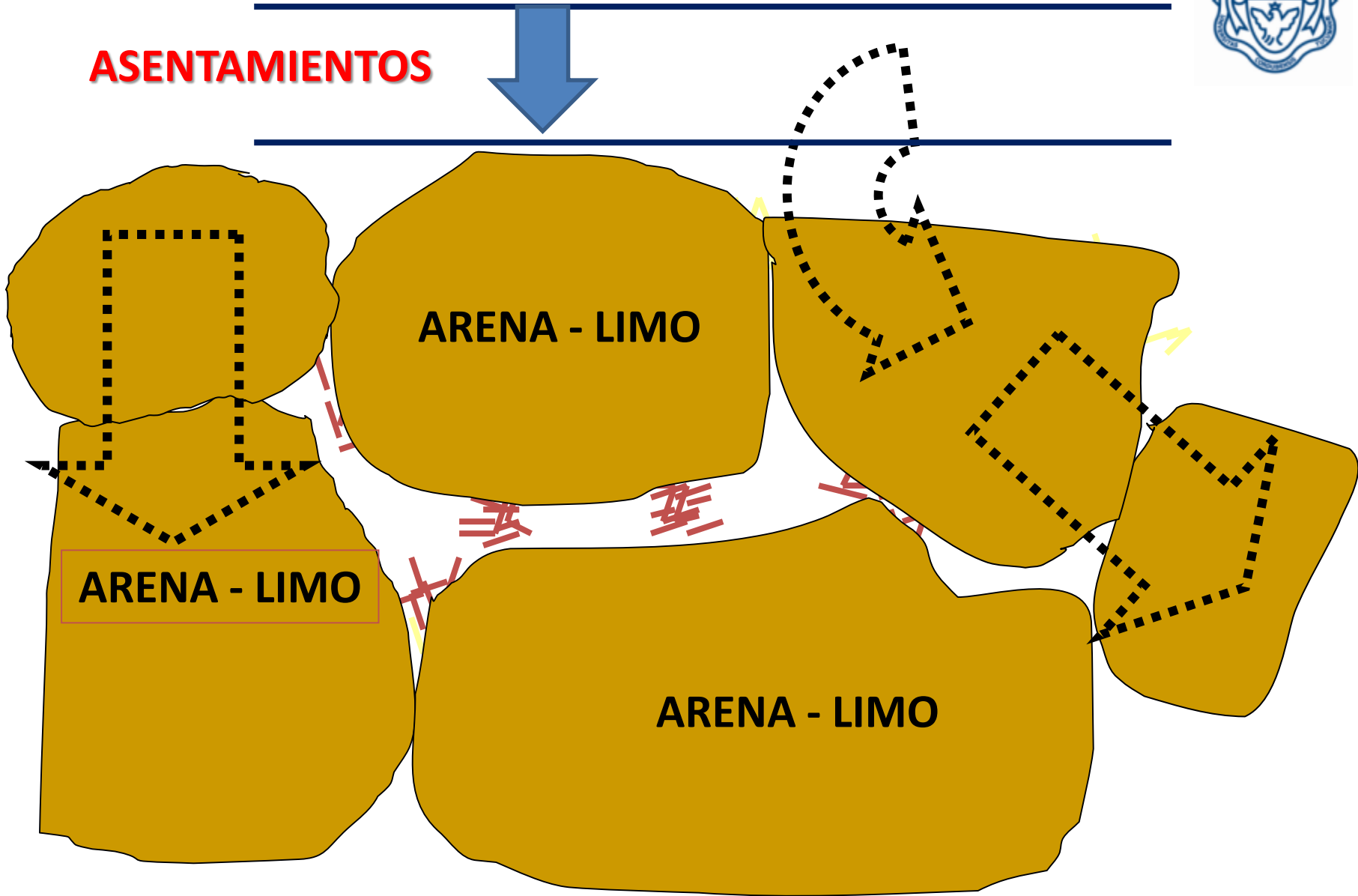
- **Procesos de destrucción de los puentes cementantes**
- **Incremento del contenido de humedad**
- **Aumento de la presión sobre el suelo**

