



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 ?

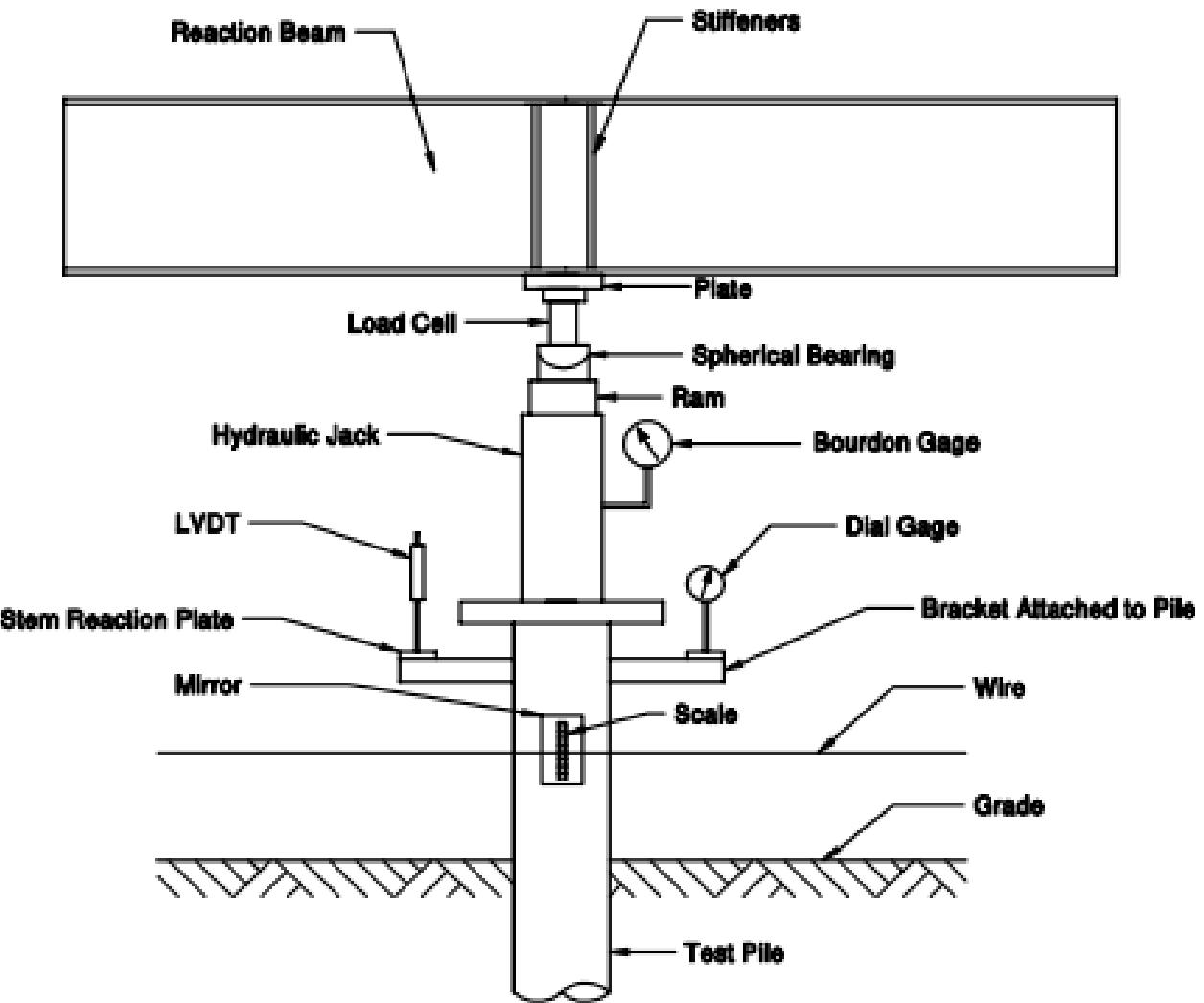


Figure 9-67. Typical compression load test arrangement using a weighted platform (FHWA, 2006a).



PREGUNTAS

- Costo ?
- Tiempos ?
- Qué pretendo obtener ?



Ensayos de Carga



**Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS**

Ensayos de Carga



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

Ensayos de Carga



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

Ensayos de Carga



Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

Ensayos de Carga



Gerbaudo – Zeballos (2013)