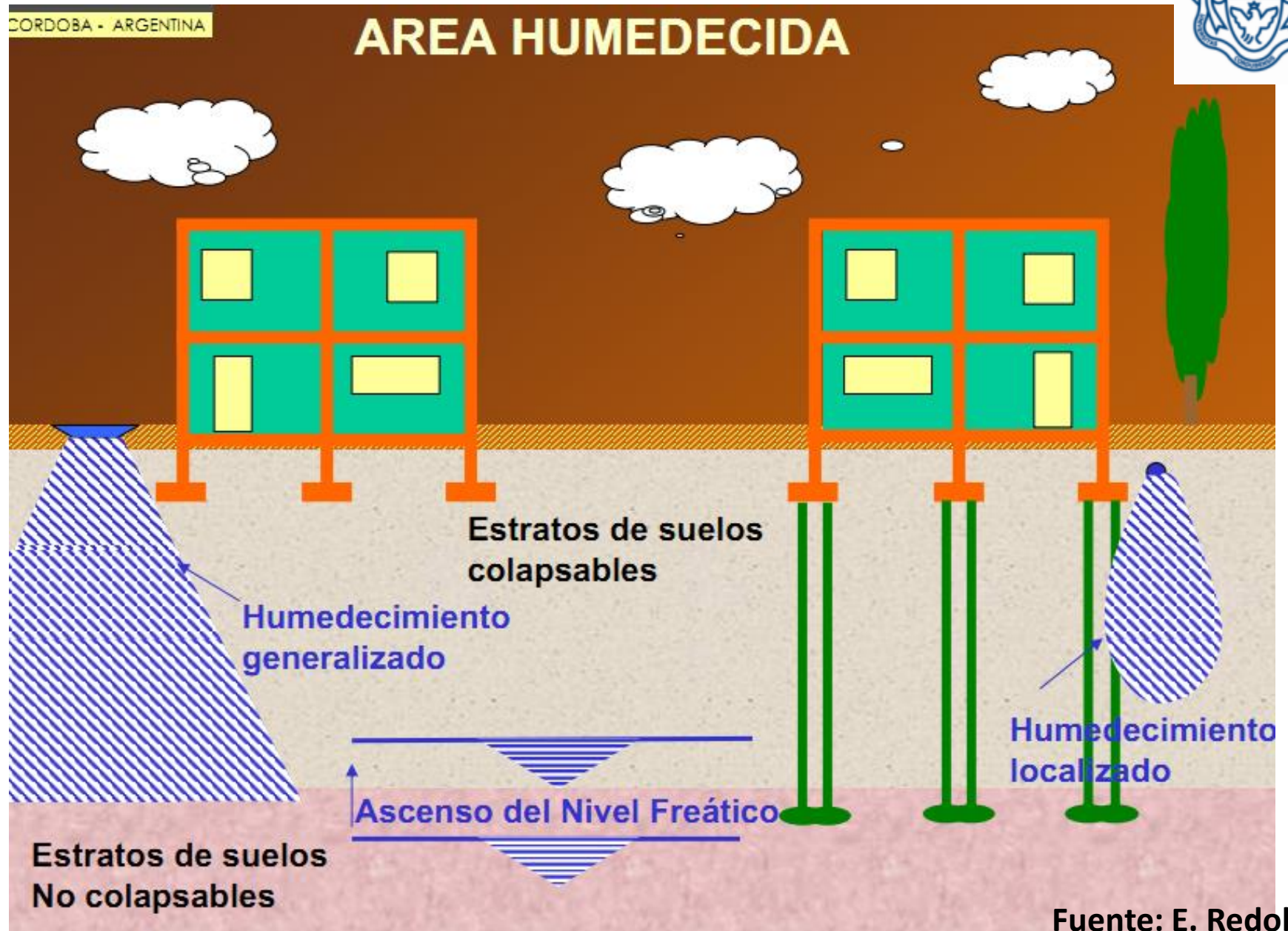


CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

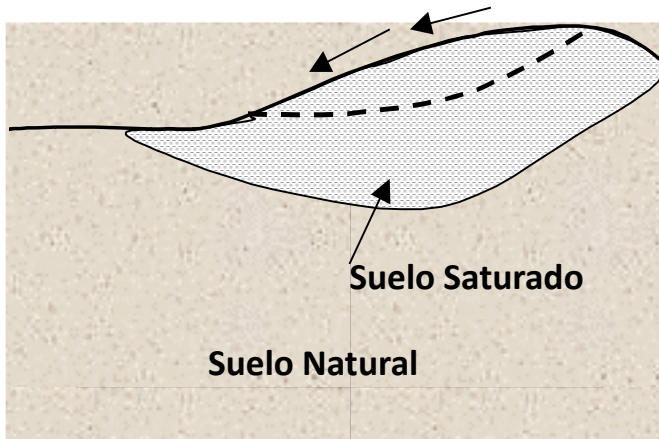


ASENTAMIENTOS





Efectos del Agua



(d) Erosión Superficial

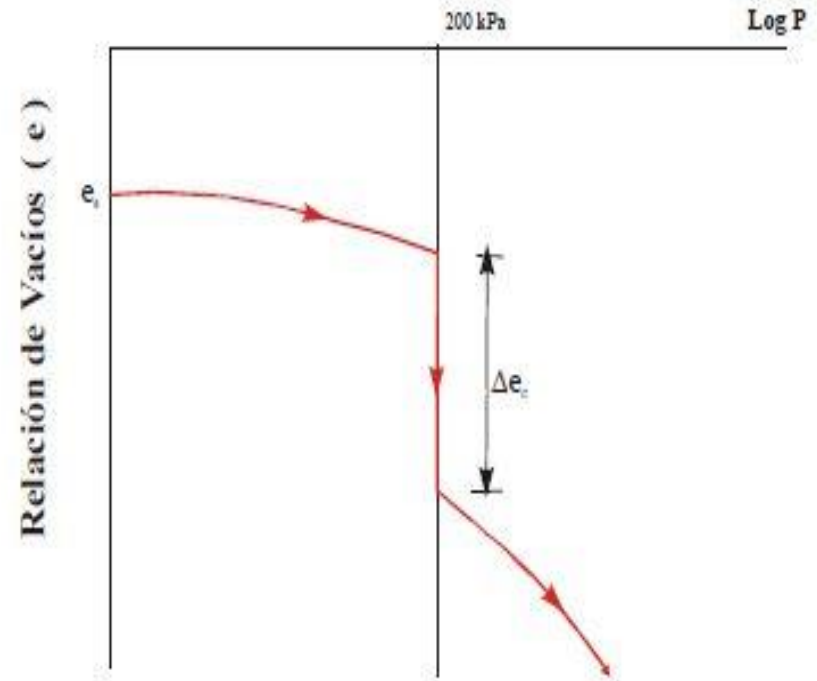


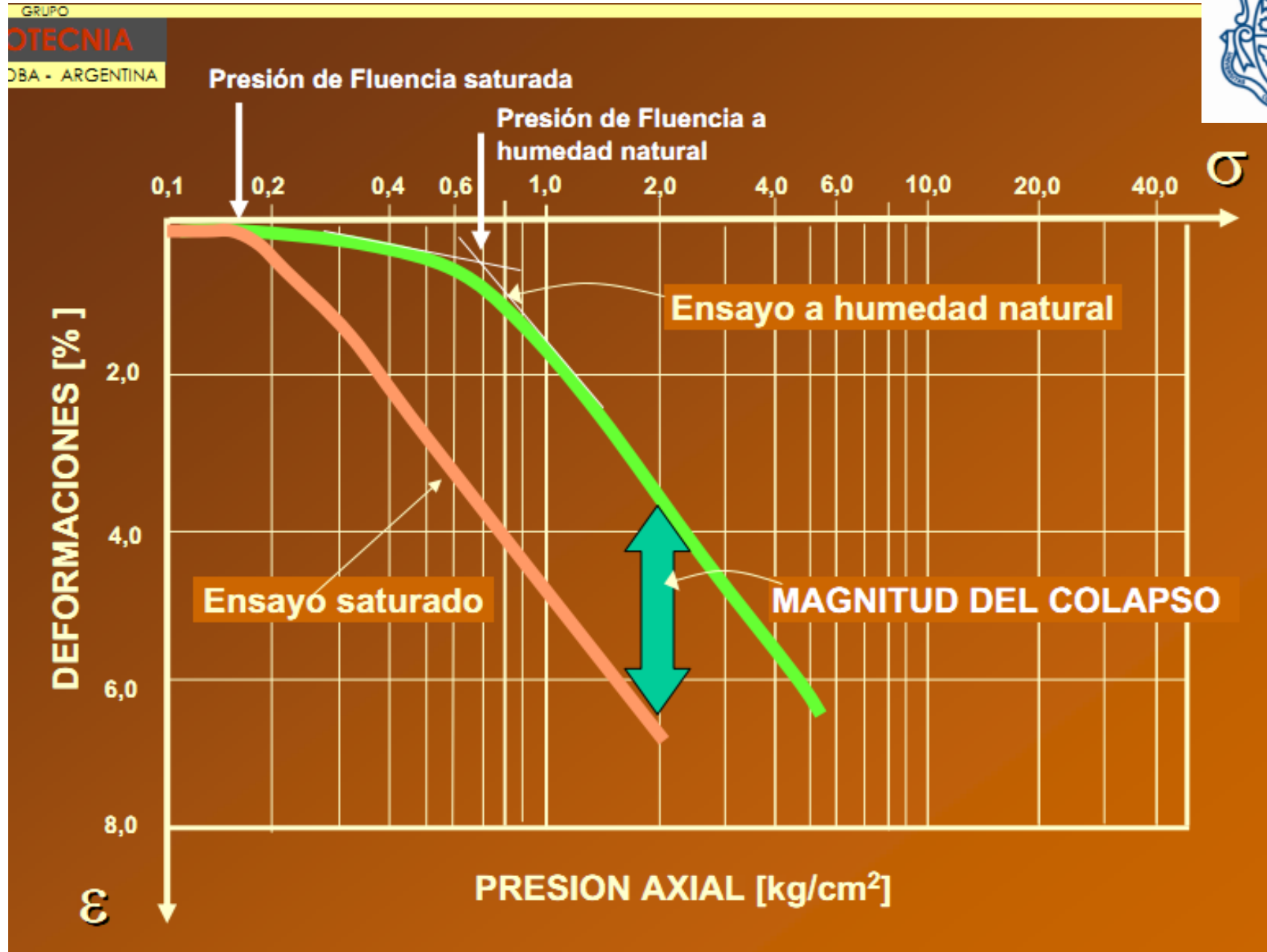


CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

Ensayos Para la Evaluación del Colapso

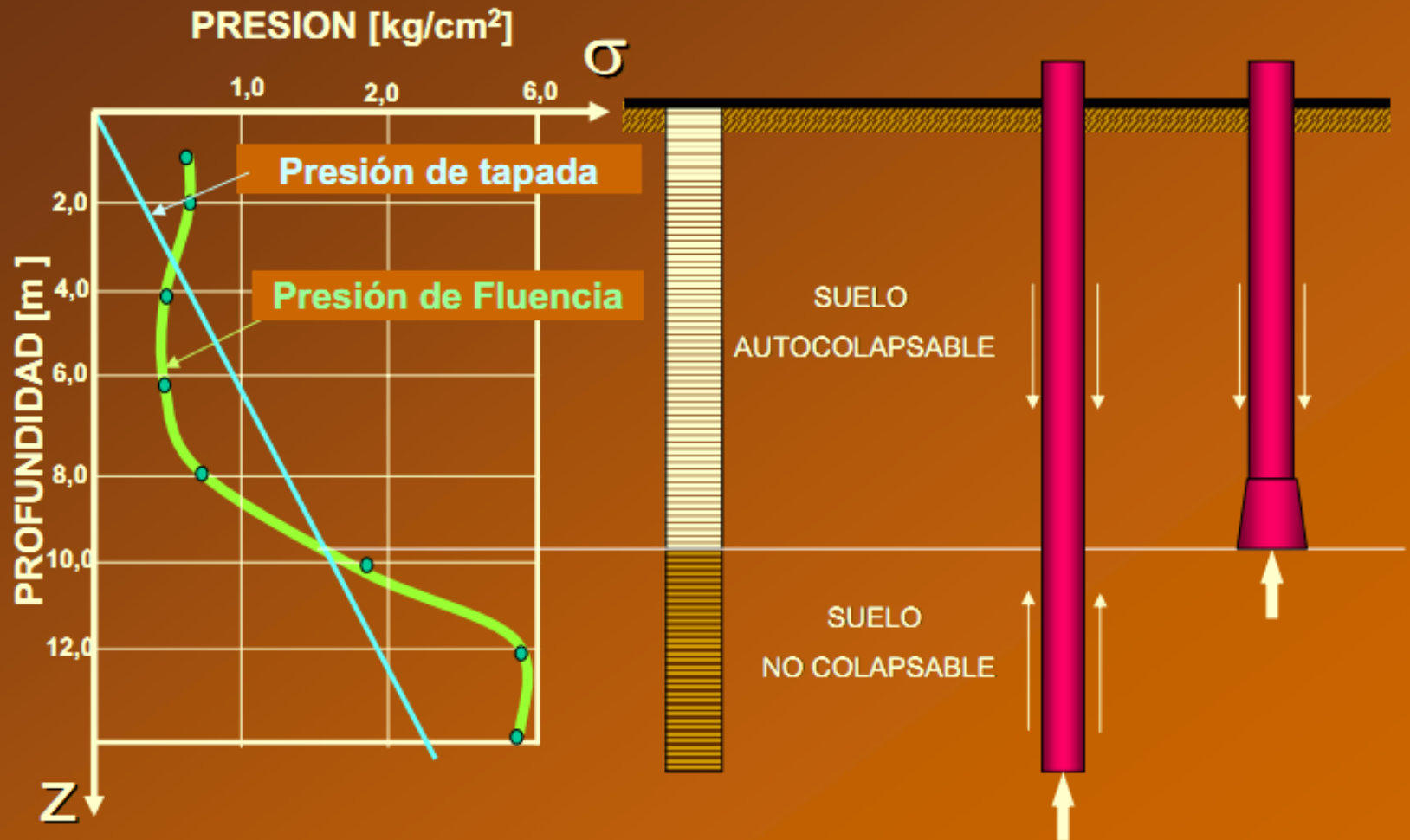
Ensayo Edométrico



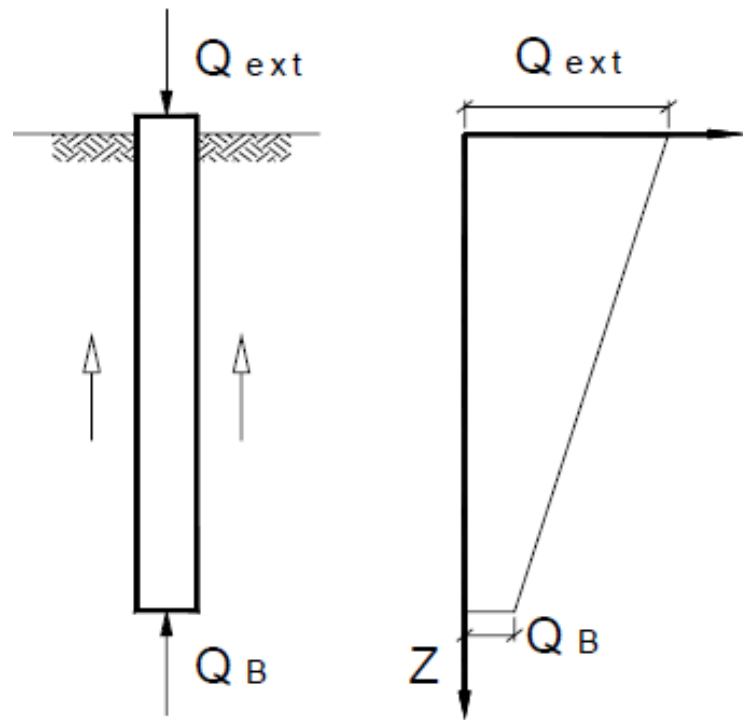




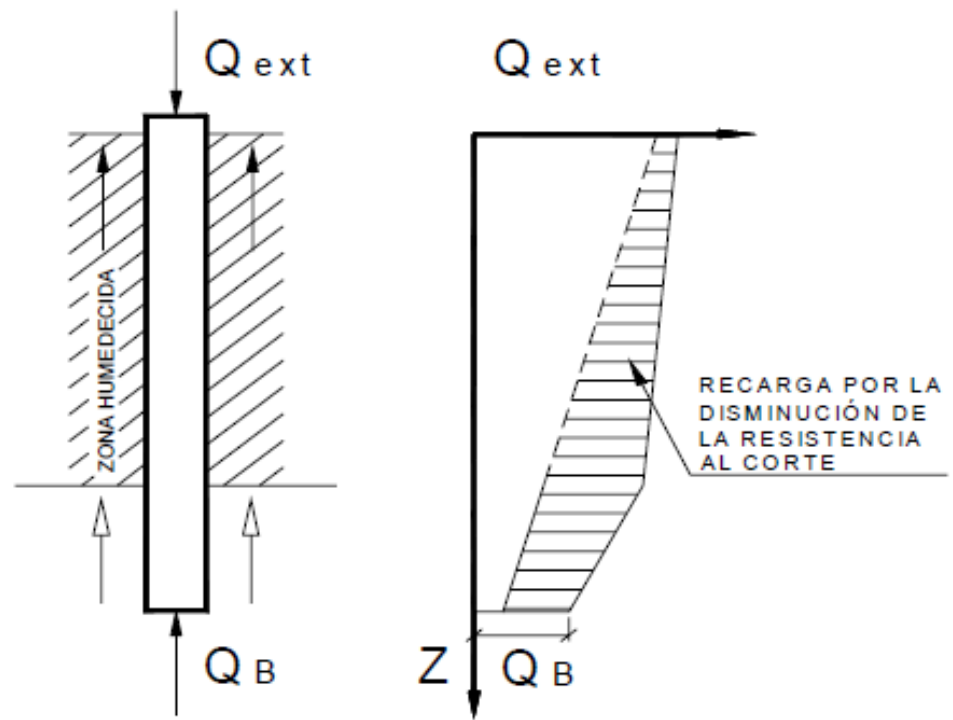
FUNDACIONES PROFUNDAS



PROCESO DE COLAPSO SUPERIOR

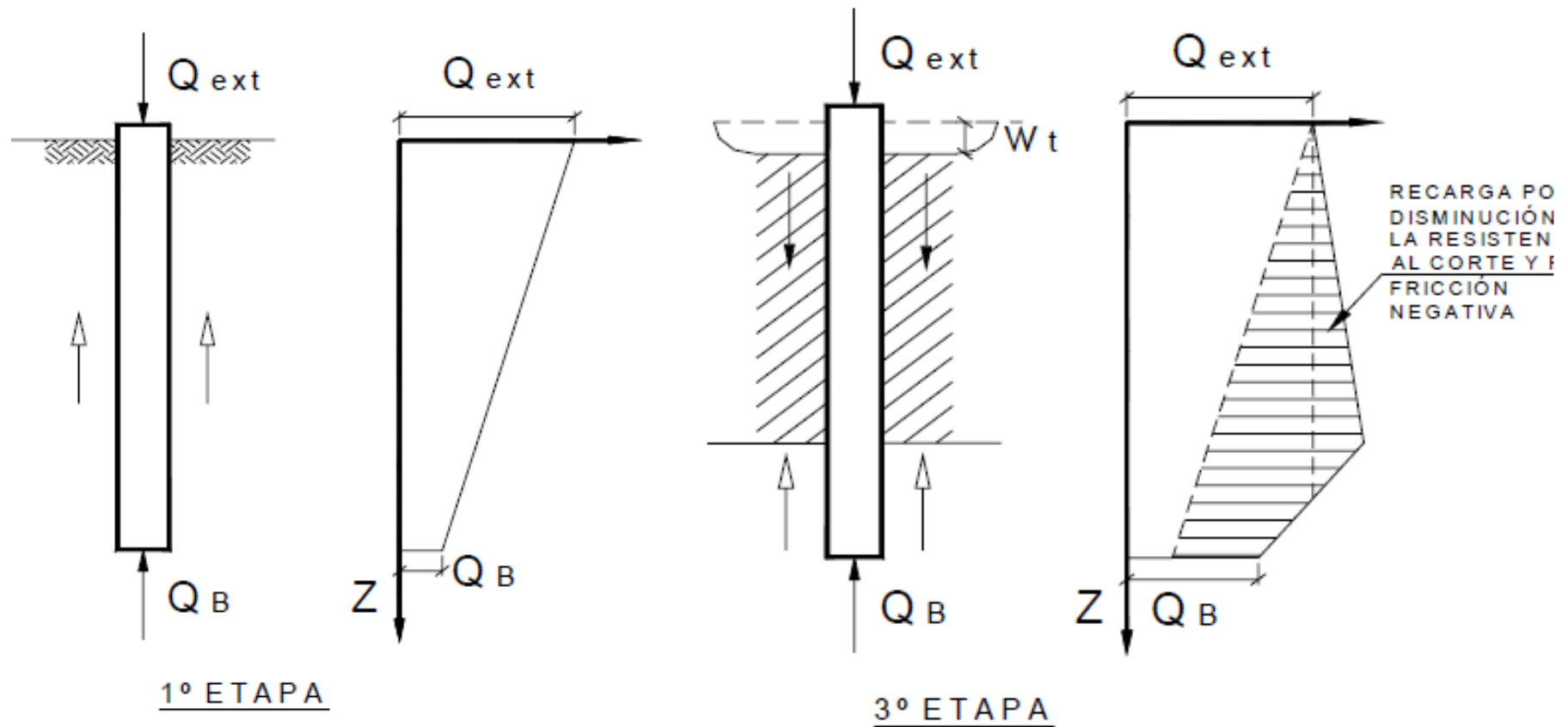


1º ETAPA



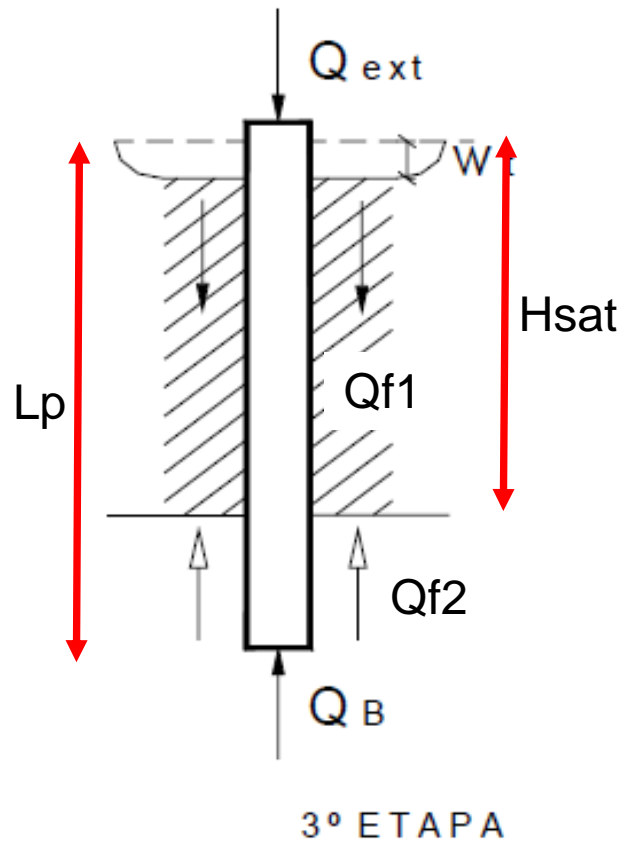
2º ETAPA

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES





LONGITUD REQUERIDA PILOTES “FLOTANTES”



$$Q_{ext} + Q_{f1} = Q_{f2}$$

$$Q_{ext} + \pi D_f H_{sat} \tau_{max1} = \pi D_f (L_p - H_{sat}) \tau_{max2}$$

$$\varepsilon = \frac{\tau_{max1}}{\tau_{max2}}$$

$$L_p = \frac{Q_{ext}}{\pi D_f \tau_{max2}} + H_{sat} (1 + \varepsilon)$$



Long. Resist fuste



Long. Adic
Colapso



Las soluciones se pueden dividir en (Aitchison, 1973):

- ✍ Tratamiento del suelo de modo de eliminar la tendencia al colapso
(Mejoramiento de suelos colapsables).
- ✍ Diseño de elementos constructivos que disminuyan la posibilidad de colapso
(Evitar el colapso)
- ✍ Diseño de estructuras y/o fundaciones insensibles a los asentamientos por colapso
(Fundaciones profundas)



EVITAR EL COLAPSO

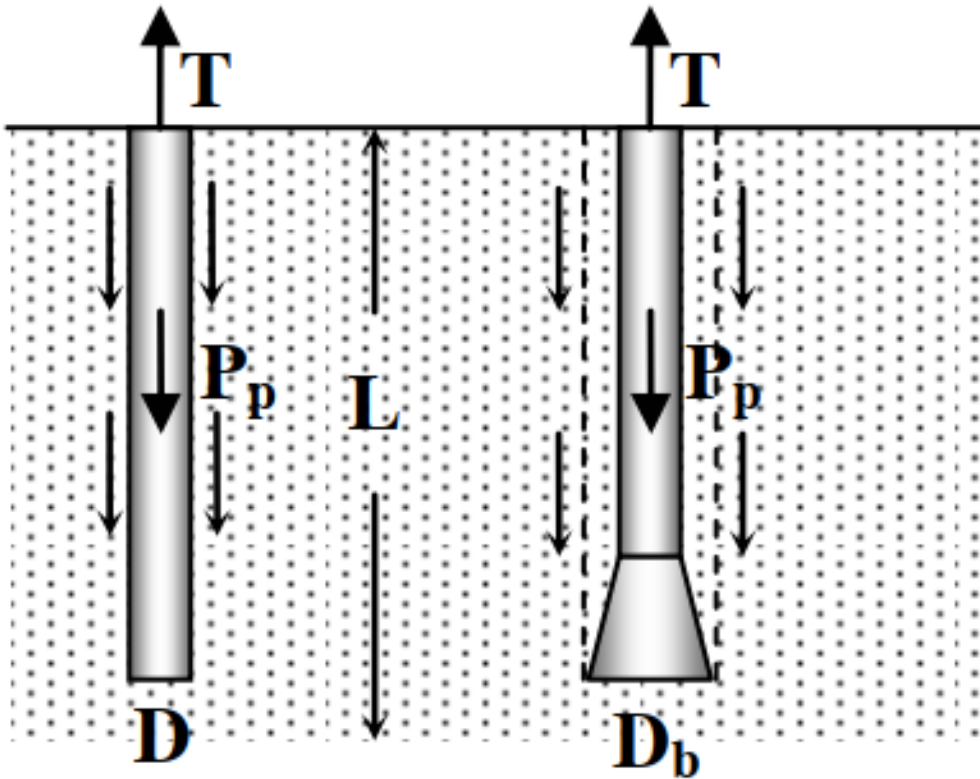
=

IMPEDIR EL HUMEDECIMIENTO DEL TERRENO

- ✍ Pendientes adecuadas en la superficie del terreno que rodea la construcción (elevar la cota de piso)
- ✍ Canalización de los desagües de techos y patios hacia el exterior
- ✍ Veredas perimetrales amplias que impidan la infiltración de agua en el suelo subyacente.
- ✍ En zonas húmedas (baños, lavadero, y cocina), realizar losas sanitarias.
- ✍ Encerrar las conducciones de agua e efluentes cloacales dentro de conductos de fácil acceso, a los efectos de poder detectar posibles pérdidas.



PILOTES TRACCIONADOS



Pilotes Esbeltos

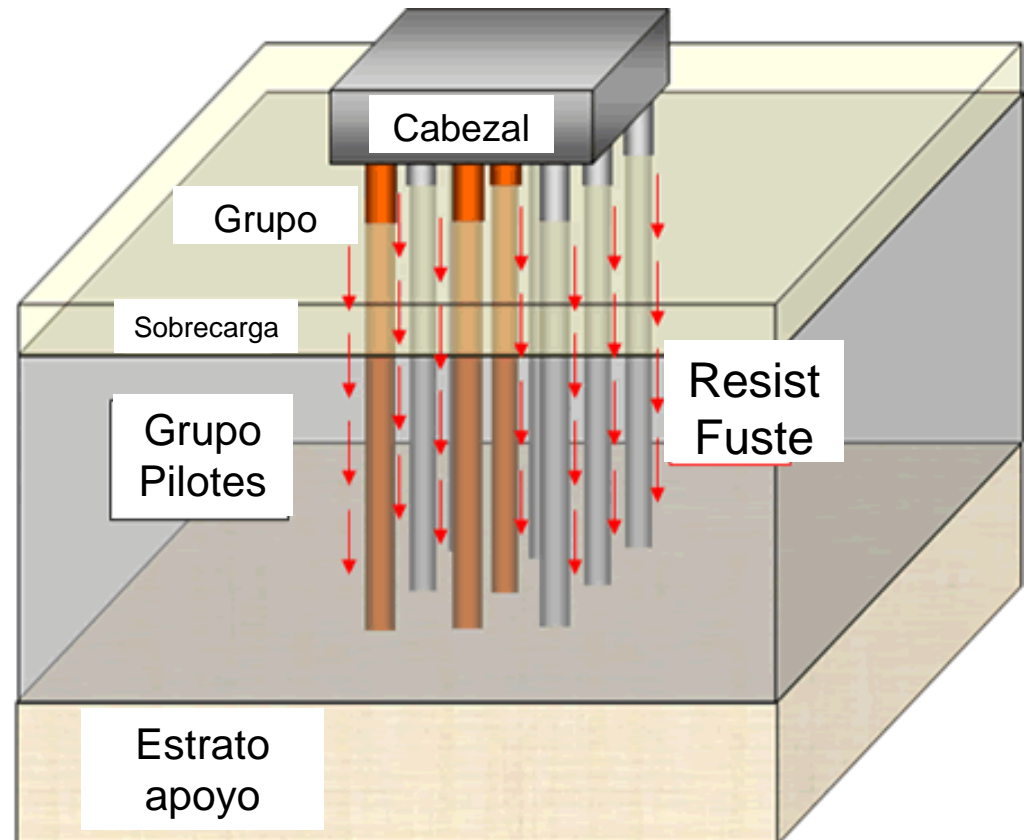
$$T_u = \pi \cdot D_b \cdot L \cdot \tau_{suelo} + P_p$$



CIMENTACIONES PROFUNDAS (2º parte)

GRUPO DE PILOTES

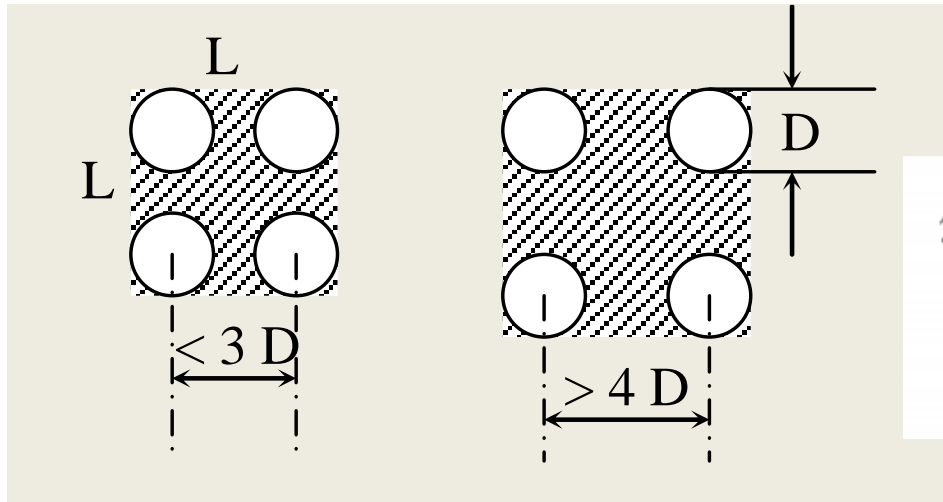
- Capacidad de Carga.
- Cabezales de Pilotes





GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\Sigma Q_u} = \frac{f_{\text{prom}} [2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D]L}{n_1 n_2 p L f_{\text{prom}}} \\ = \frac{2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D}{p n_1 n_2}$$

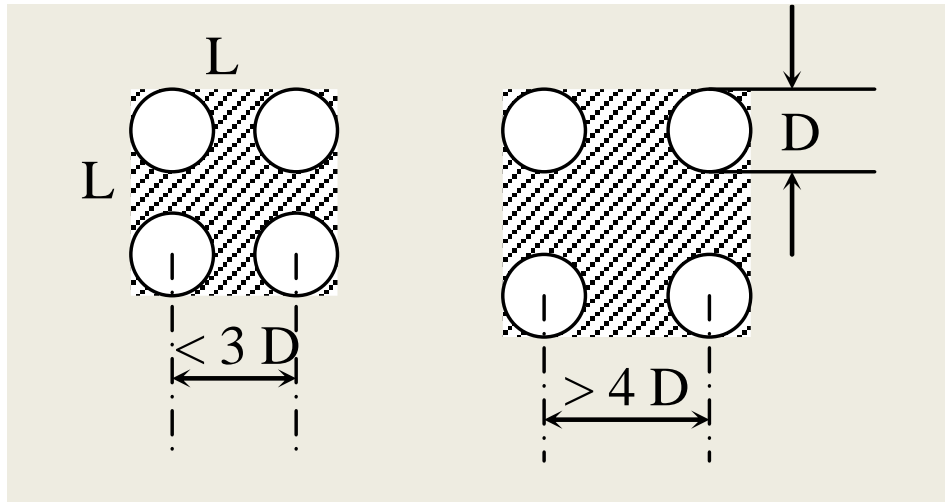
**Pilotes en Suelos
Friccionales**

$$Q_{g(u)} = \left[\frac{2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D}{p n_1 n_2} \right] \Sigma Q_u$$



GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



Pilotes en Suelos Friccionales

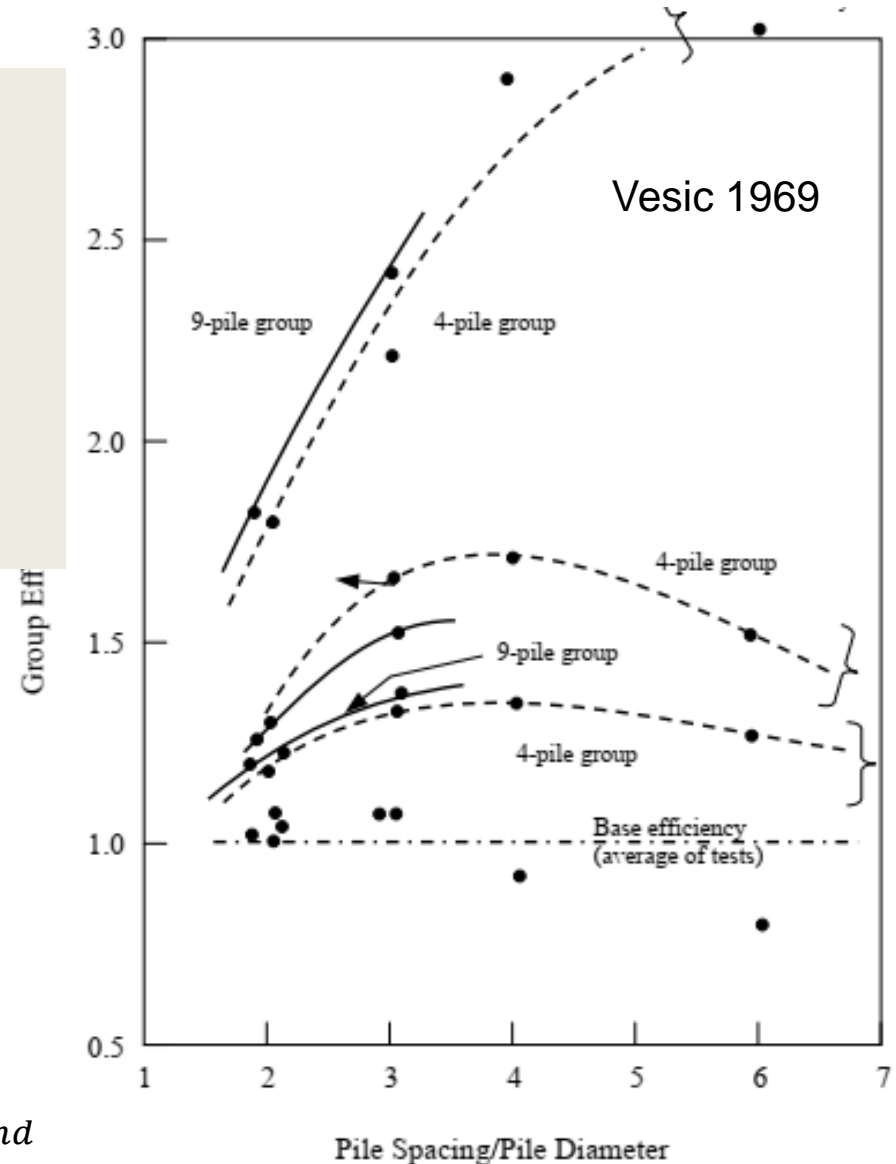
$$Q_{\text{grupo}} = \eta \cdot \sum Q_{\text{indiv.}}$$

Hincados

$$Q_g = \sum Q_{\text{ind}}$$

Excavados

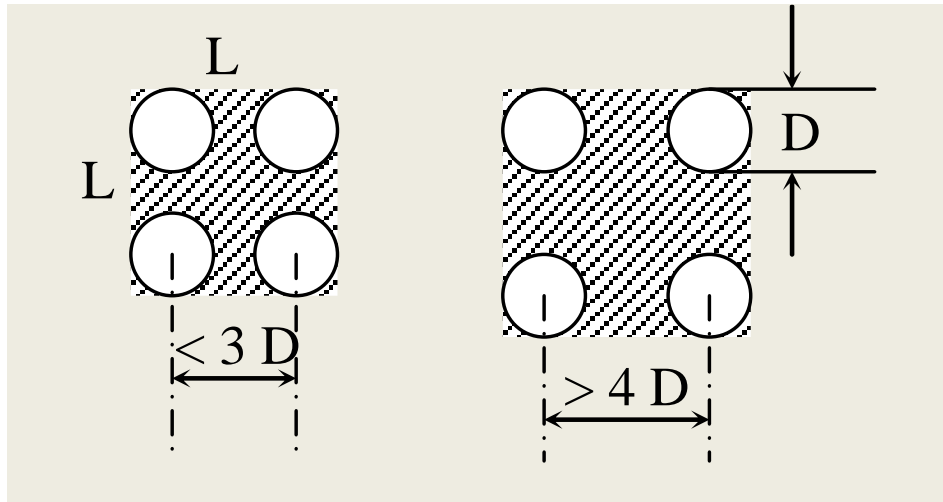
$$Q_g = 0,70 \sum Q_{\text{ind}}$$





GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



**Pilotes en Suelos
Cohesivos**

$$Q_{\text{grupo}} = \eta \cdot \Sigma Q_{\text{indiv.}}$$

Pilotes en arcilla → $Q_{\text{grupo}} = \eta \cdot \Sigma Q_{\text{indiv.}}$

Siendo

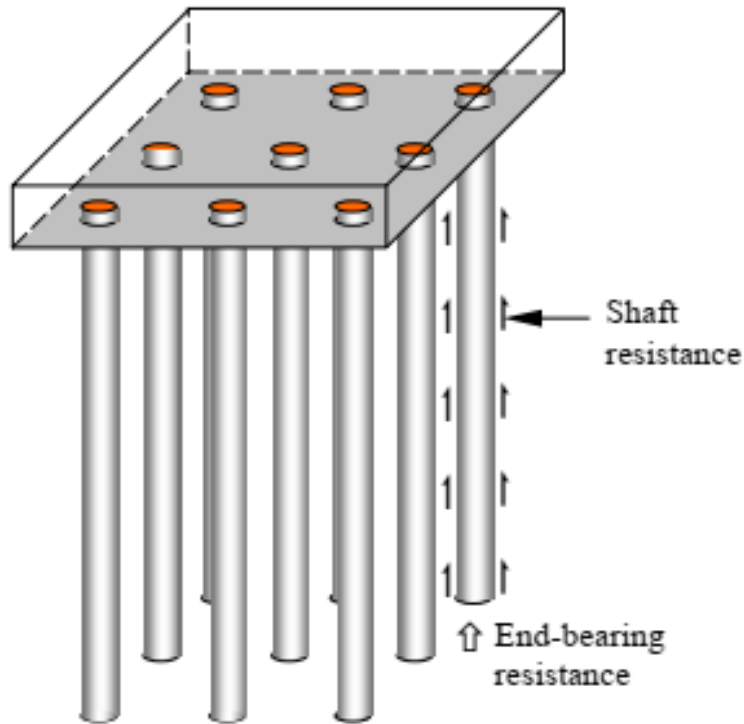
$$\eta = 1 - \frac{\arctg(s/D)}{\pi} \cdot \frac{[m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2}(m-1)(n-1)]}{m \cdot n}$$

m = n° de pilotes por fila y n = n° de pilotes por columna

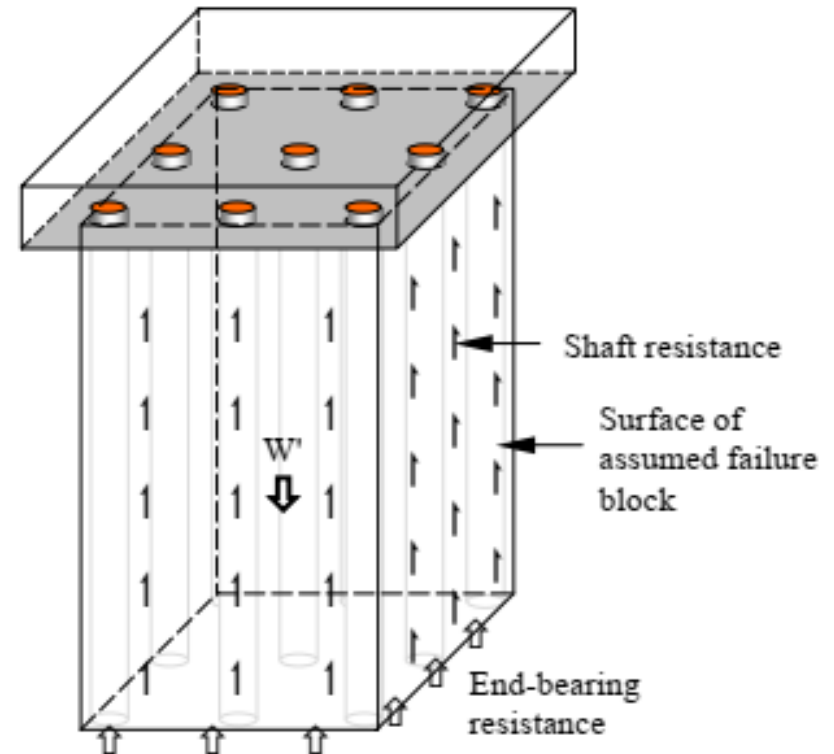
GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS

Pilotes en Suelos Cohesivos



(a) Single Pile Failure



(c) Block Failure

$$Q_{grupo} = \eta \cdot \Sigma Q_{indiv.}$$

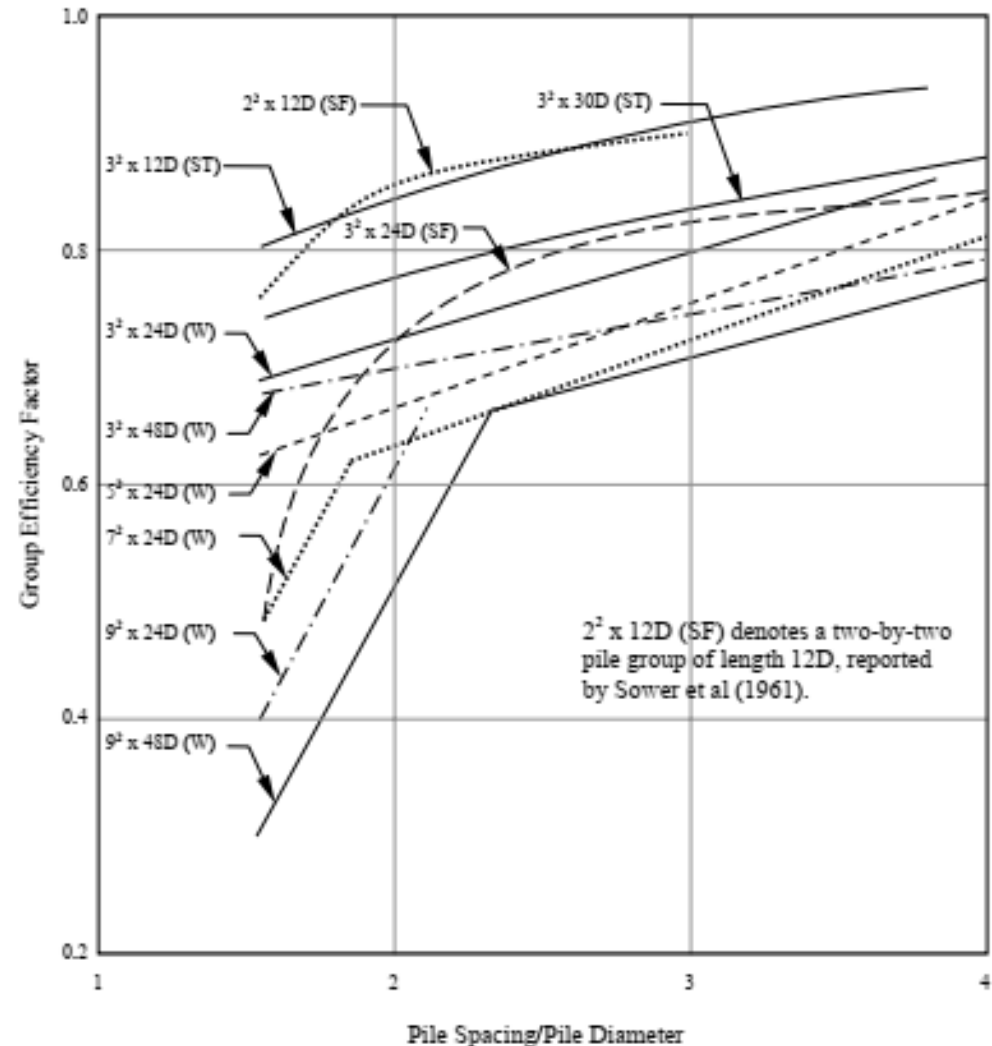
$$Q_g = Q_{fg} + Q_{pg}$$



GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS

Pilotes en Suelos Cohesivos



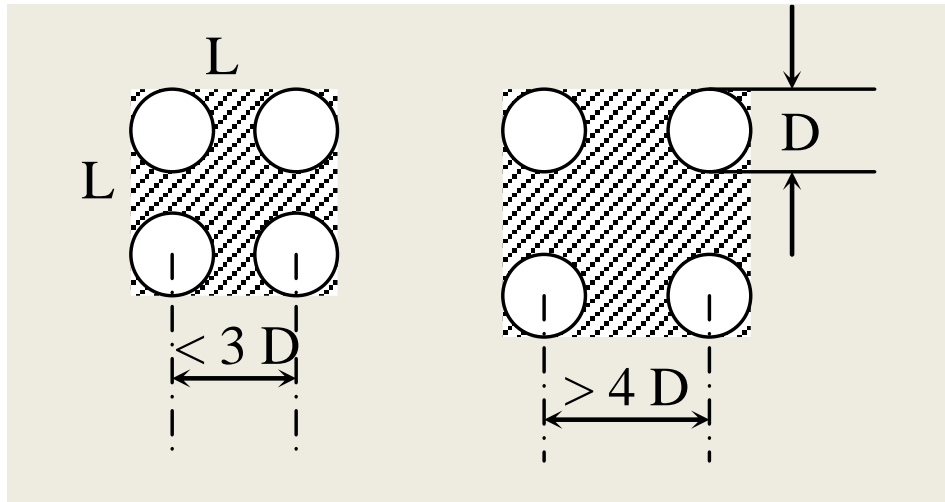
$$Q_{grupo} = \eta \cdot \sum Q_{indiv.}$$

De Mello (1969)