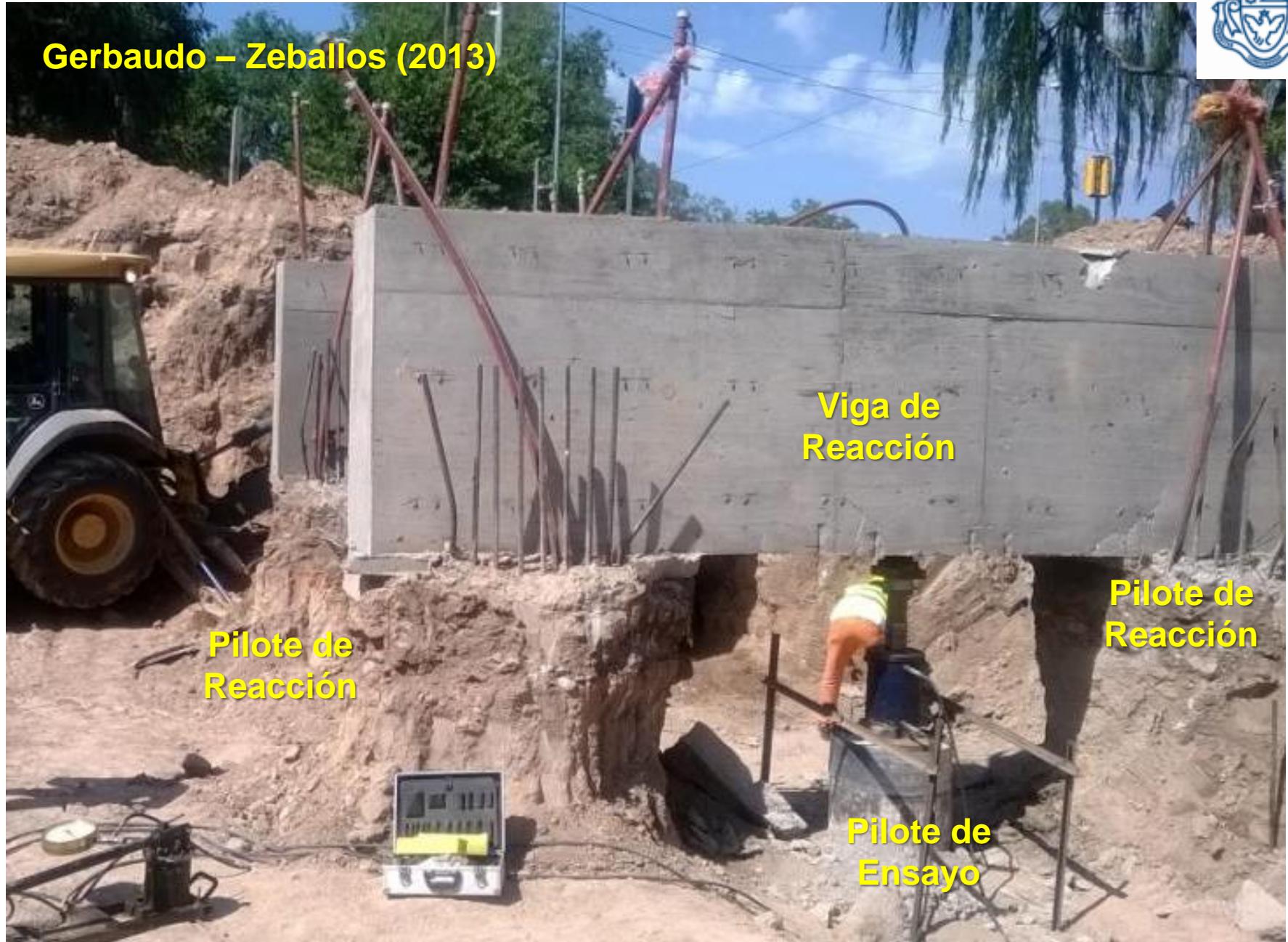
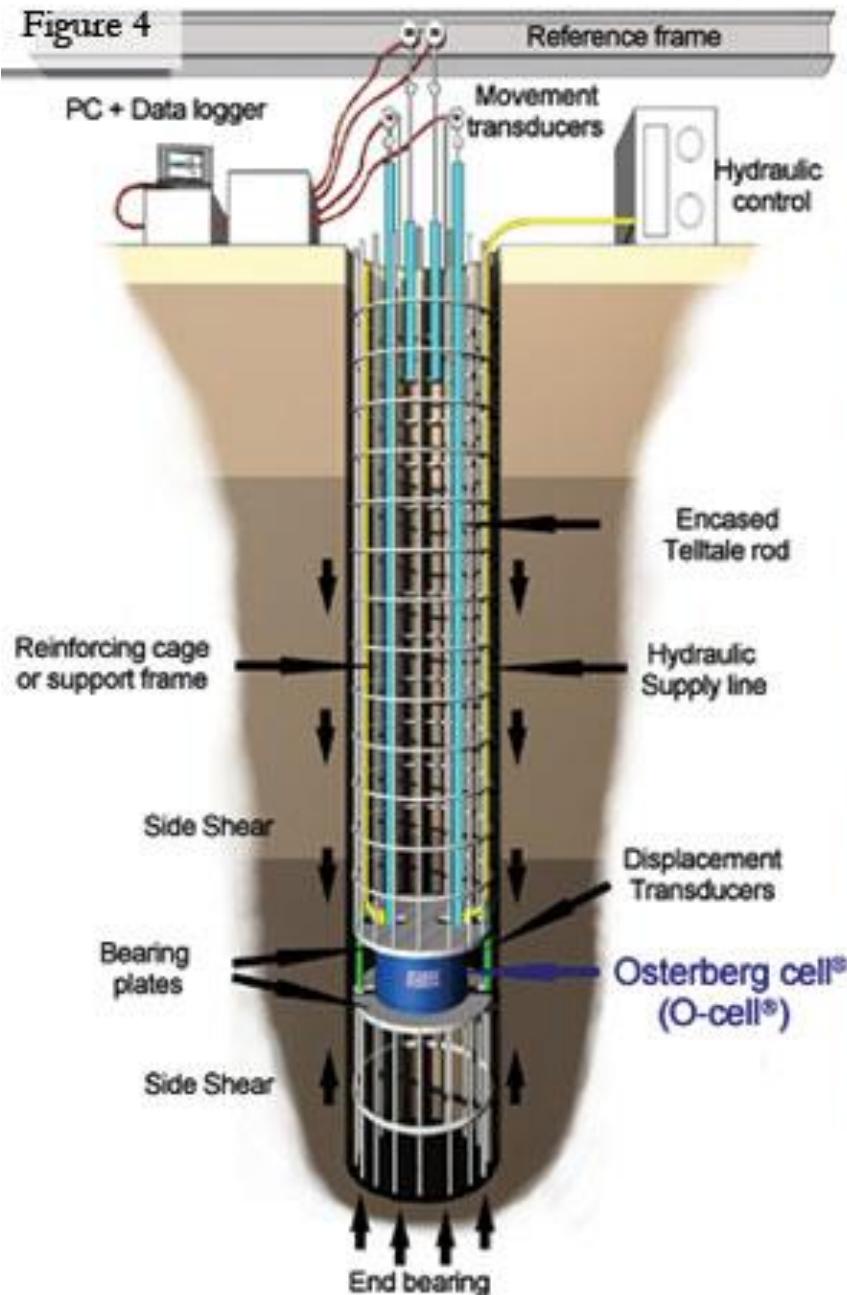