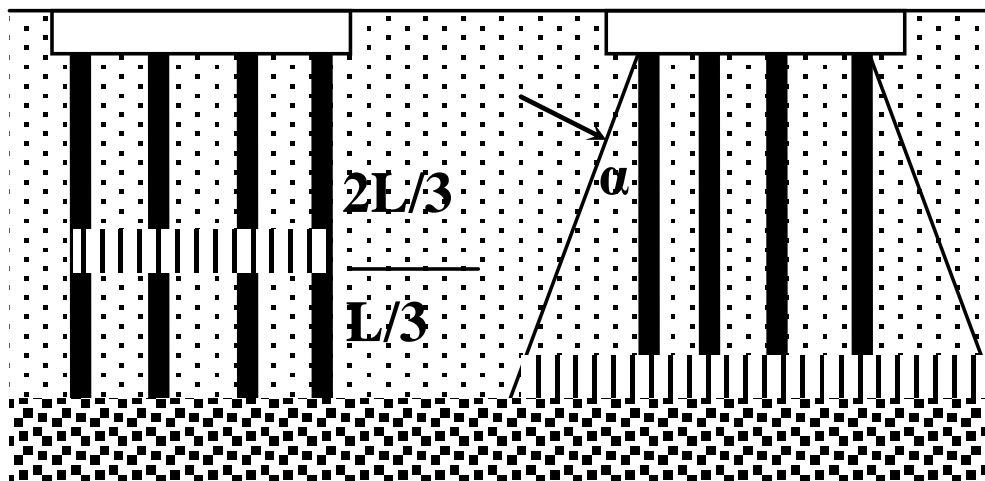


GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



$$Q_{\text{grupo}} = \eta \cdot \sum Q_{\text{indiv.}}$$

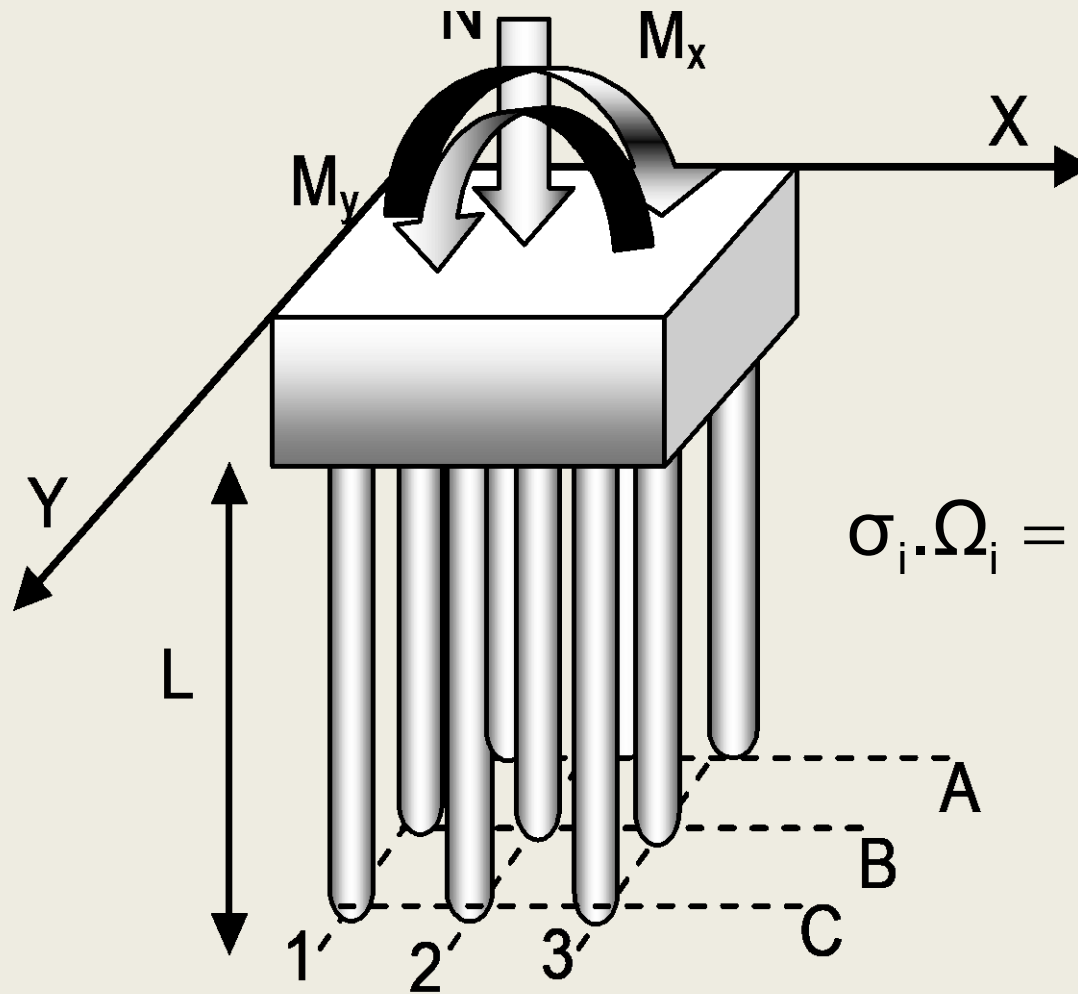


Tipo de suelo	α
Arcilla blanda	10°
Arcilla compacta	20°
Arenas	30°



GRUPO DE PILOTES

SOLICITACIONES EN PILOTES DEL GRUPO

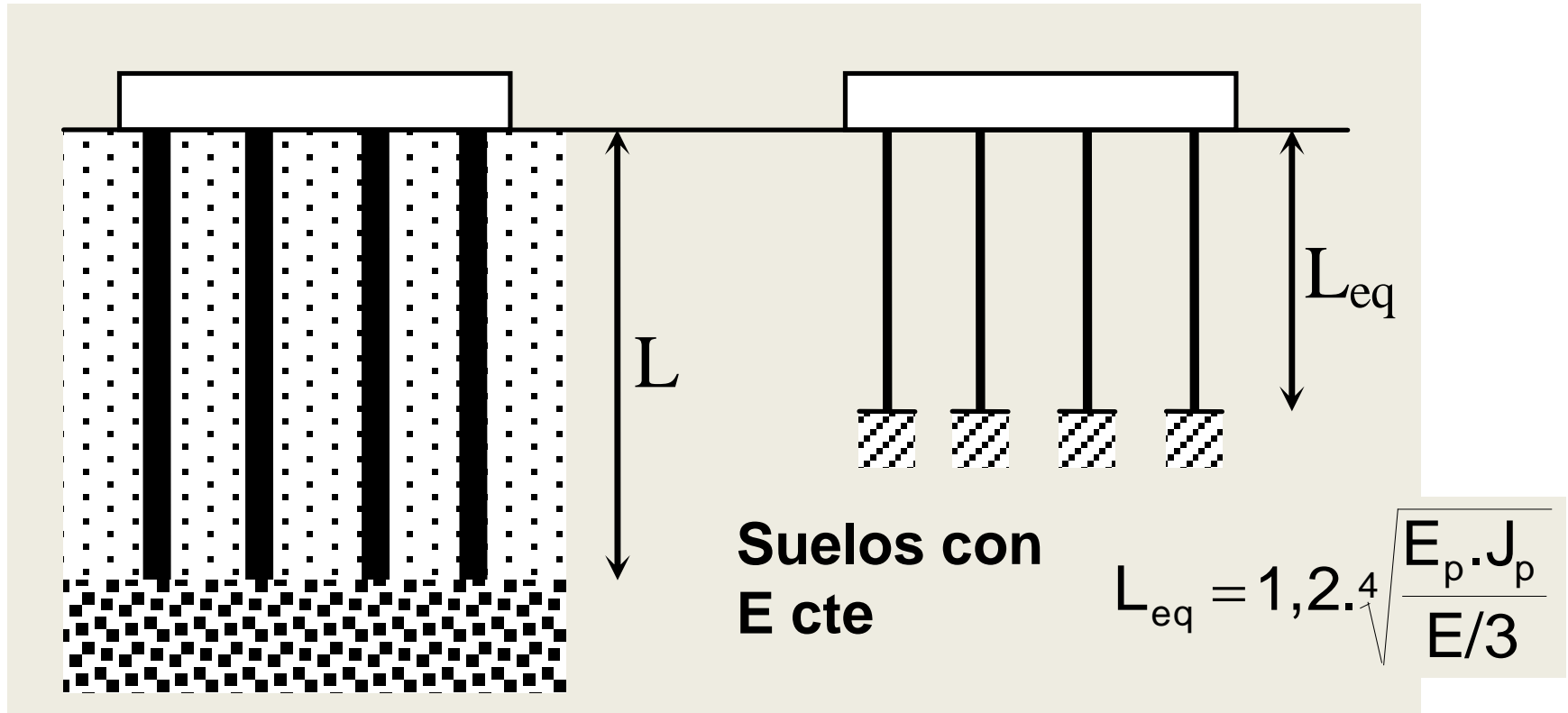


$$\sigma_i \cdot \Omega_i = P_i = \frac{N}{n} \pm \frac{M_y \cdot y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_x \cdot x_i}{\sum x_i^2}$$



GRUPO DE PILOTES

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS (Modelaciones)



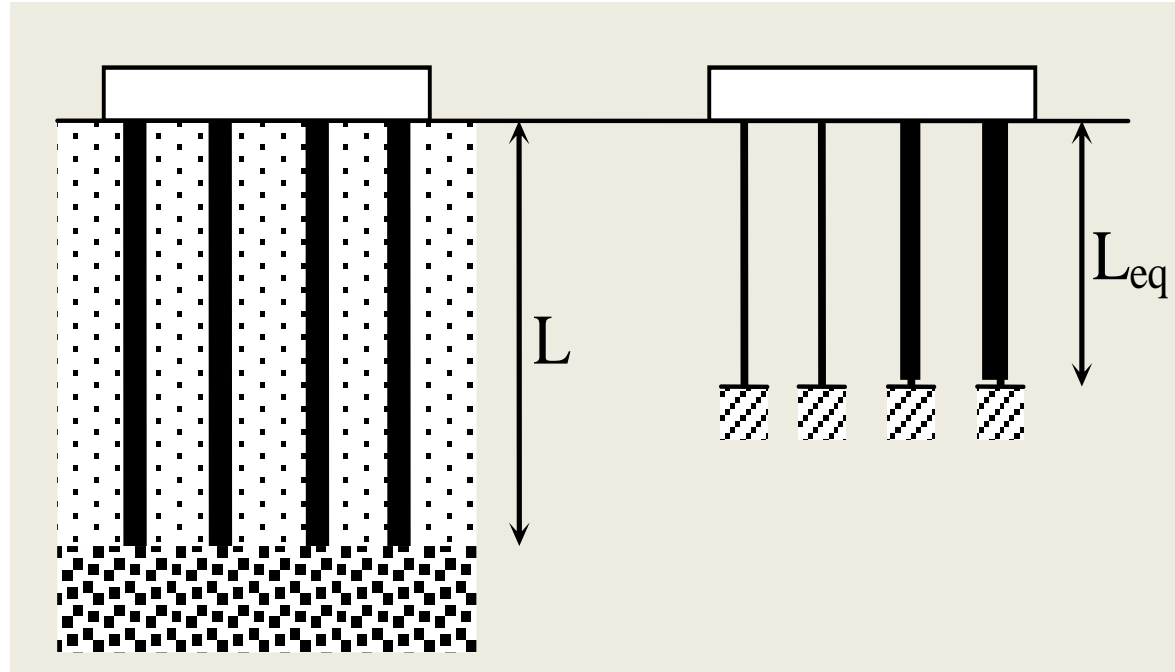
Suelos con E variable

$$L_{eq} = 1,2f \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot J_p}{E_z/E}}$$

E_o/E_z	f
0,0	1,70
0,5	1,25
1,0	1,00

GRUPO DE PILOTES

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS (Modelaciones)



Distribución de Esfuerzo por Rigidez

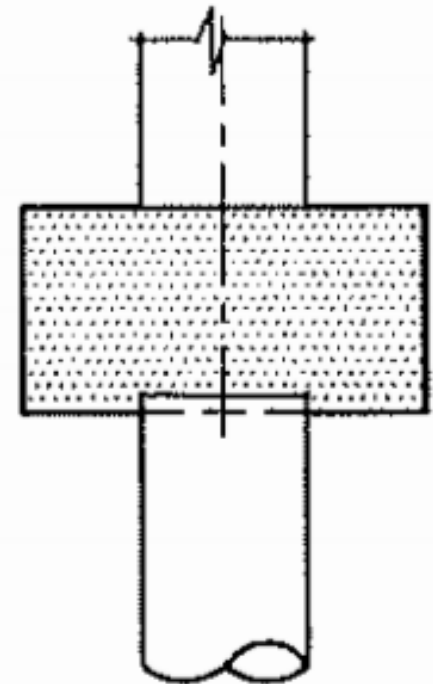
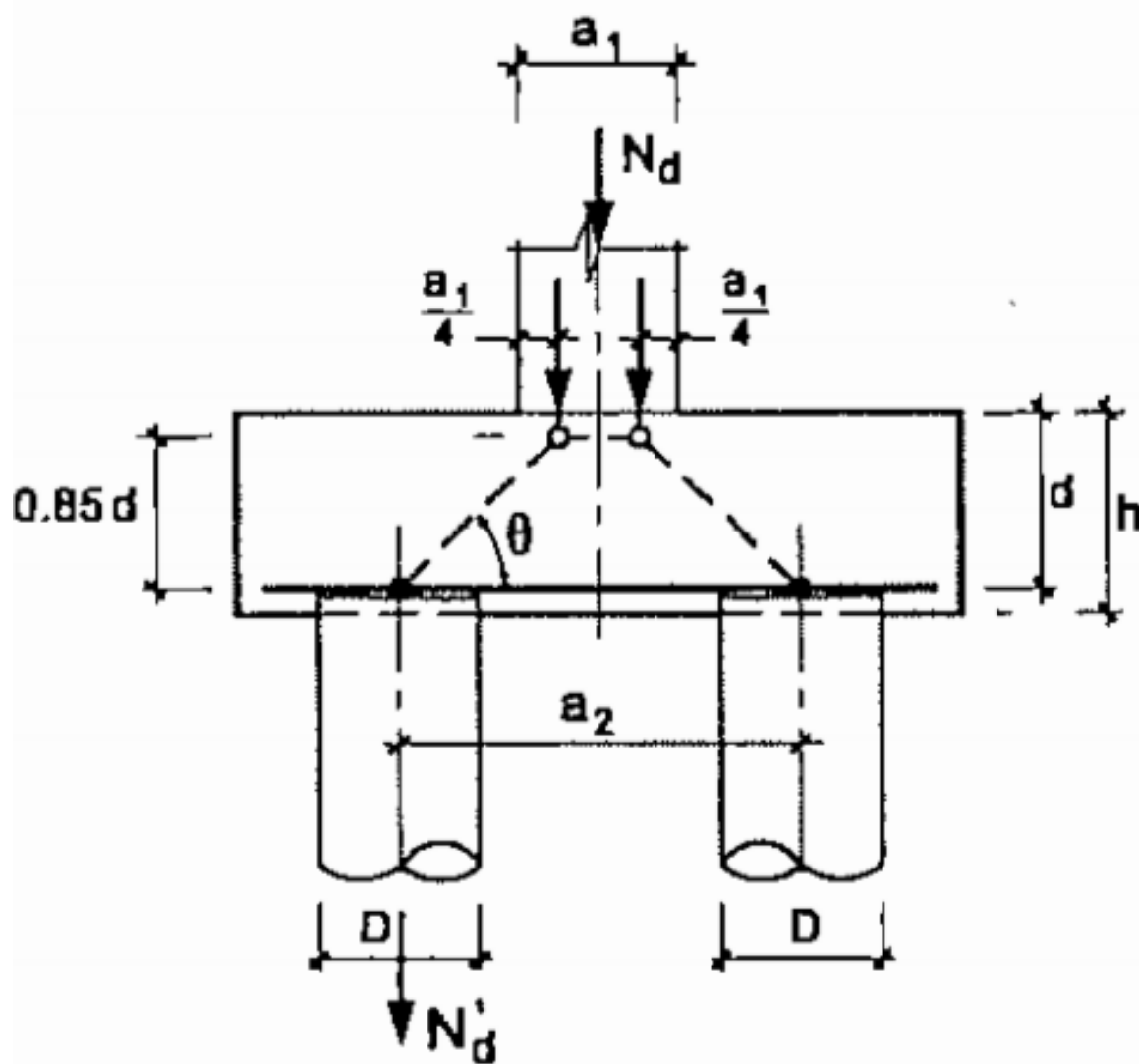
$$H_{ix} = \frac{H_x \cdot R_i}{\sum R_i}$$

Influencia de los Momentos en la Rigidez

$$\Delta H_{ix} = \frac{M_x \cdot R_{iLx} \cdot y_i}{\sum R_{iLx} \cdot y_i^2}$$

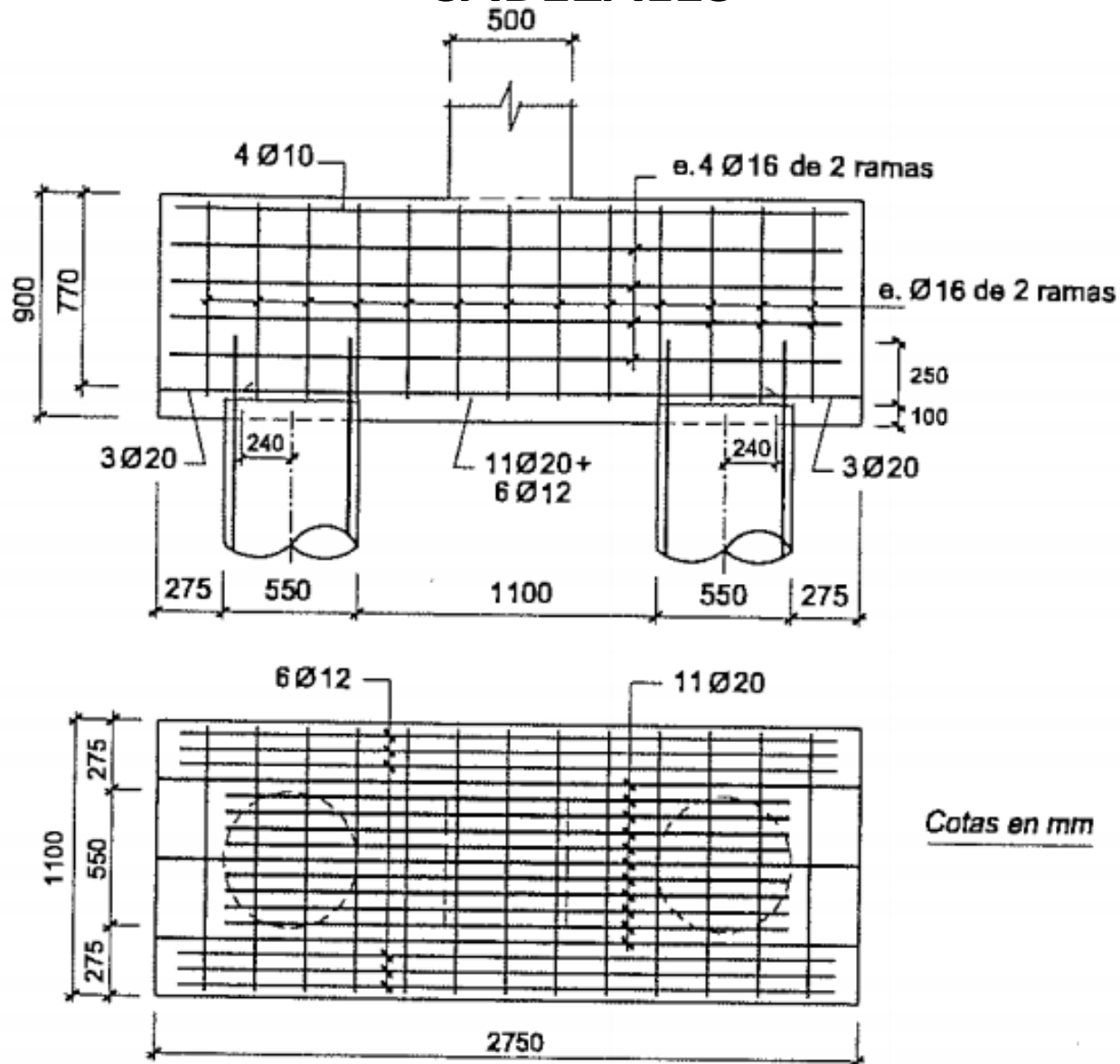


GRUPO DE PILOTES CABEZALES

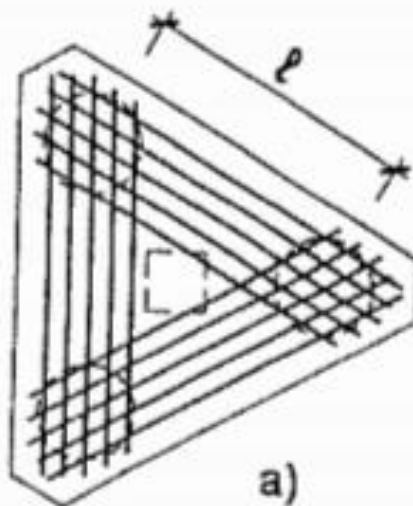
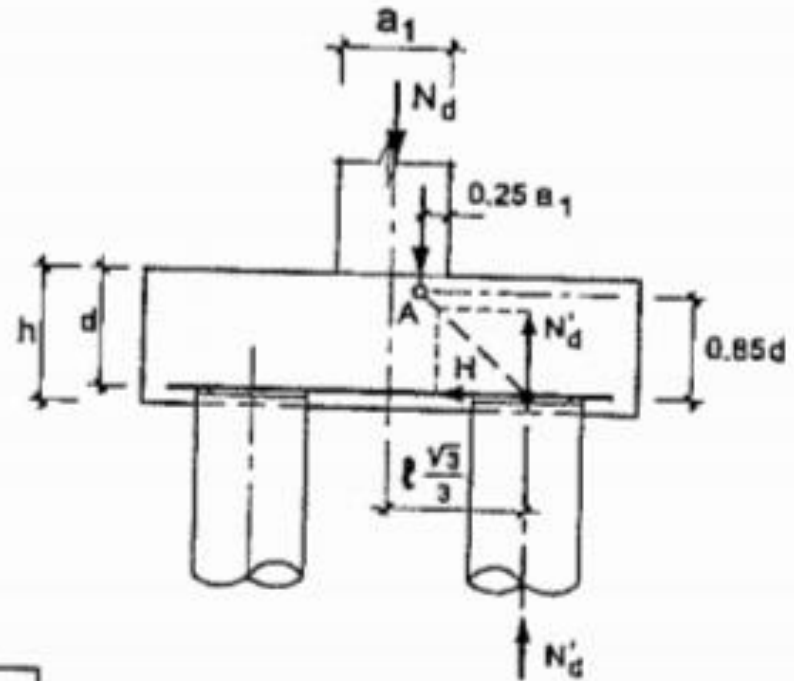
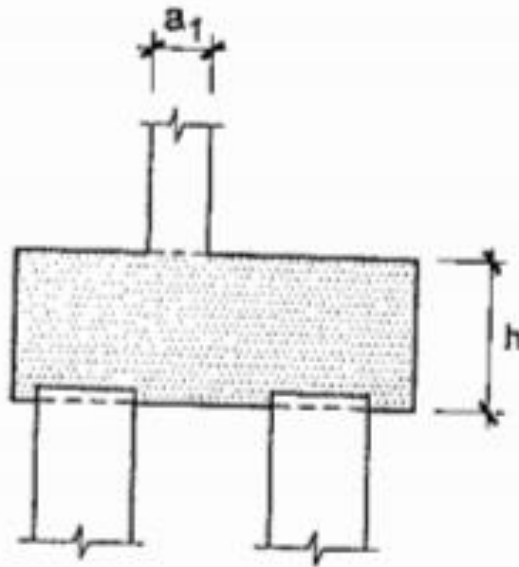