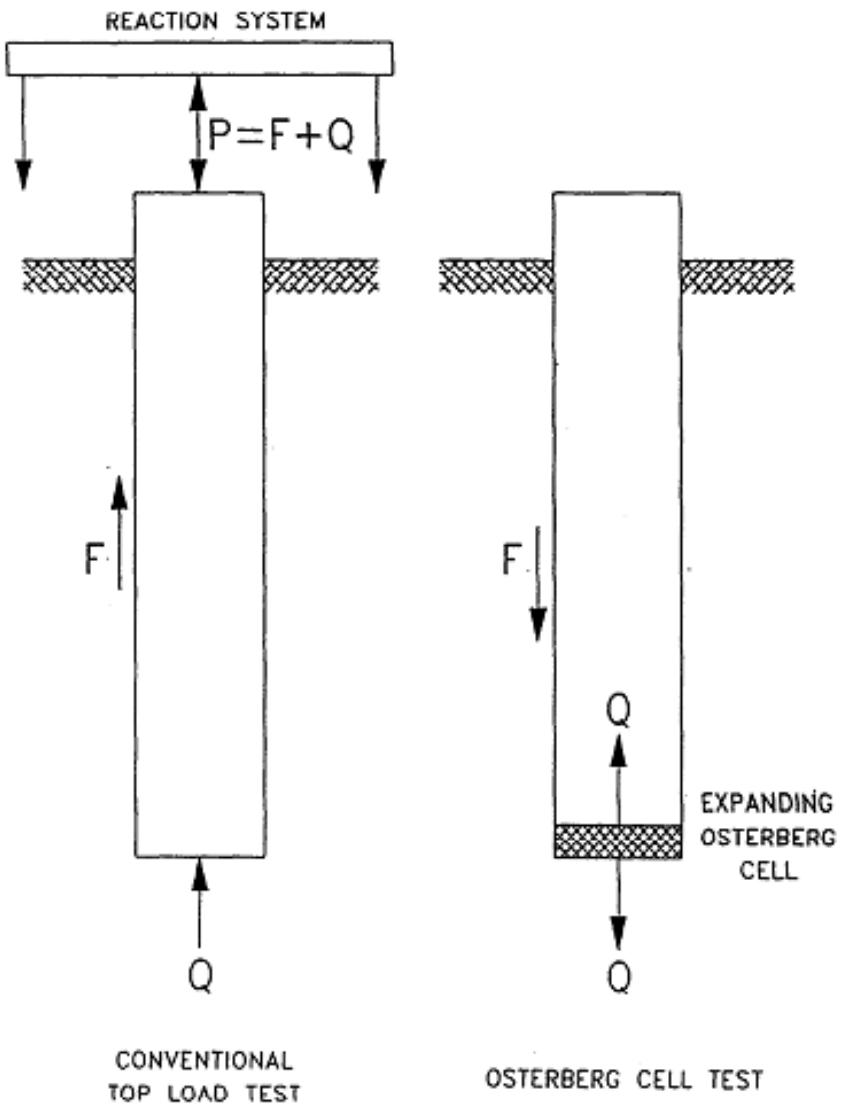