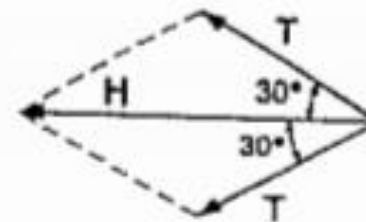
GRUPO DE PILOTES CABEZALES



GRUPO DE PILOTES CABEZALES



$$l \leq 2,6 h$$

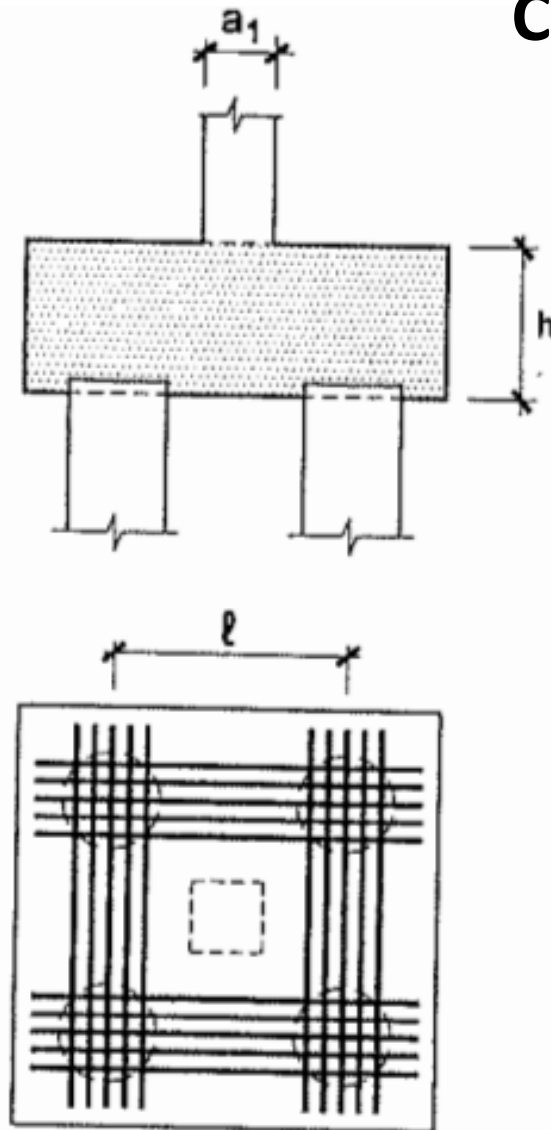


a)

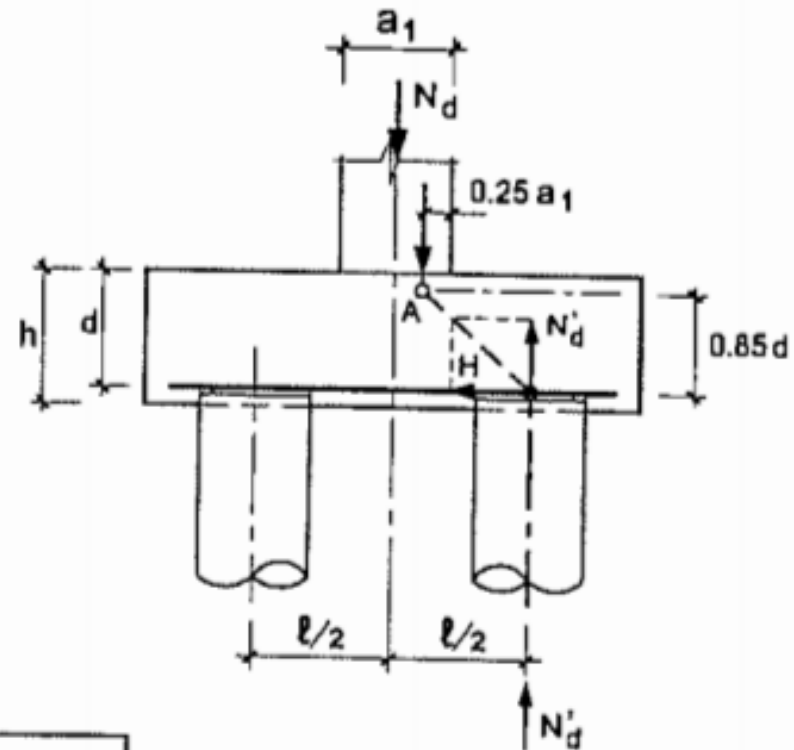
b)



GRUPO DE PILOTES CABEZALES



a)



$$\ell \leq 3h$$

b)



CIMENTACIONES PROFUNDAS

(2º parte)

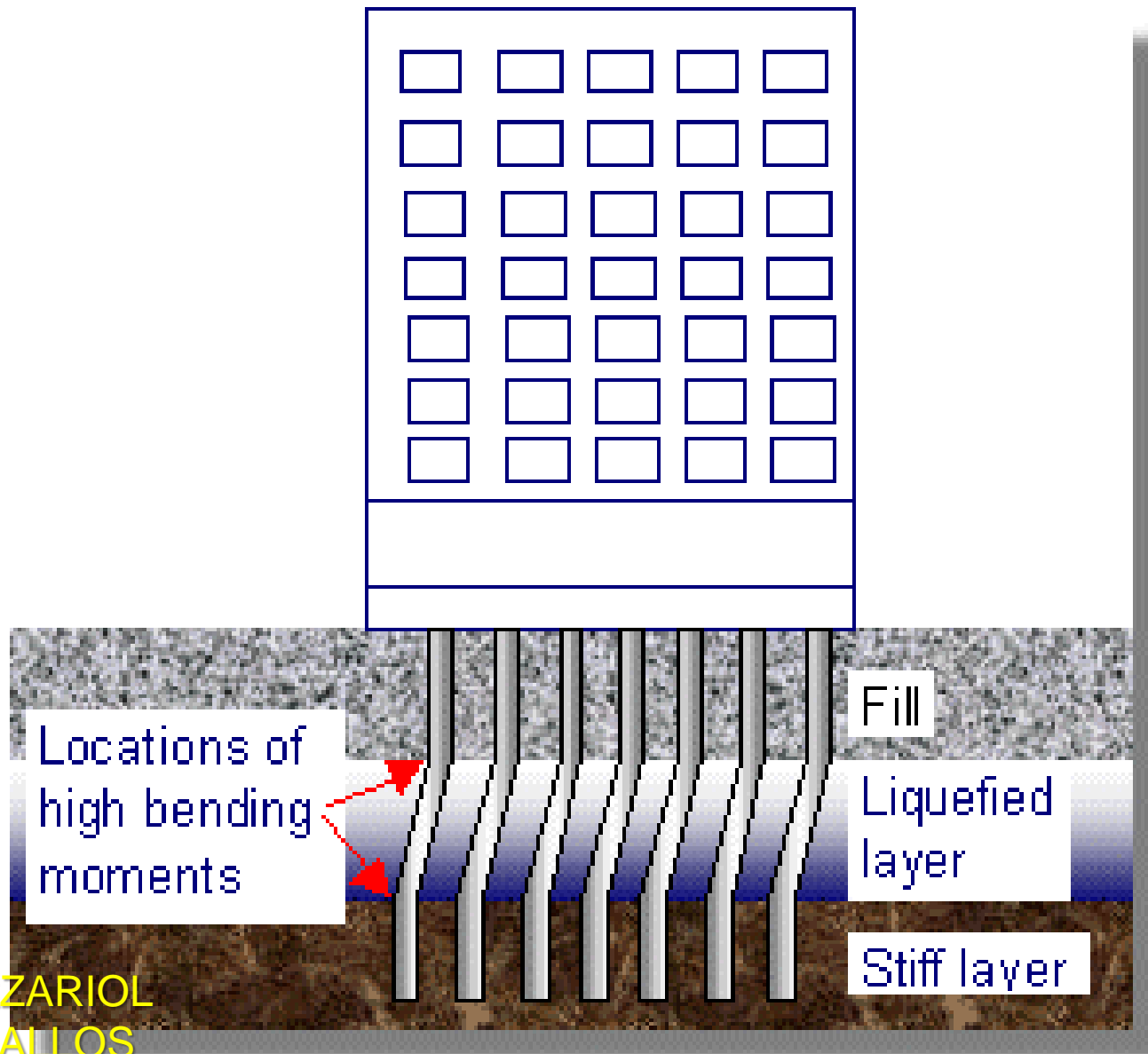
SOLICITACIONES HORIZONTALES

- **Caracterización de Problema.**
- **Identificacación de Parámetros.**
- **Diseño**

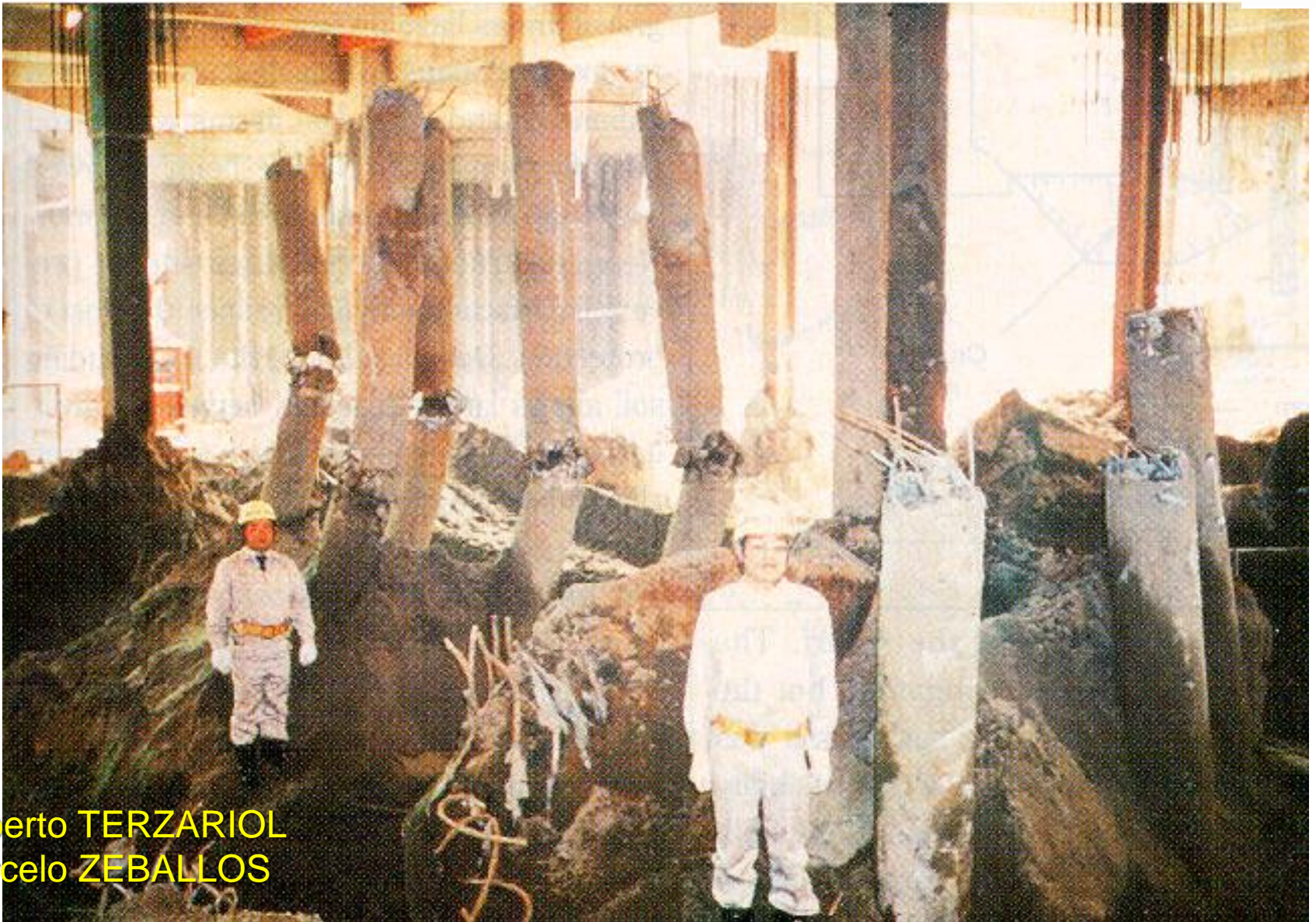
Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES

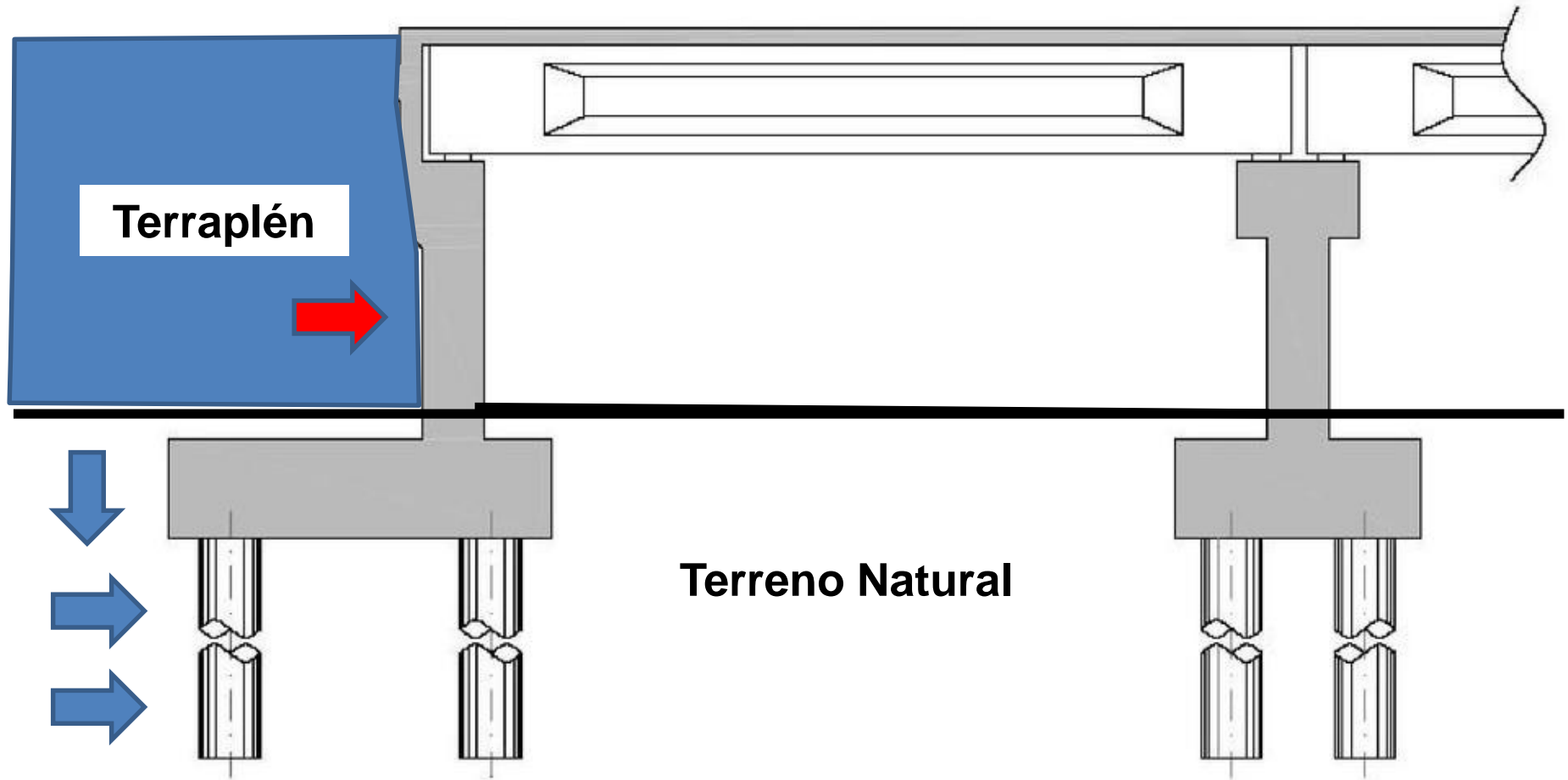


ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES



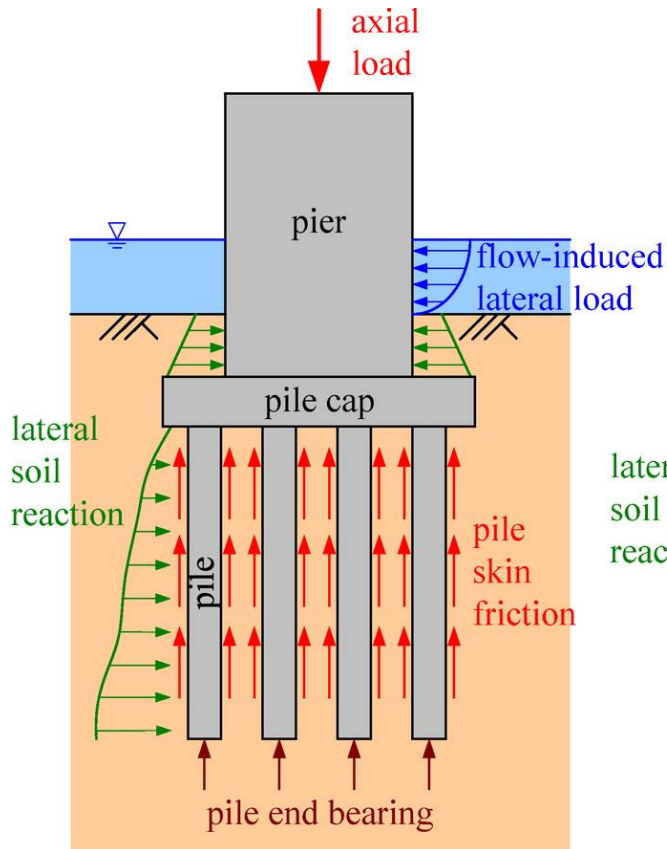
Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES

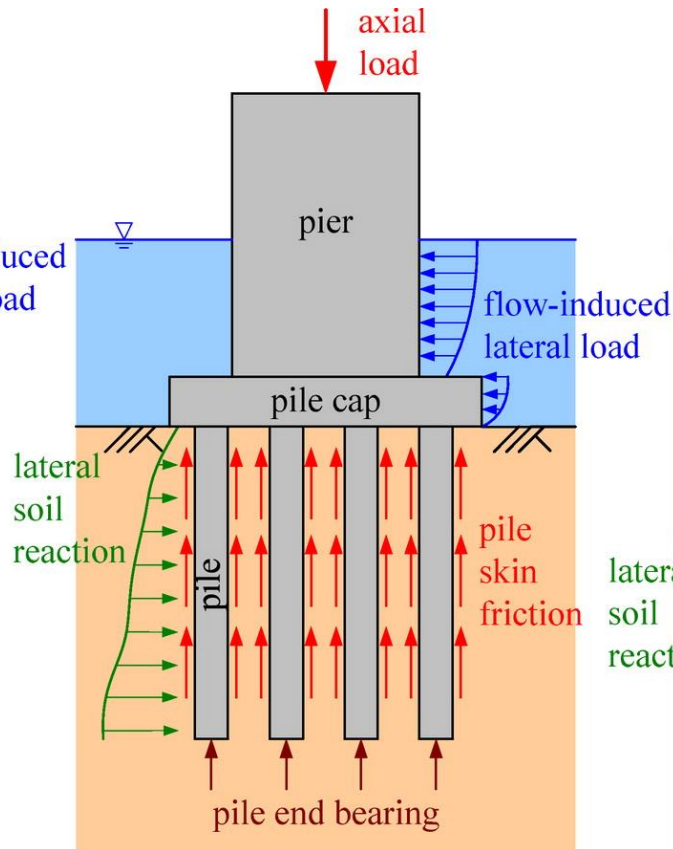




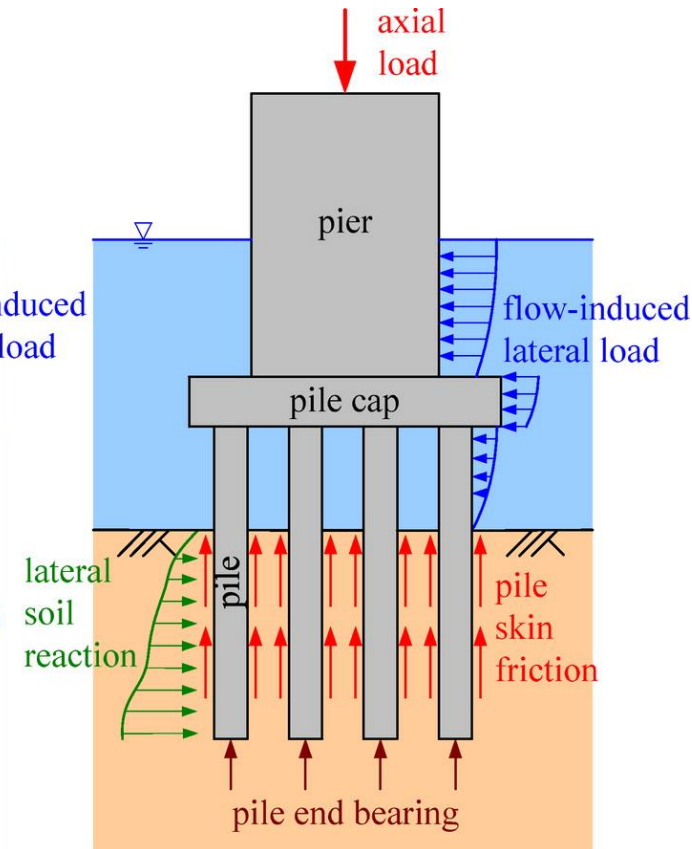
ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES



Before scour



**After scour
(pile cap exposed)**



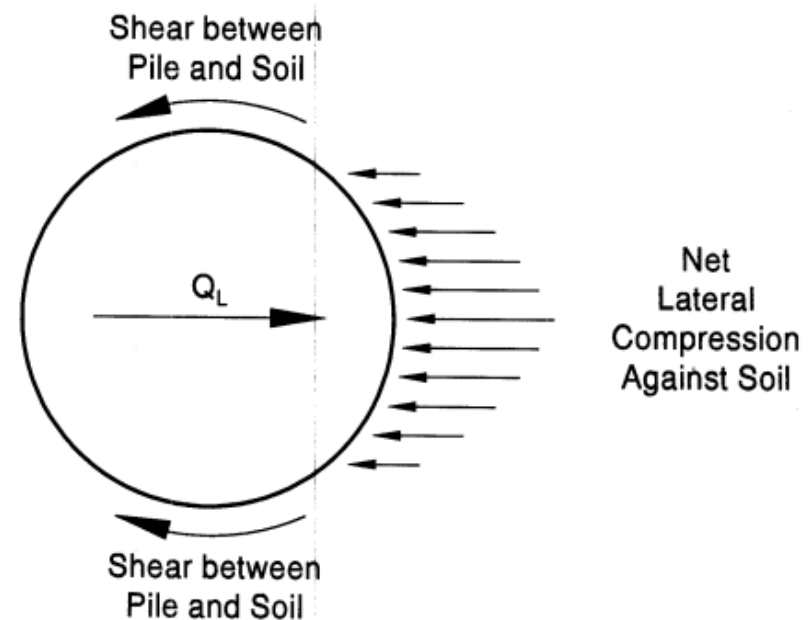
**After scour
(pile partially exposed)**



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

CONSIDERACIONES GENERALES

- Problema de interacción complejo entre elemento estructural (pilote) y medio continuo (suelo)
- Valoración de los componentes del problema:
 - Pilote → Elemento de comportamiento semi rígido
 - Suelos → Medio continuo, con comportamiento inicial elástico y plastificación posterior.



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

CONSIDERACIONES GENERALES



Factores:

• Suelo

- Tipo de suelo y propiedades físicas, tales como: resistencia no drenada, ángulos de fricción, peso unitario, grado de saturación.
- Módulo de reacción o coeficiente de compresibilidad horizontal. Relación entre la presión lateral aplicada (kPa) y el desplazamiento (m).

• Pilote

- Parámetros físico y geométricos: forma, dimensiones, materiales
- Condiciones de libertad en el cabezal del pilote
- Formas de ejecución del pilote
- Trabajo en grupo

• Formas de aplicación de la carga

- Condición estática – dinámica
- Condición permanente – temporaria
- Fuerzas - momentos

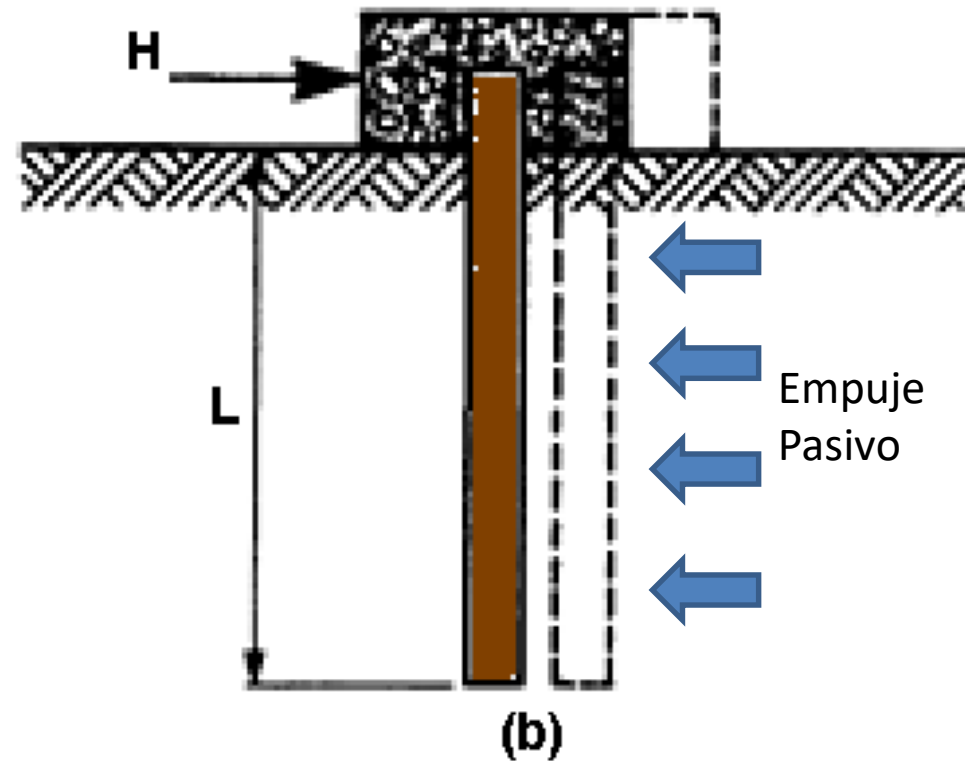
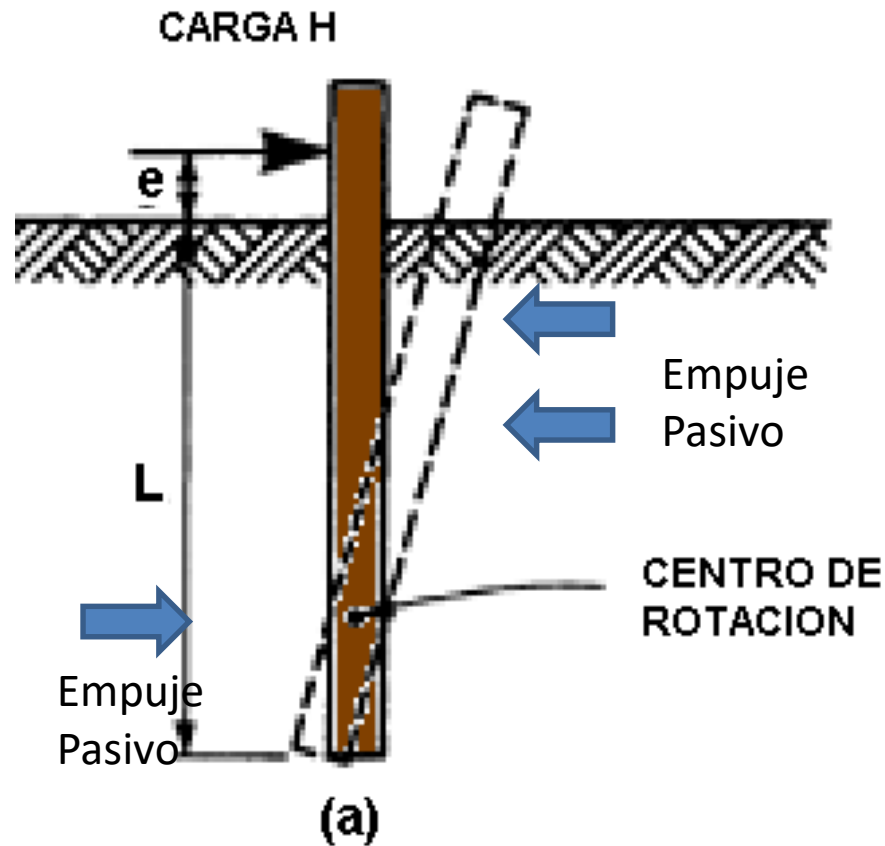
Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

MODELO DE COMPORTAMIENTO

Esquema de Trabajo en Pilote Corto

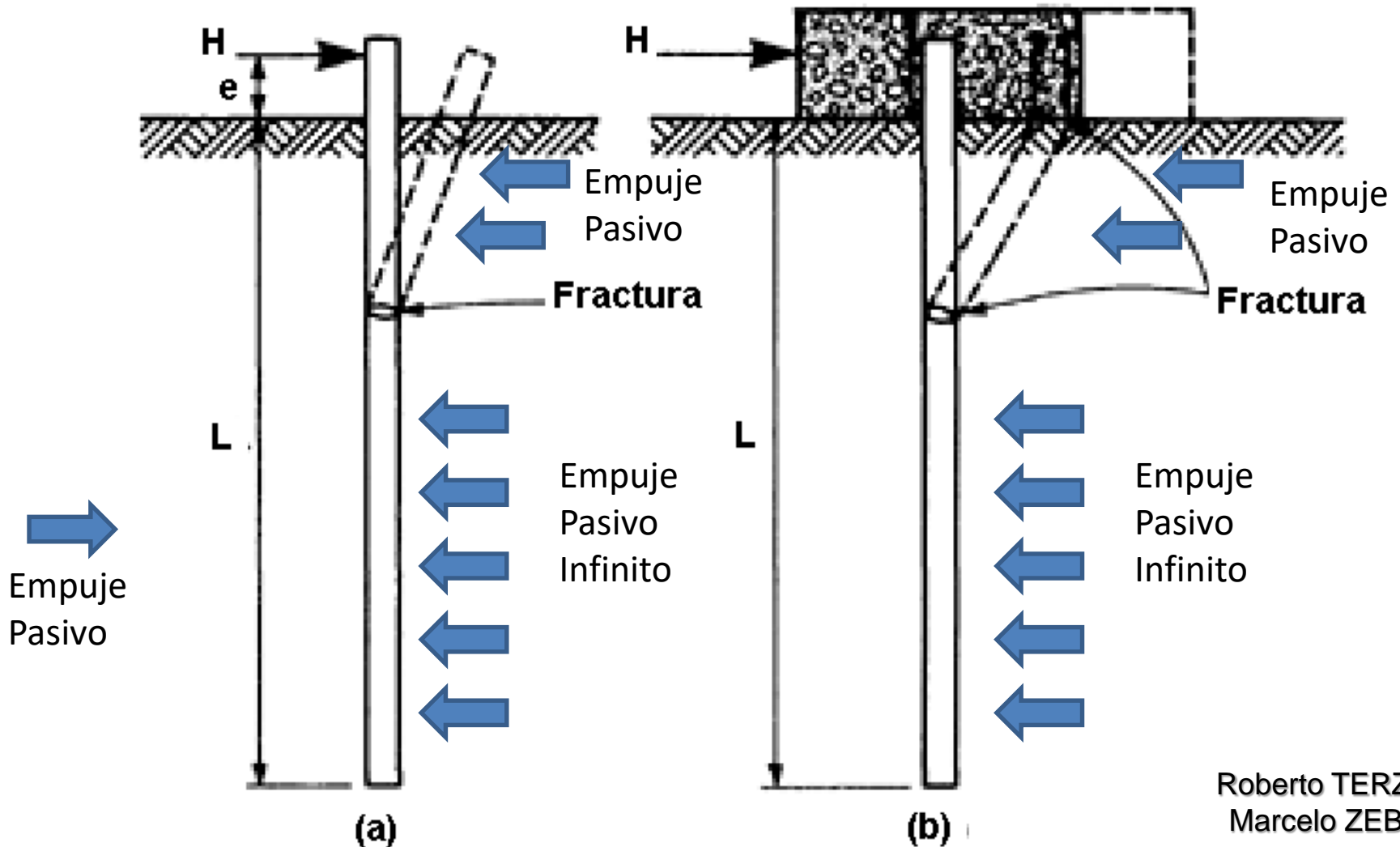




PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

MODELO DE COMPORTAMIENTO

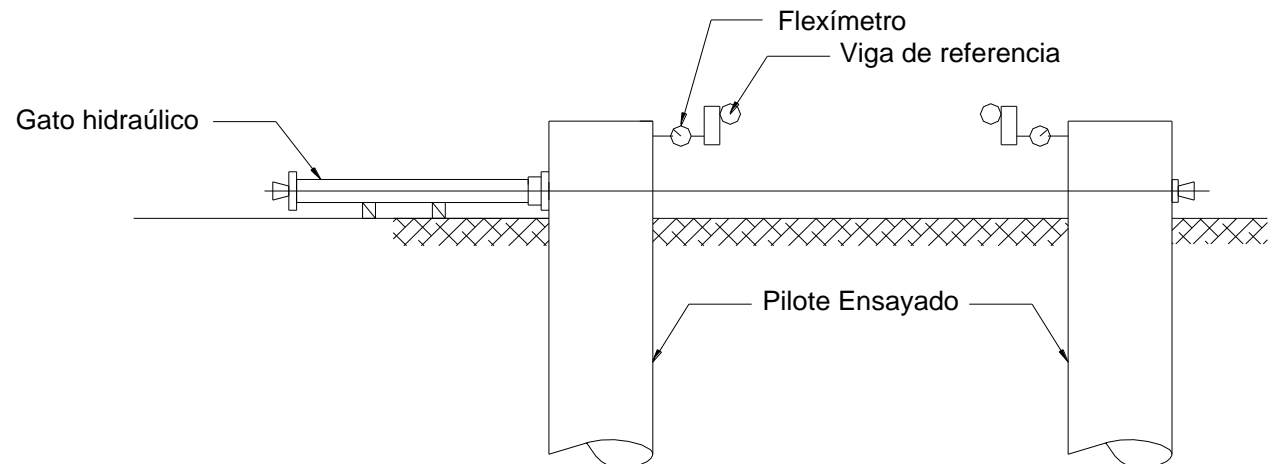
Esquema de Trabajo en Pilote Largo





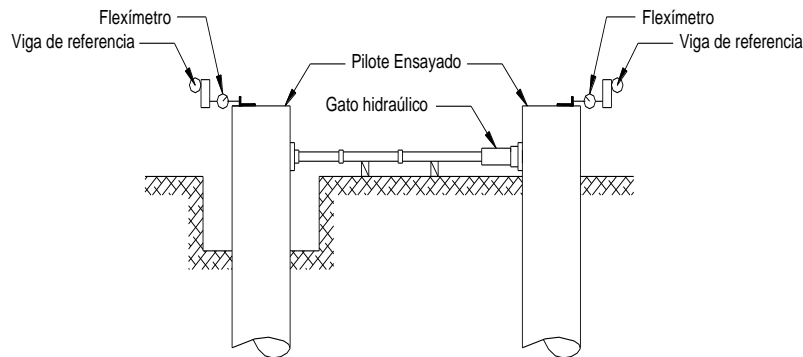
PARAMETROS CARACTERISTICOS

MÓDULO DE REACCION K



PARAMETROS CARACTERISTICOS

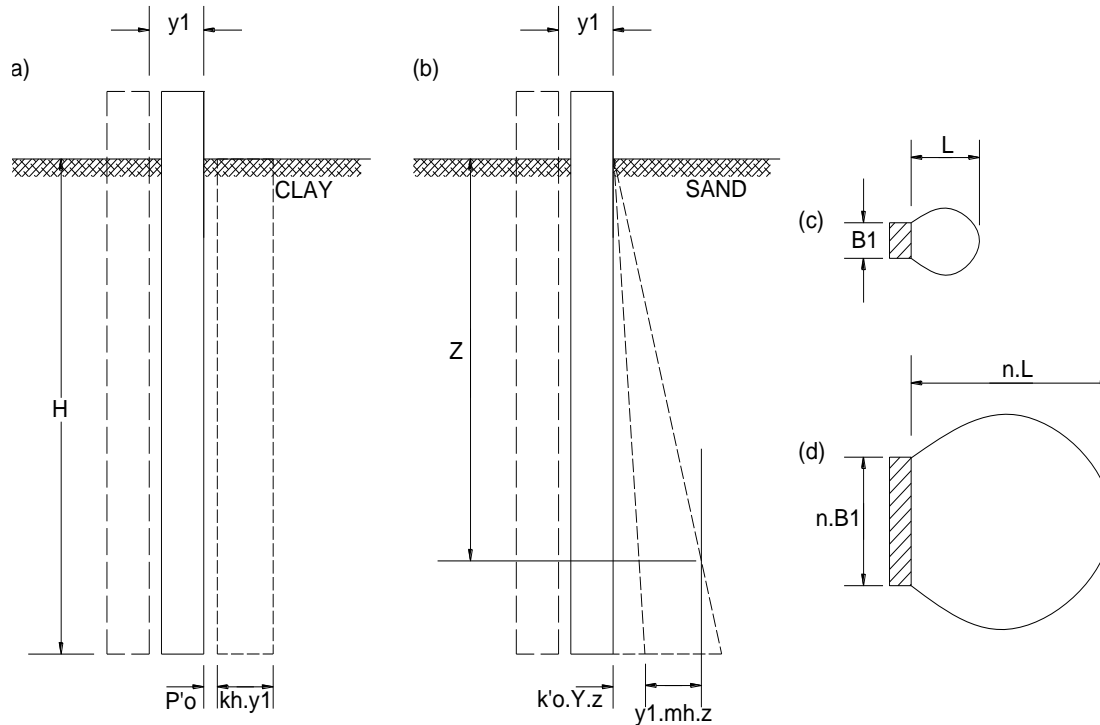
MÓDULO DE REACCION K





PARAMETROS CARACTERISTICOS

MÓDULO DE REACCION K



$$k_s = \frac{P}{y}$$

Cohesivos

$$k_h = \frac{1}{B} \cdot k_{h1} = \frac{1}{B} \cdot k_{s1} = \frac{1}{1.5 \cdot B} \bar{k}_{s1}$$

Friccionales

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{B}$$

$$n_h = \frac{A \cdot \gamma}{1,35}$$



PARAMETROS CARACTERISTICOS

CALIFICACION DEL PILOTE

- **La calificación del tipo de pilote depende de:**
 - Rigidez del pilote (EI)
 - Compresibilidad de suelo (K)
- **Factor de rigidez de la interacción suelo – pilote:**
 - Arcillas rígidas sobreconsolidadas (OCR >> 1)
Donde $K = k_1/1,5$
 - Arenas y arcillas normalmente consolidadas
Donde $K = n_h \ z/B$

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

Tipo de Pilote	Estado	Módulo Creciente	Módulo Constante
Rígido	Libre	$L < 2 T$	$L < 2 R$
Flexible	Libre	$L > 4 \text{ o } 5 T$	$L > 3.5 r$



PARAMETROS CARACTERISTICOS

CALIFICACION DEL PILOTE

- **Factor de rigidez de la interacción suelo – pilote:**
 - Arcillas rígidas sobreconsolidadas (OCR >> 1)
 - Donde $K = k_1/1,5$

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}}$$

Diámetro	m	1.00	1.50	1.00
Longitud	m	10.00	10.00	6.00
Material		Hormigón	Hormigón	Hormigón
E	kPa	30,000,000	30,000,000	30,000,000
I	m4	0.0491	0.2485	0.0491
EI	kN m2	1,472,622	7,455,147	1,472,622
k1	kPa/m	45,000	25,000	25,000
K	kPa/m	30,000	16,667	16,667
KB	kN/m2	30,000	25,000	16,667
R	m	2.65	4.16	3.07
2.0 R		5.29	8.31	6.13
3.5 R		9.26	14.54	10.73
Condición		largo	Intermedio	corto



PARAMETROS CARACTERISTICOS

CALIFICACION DEL PILOTE

- Factor de rigidez de la interacción suelo – pilote:
 - Arcillas normalmenteconsolidadas (OCR= 1) - Arenas

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

Ejemplos

Diámetro	m	0.80	1.50	1.00
Longitud	m	10.00	10.00	5.00
Material		Hormigon	Hormigon	Hormigon
E	kPa	30,000,000	30,000,000	30,000,000
I	m4	0.0201	0.2485	0.0491
EI	kN m2	603,186	7,455,147	1,472,622
nh	kPa/m	7,500	7,500	7,500
T	m	2.40	3.98	2.87
2.0 T		4.81	7.95	5.75
4.0 T		8.42	13.92	10.06
Condición		largo	Intermedio	corto

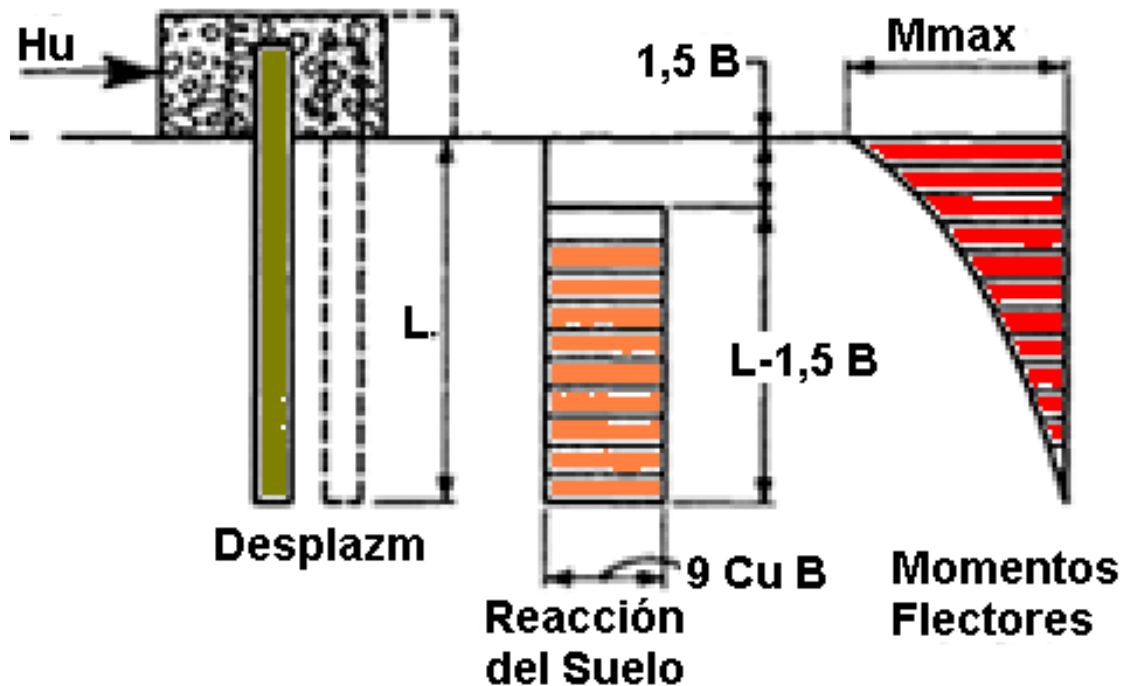


PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

• Método de BROMS – Suelo Cohesivo

Esquema de Respuesta – Cabeza de Pilote Fijo



$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot C_u \cdot B \cdot (L^2 - 2.25 \cdot B^2)$$

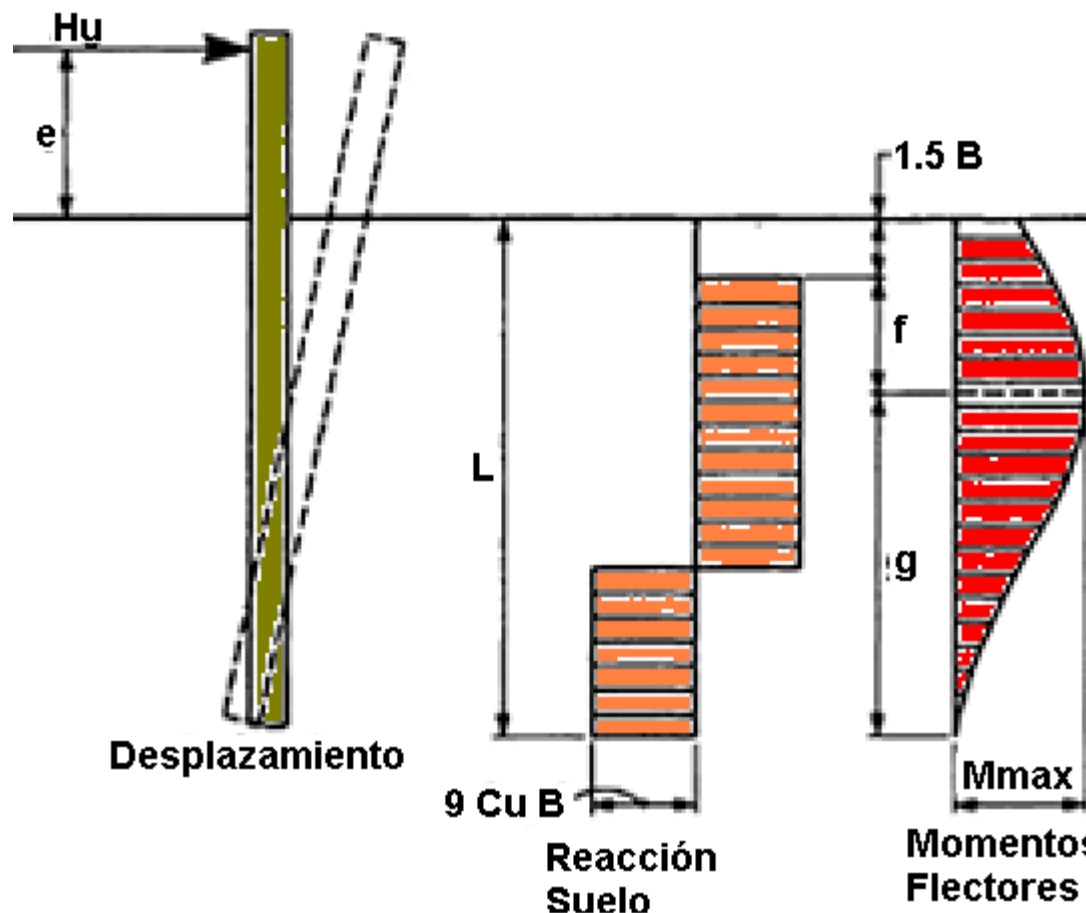


PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

• Método de BROMS – Suelo Cohesivo

Esquema de Respuesta – Cabeza de Pilote Libre



Profundidad f

$$f = \frac{H}{9 \cdot Cu \cdot B}$$

$$M_{max} = H \cdot (e + 1.5 \cdot B + 0.5f)$$

$$M_{max} = 2.25 \cdot Cu \cdot B \cdot g^2$$



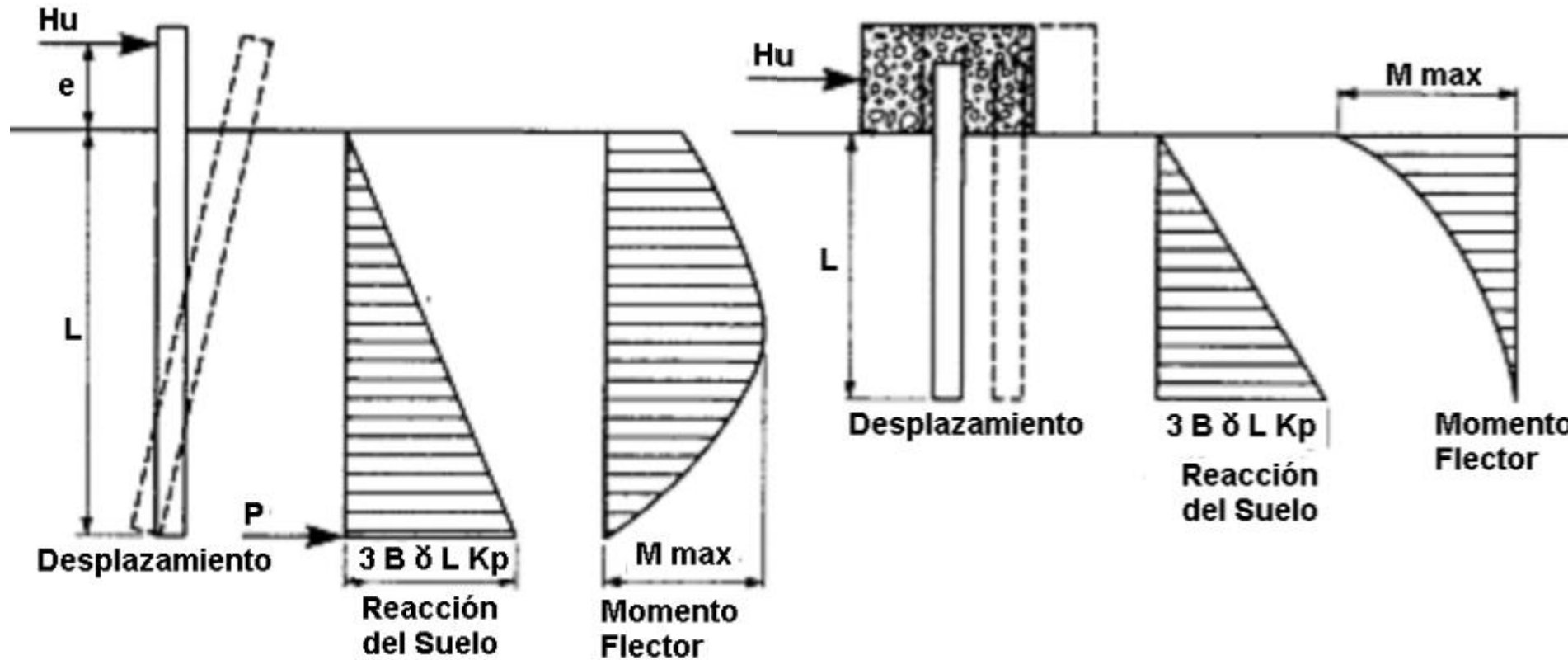
PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