Figure 4



Celda Osterberg

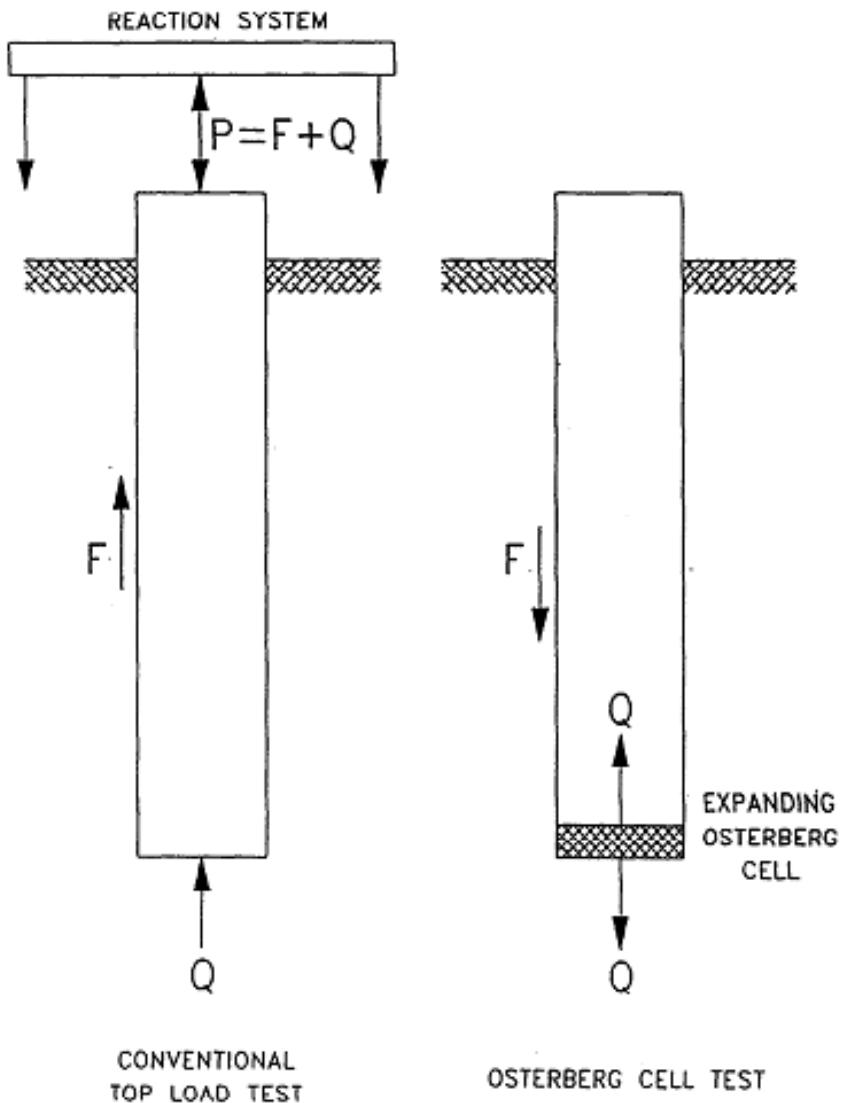
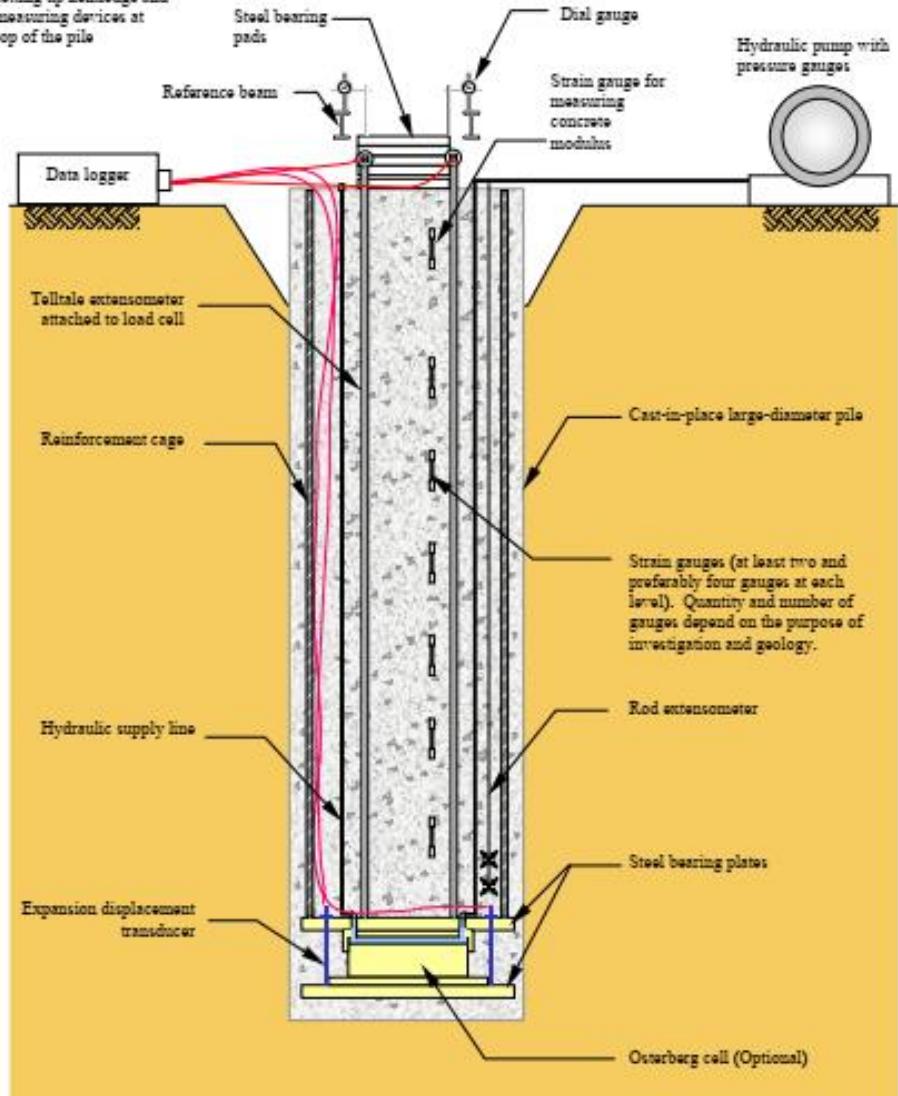