Suelo Friccional

Esquema de Respuesta

• Método de BROMS – Suelo No Cohesivo

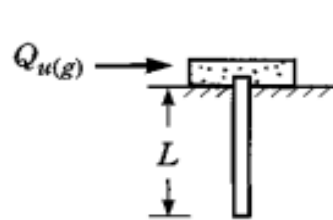


$$M_{max} = B \cdot \gamma \cdot L^3 \cdot K_p$$

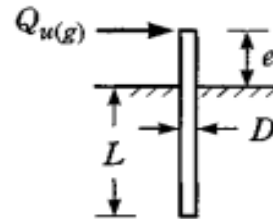


PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS



Pilote restringido

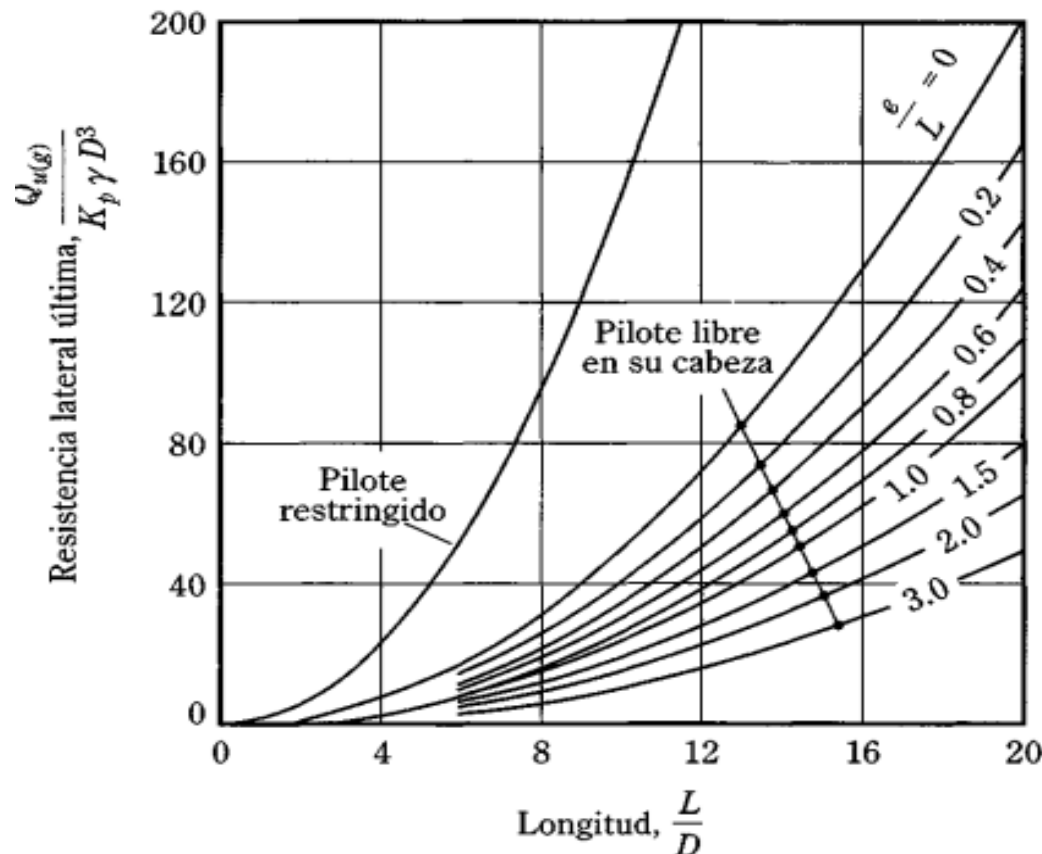


Pilote libre en su cabeza

- Método de BROMS
Suelo No Cohesivo

$$H_u = \frac{0.5 \cdot B \cdot L^3 \cdot Kp \cdot \gamma}{(e + L)}$$

$$H_u = 1.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot L^3 \cdot Kp$$

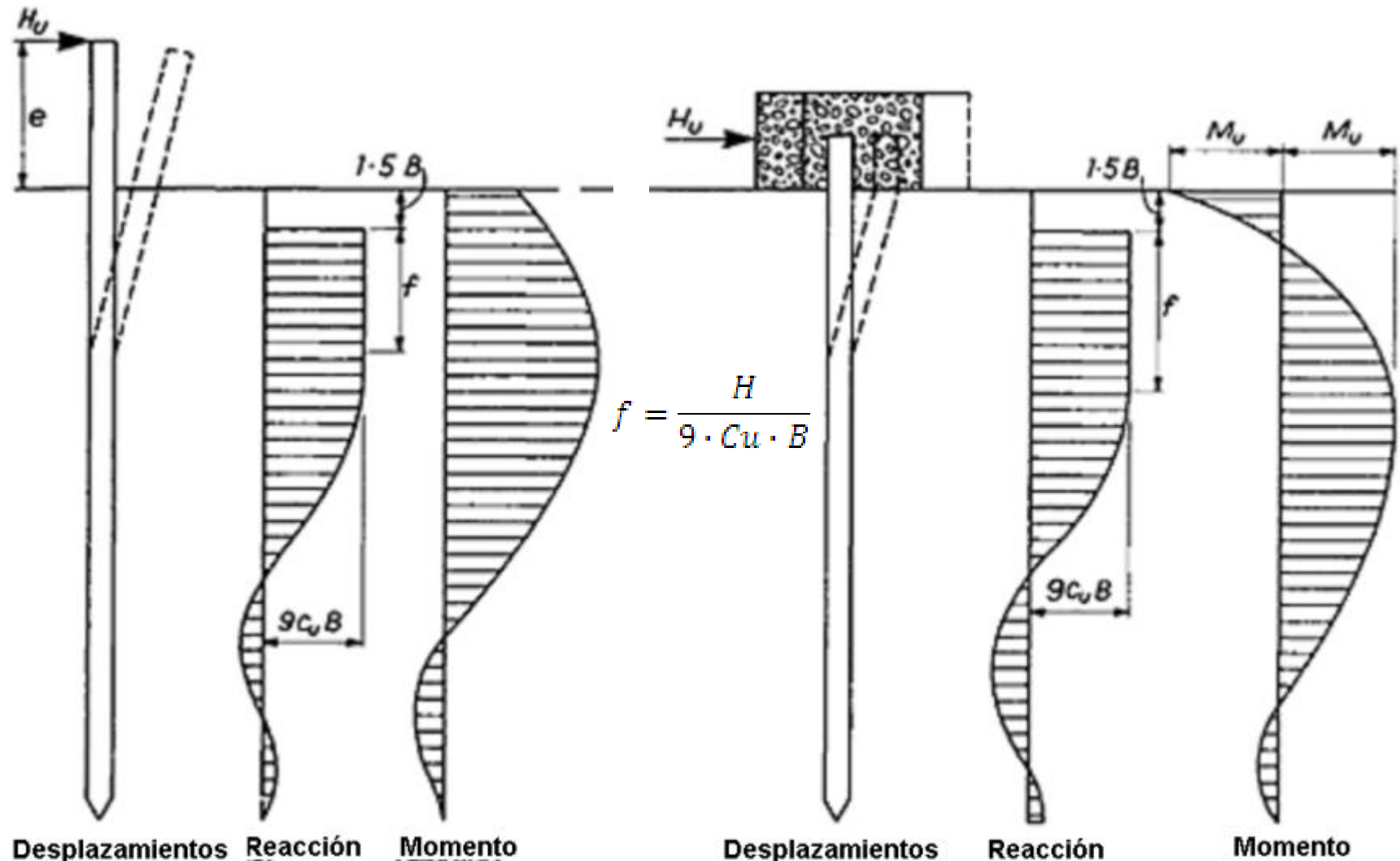




PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

- Método de BROMS – Suelo Cohesivo

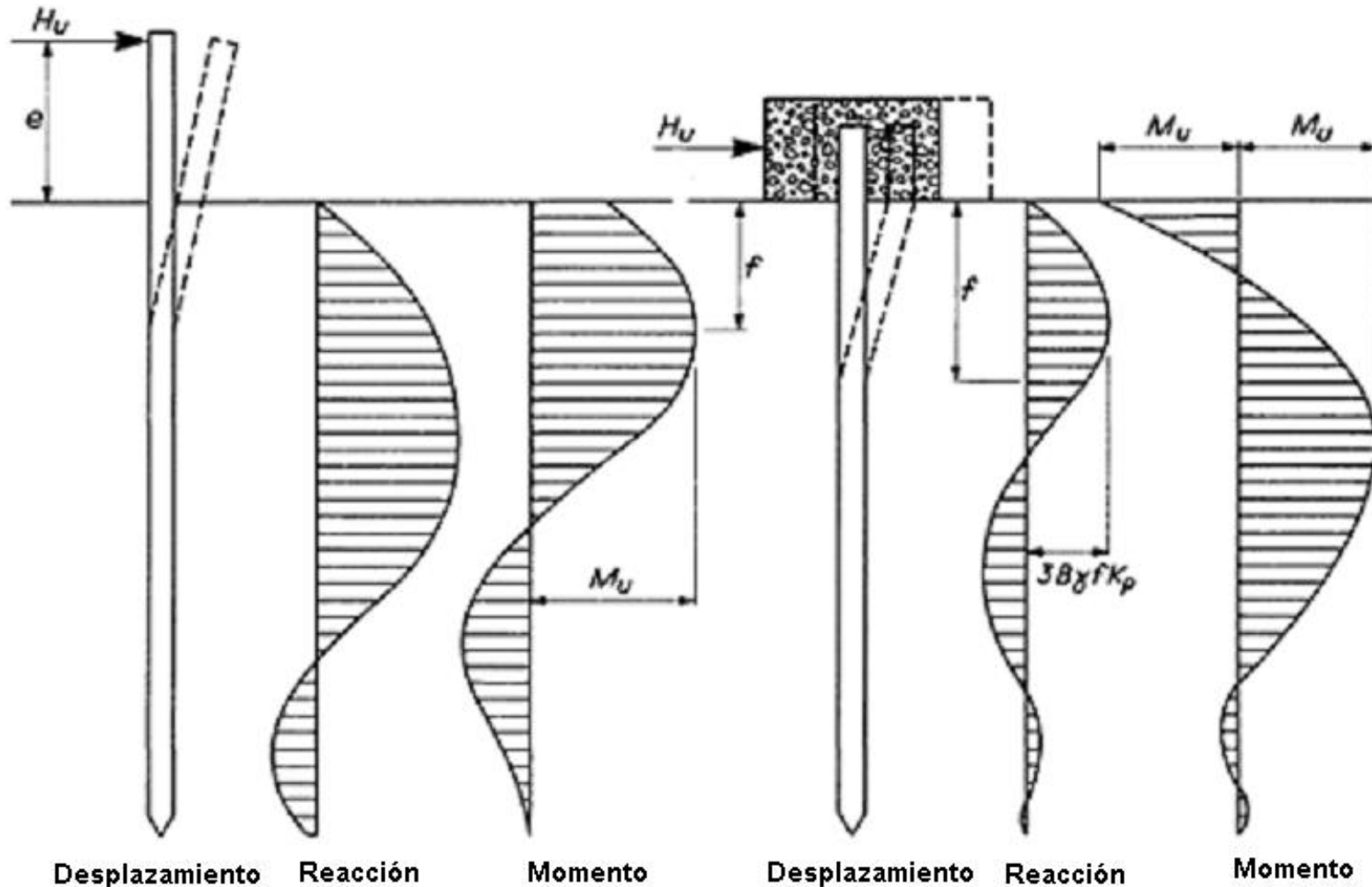


PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS



- Método de BROMS – Suelos Friccionales

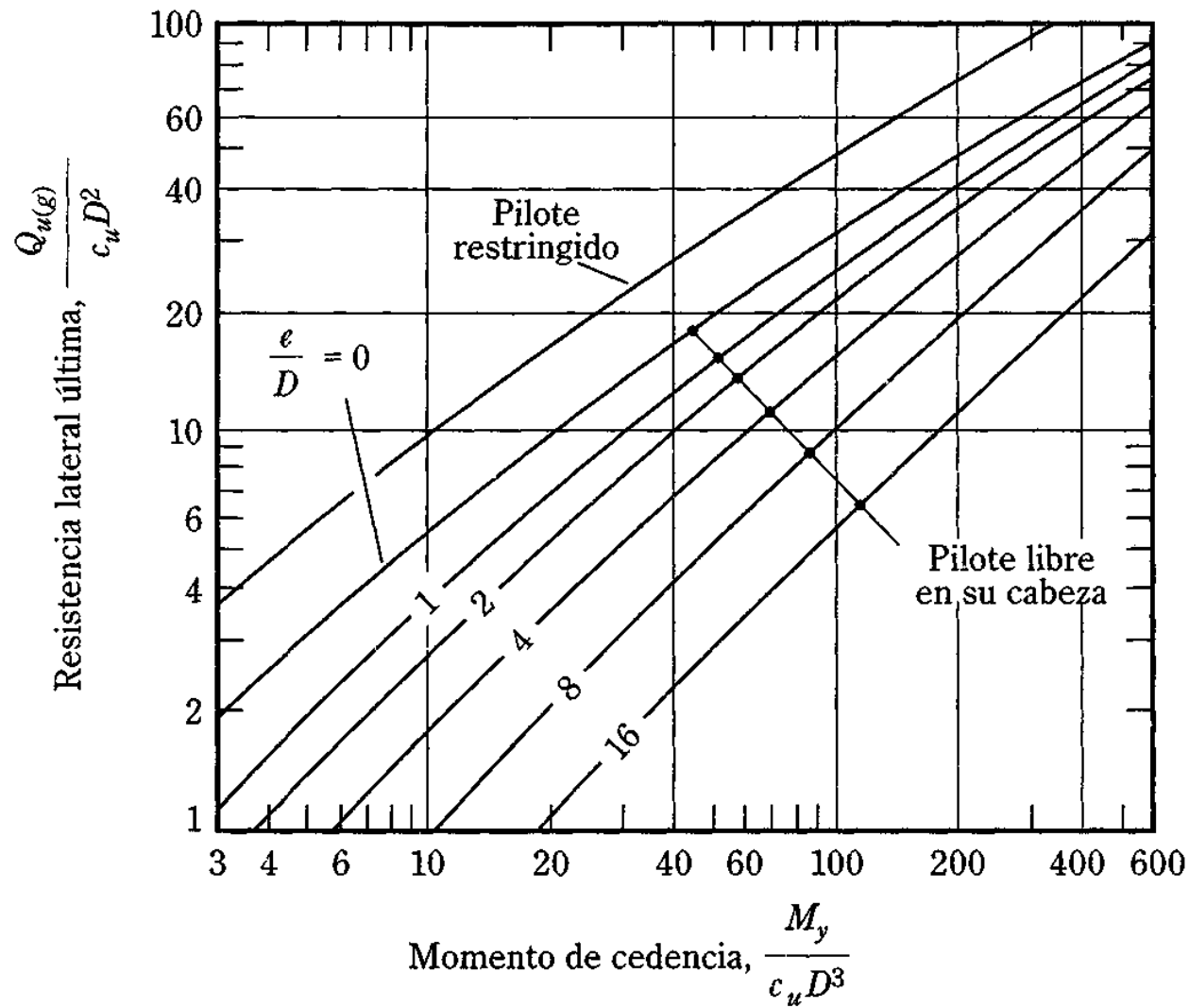




PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

• Método de BROMS – Suelo Cohesivo



$$M_{max} = H \cdot (e + 1.5 \cdot B + 0.5f)$$

$$H_u = \frac{Mu}{(e + 1.5 \cdot B + 0.5 \cdot j)}$$

$$H_u = \frac{Mu}{(1.5 \cdot B + 0.5 \cdot j)}$$

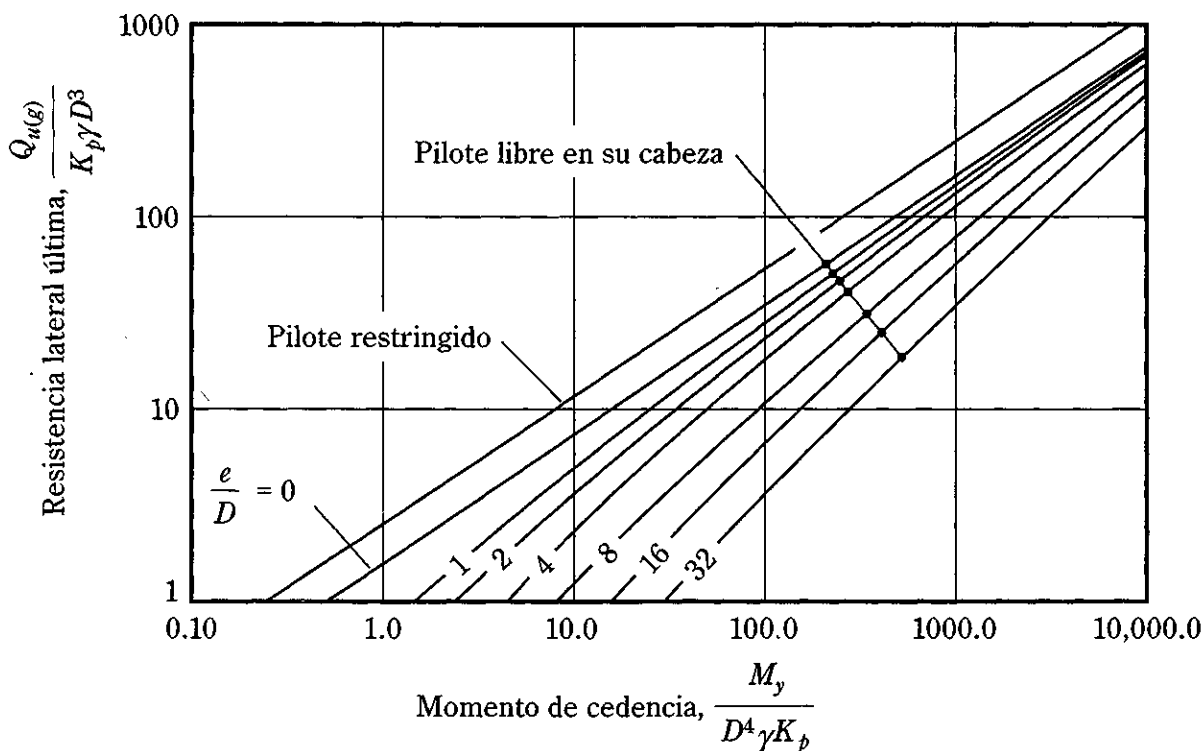
Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

- Método de BROMS – Suelo No Cohesivo



Profundidad
a M máximo

$$f = 0.82 \sqrt{\frac{H}{\gamma B K_p}}$$

M máximo en
cabezal libre

$$M_{max(+ve)} = H(e + 0.67f)$$

H último en
cabezal libre

$$H_u = \frac{M_u}{e + 0.54 \sqrt{\frac{H_u}{\gamma B K_p}}}$$

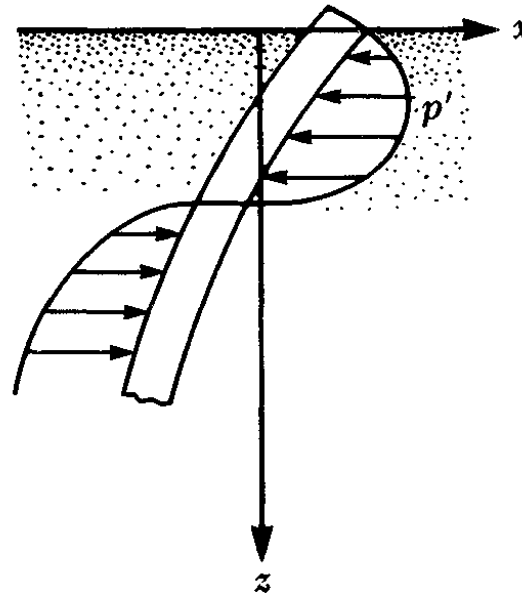
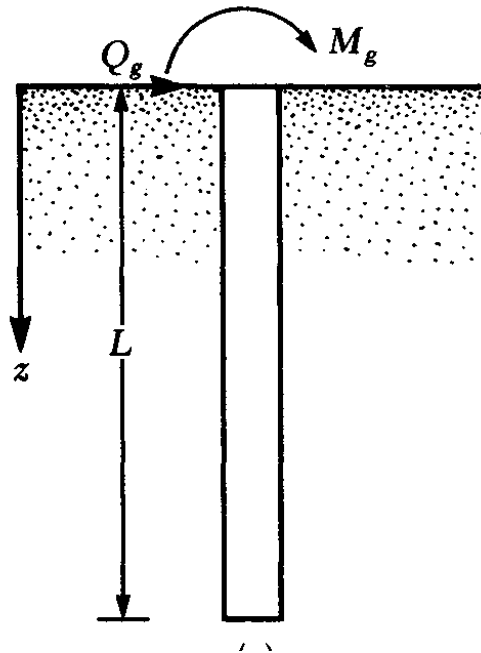
H último en
cabezal rígido

$$H_u = \frac{M_{u(+ve)} + M_{u(-ve)}}{e + 0.54 \sqrt{\frac{H_u}{\gamma B K_p}}}$$



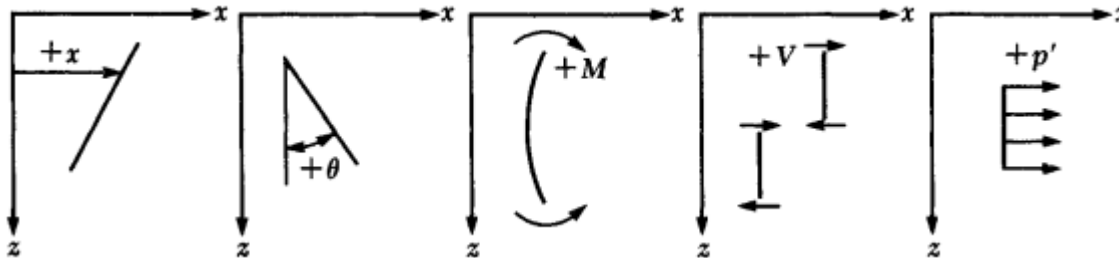
PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

Método Elástico – Modelo de Reese y Matlock '60



Validez del modelo de Winkler

$$E_p I_p \frac{d^4 x}{dz^4} + kx = 0$$



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

Secuencia de Cálculo

- 1. Calificar el tipo de suelo que gobierna el problema en función de las características del mismo en la longitud características del pilote (4 a 5 diámetros).**
- 2. Determinar el coeficiente de reacción horizontal (K_h).**
- 3. Ajustar K_h según la condición de aplicación de la carga**
 1. Cargas dinámicas (sismo) en suelos friccionales
 1. $K_h' = 1/2 K_h$, para suelos medios a densos.
 2. $K_h' = 1/4 K_h$, para suelos sueltos.
 2. Cargas estáticas en suelos con posibilidad de creep (suelos cohesivos).
 1. $K_h' = 1/3$ a $1/6 K_h$, para normalmente consolidados.
 2. $K_h' = 1/4$ a $1/2 K_h$, para duros a muy duros.

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



Secuencia de Cálculo

4. Determinar los parámetros del pilote:

- Módulo de Elasticidad (E)
- Momento de Inercia (I)
- Momento Estático (S), según eje perpendicular.
- Tensión de fluencia del material (f)
- Longitud embebida del pilote (L)
- Diámetro del pilote (D)
- Excentricidad en la aplicación de la carga (e_c), o distancia entre el nivel de terreno y el punto de aplicación de la carga (e)
- Momento resistente del pilote (según diagramas de interacción y estado de sollicitación externa del pilote).



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

Secuencia de Cálculo

5. Cálculo del factor de rigidez (R, para suelos cohesivos) (T, para suelos friccionales)

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}} \quad T = \sqrt[3]{\frac{EI}{n_h}}$$

6. Caracterización del pilote como largo o corto.

Tipo de Pilote	Estado	Módulo Creciente	Módulo Constante
Rígido	Libre	$L < 2 T$	$L < 2 R$
Flexible	Libre	$L > 4 T$	$L > 3.5 r$

7. Identificación de otros parámetros del suelo requeridos para el cálculo de la resistencia.

En suelos friccionales, K_p , peso unitario efectivo.

En suelos cohesivos, C_u



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

Secuencia de Cálculo

- 8. Cálculo la resistencia lateral última (H_u), según el tipo de pilote.**
- 9. Cálculo la máxima carga horizontal aplicable, como
 $H_{max} = H_u / 2.5$**
- 10. Cálculo la máxima carga horizontal admisible por concepto de desplazamiento tolerable en la estructura (H_{adm})**
- 11. Comparo las cargas H_{max} y H_{adm} , empleo la menor de las cargas y verifico el desplazamiento para ella.**