Ensayos de Carga

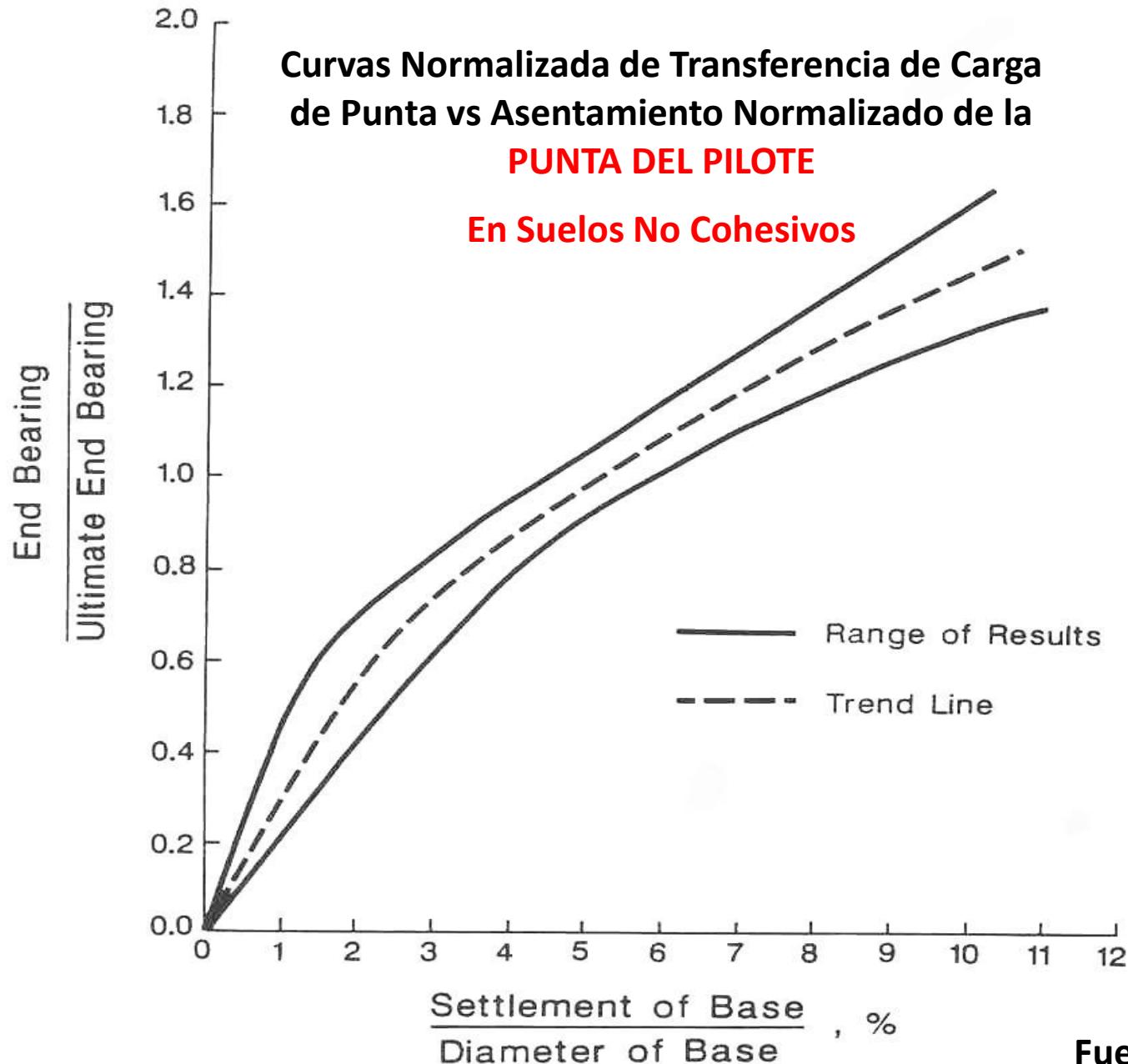


Celda Osterberg

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



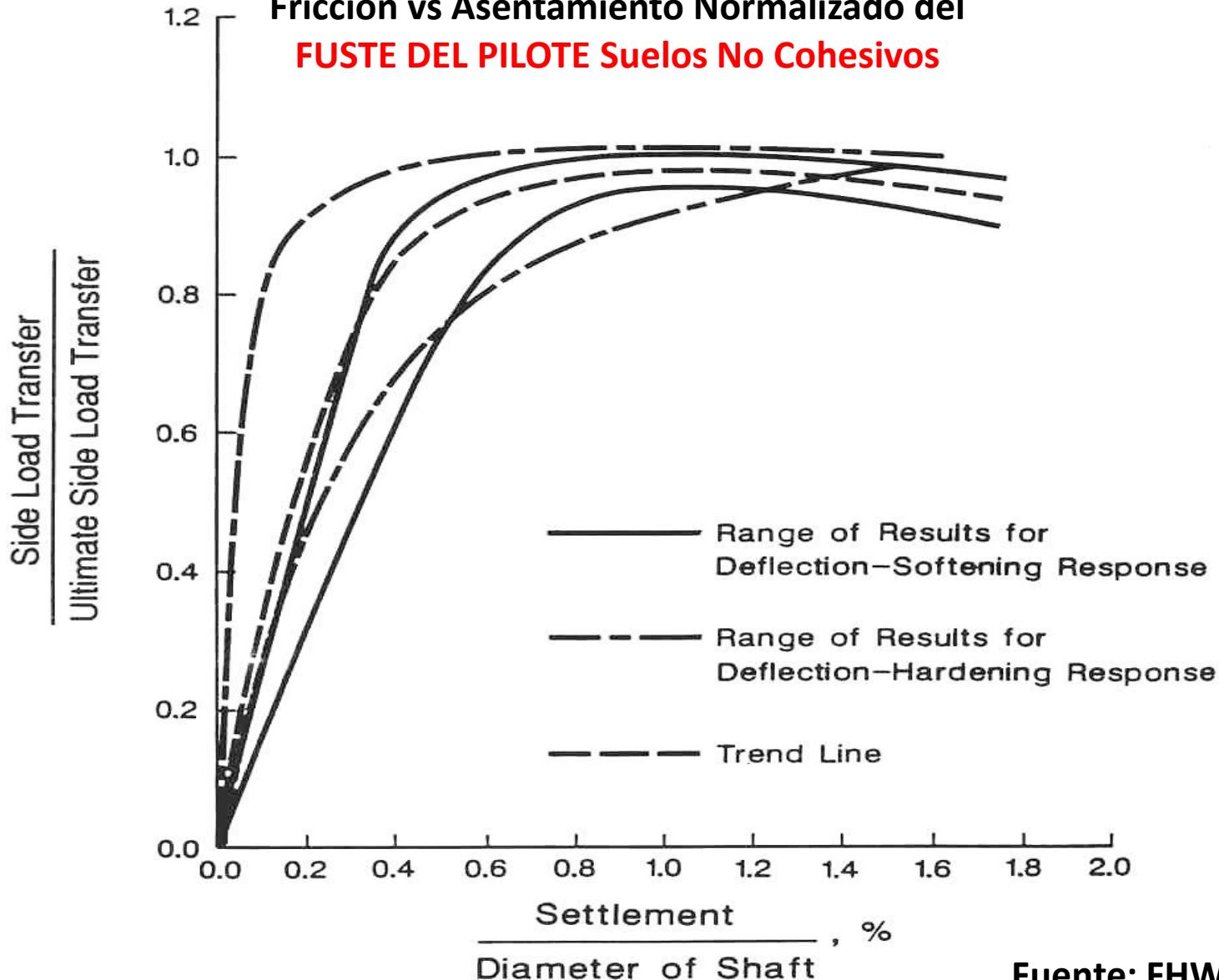
Ensayos de Carga



Fuente: FHWA, Puentes

Ensayos de Carga

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



Fuente: FHWA, Puentes

ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO

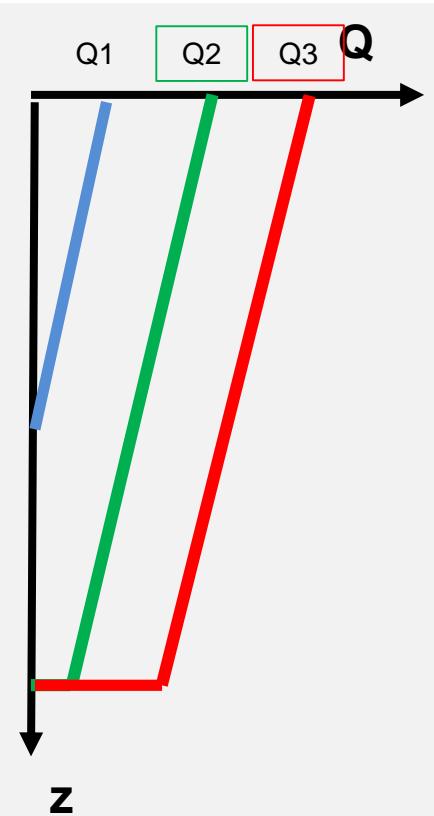
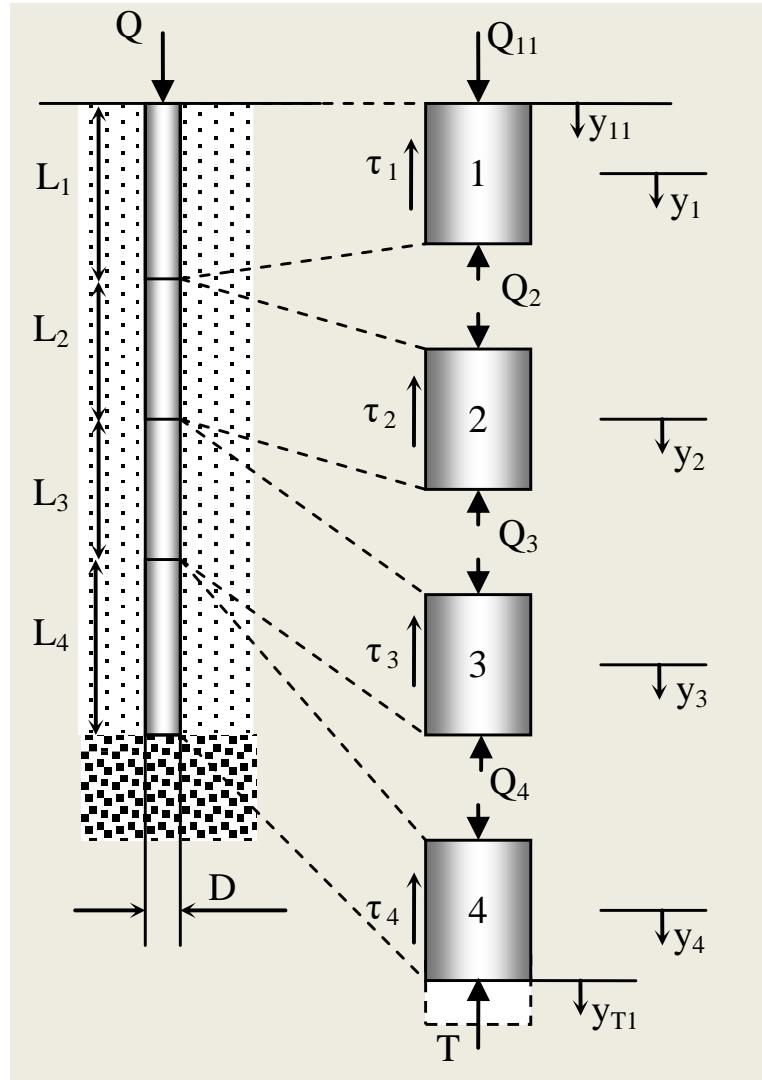
(Método de Ecuaciones de Transferencia)

$$S = s_1; s_2; s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

S2. Punta del Pilote

S3. Fuste del Pilote



ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO

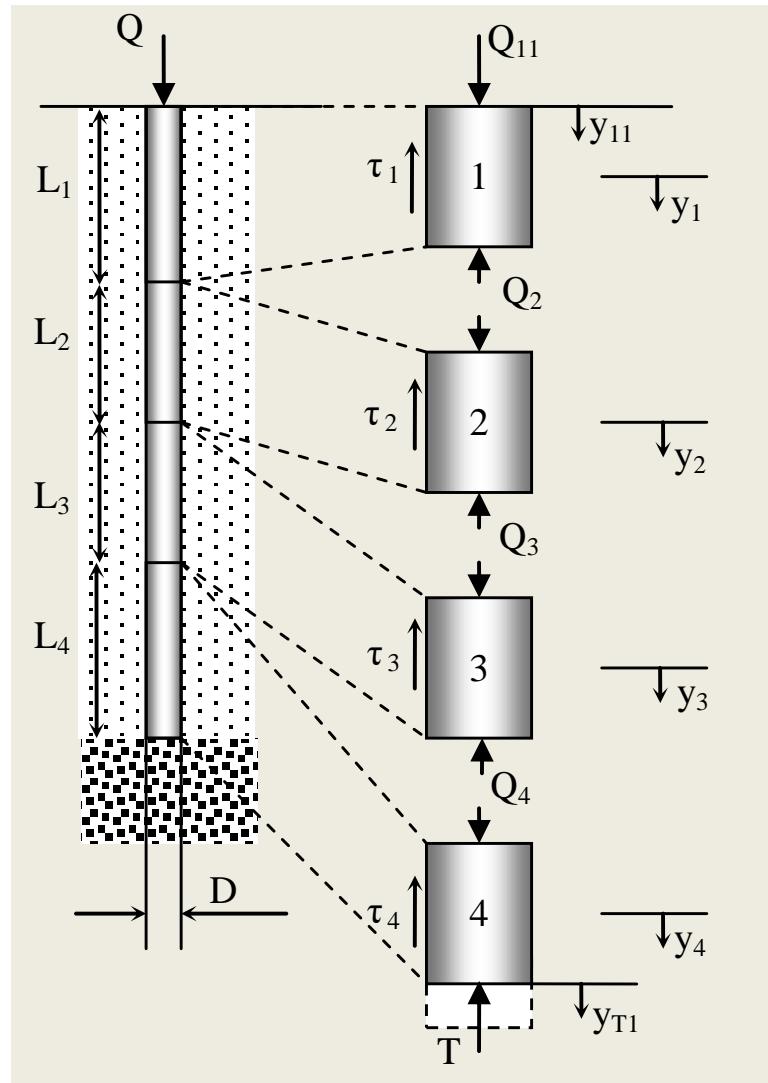
(Método de Ecuaciones de Transferencia)

$$S = s_1; s_2; s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

S2. Punta del Pilote

S3. Fuste del Pilote



ASENTAMIENTOS DE PILOTES INDIVIDUALES EN SUELO

(Método de Middlin)

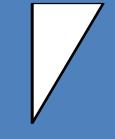
$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

S1. Acortamiento del Pilote

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

↓ Qprom

↑

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



ASENTAMIENTOS DE PIOTES 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

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

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

Según Vesic

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

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

ASENTAMIENTOS DE PILOTES EN ROCAS



Sobre Rocas

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

Componente en Roca

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

Componente en Pilote

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

Presiones Netas

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

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

ASENTAMIENTOS DE PILOTES

EXPRESIONES SEGÚN SPT

Pilotes

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

→ para arenas
poco densas

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

→ para arenas
densas



CIMENTACIONES PROFUNDAS

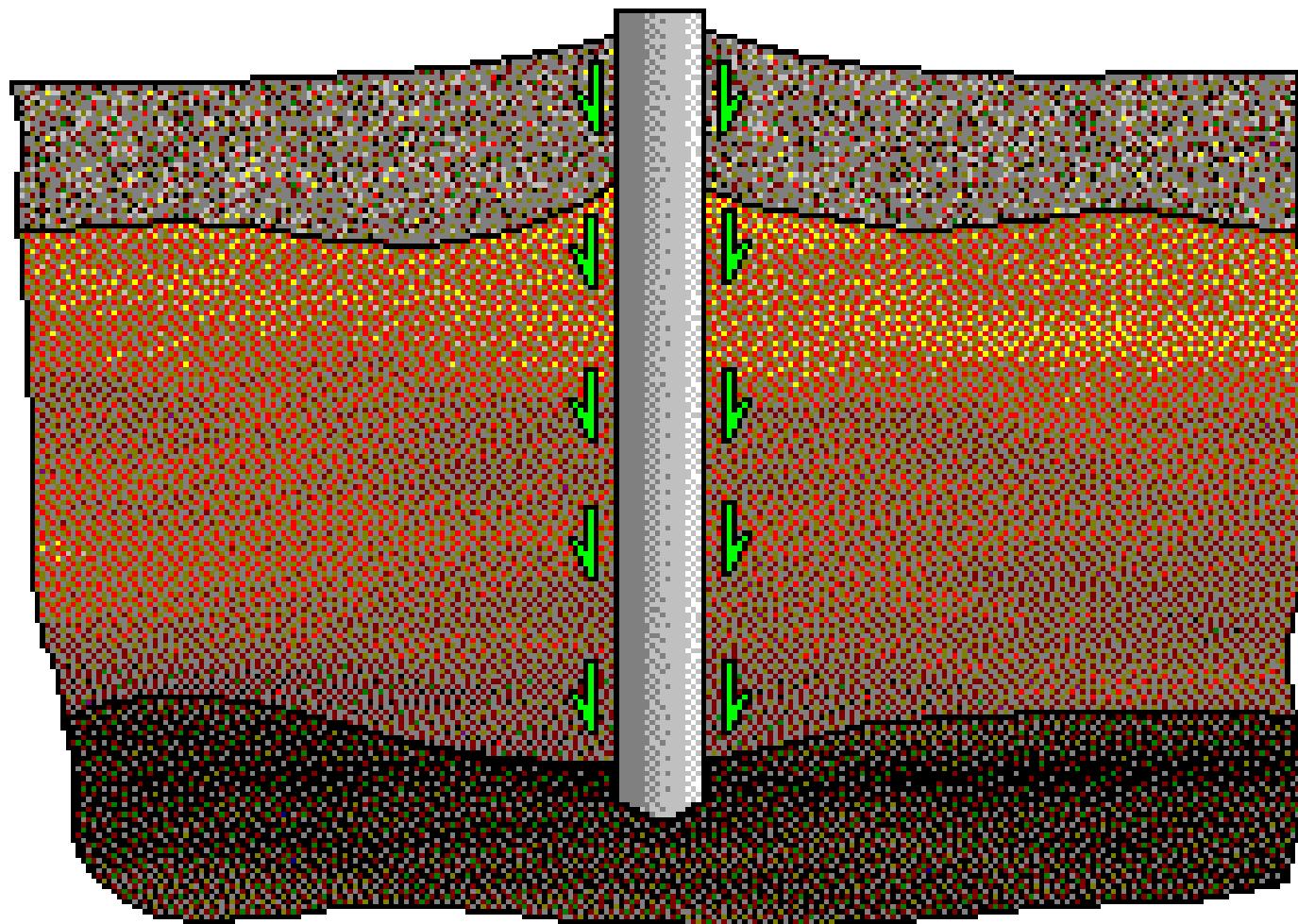
(2º parte)

SOLICITACIONES AXIALES PARTICULARES

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

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

FRICCIÓN NEGATIVA

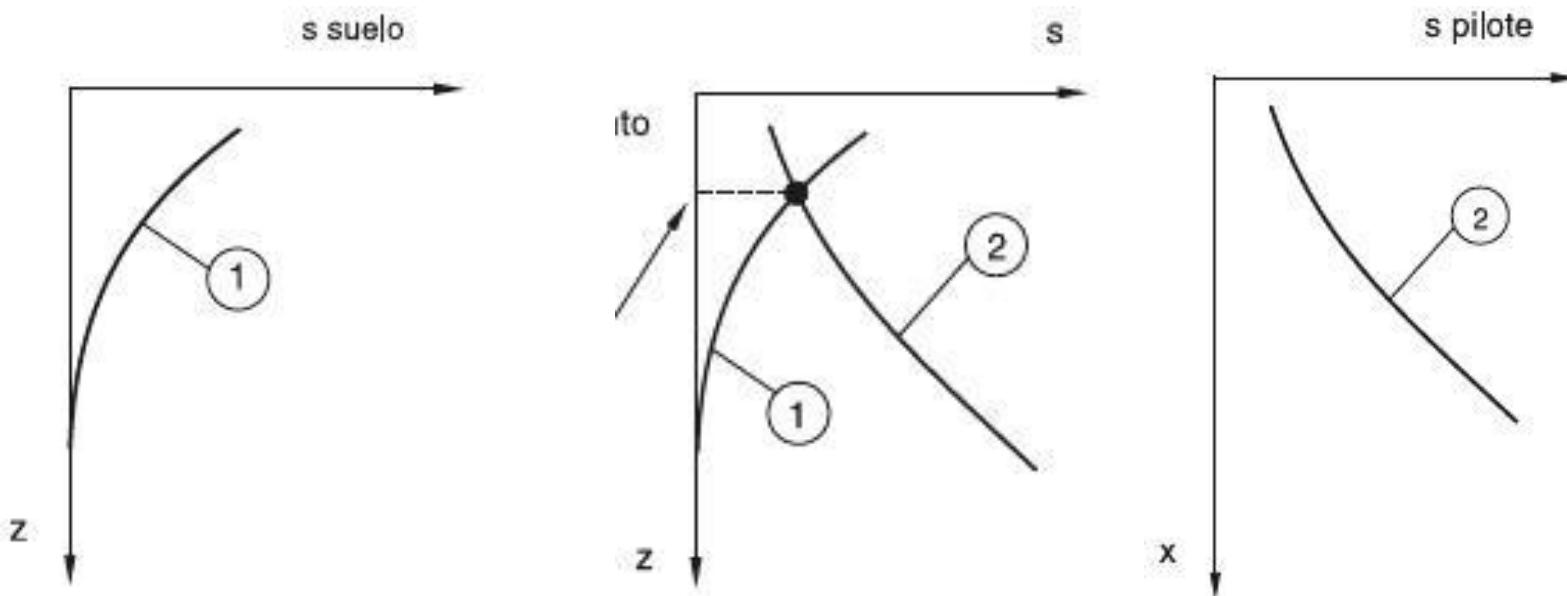
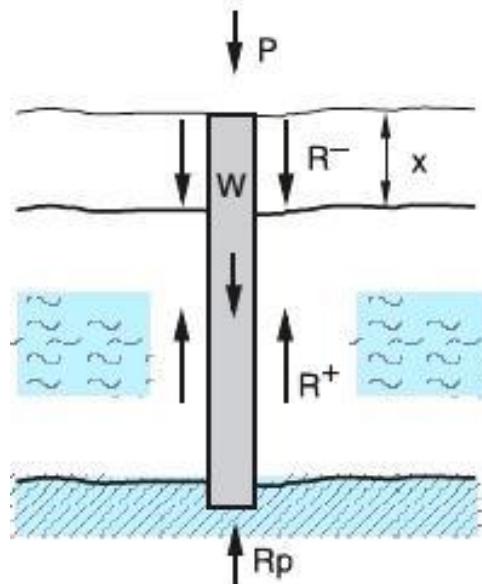
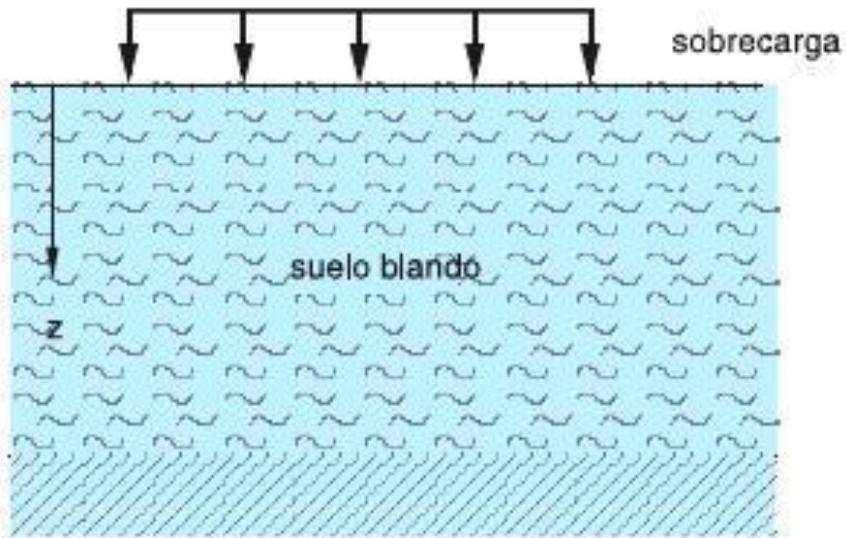


RELENO

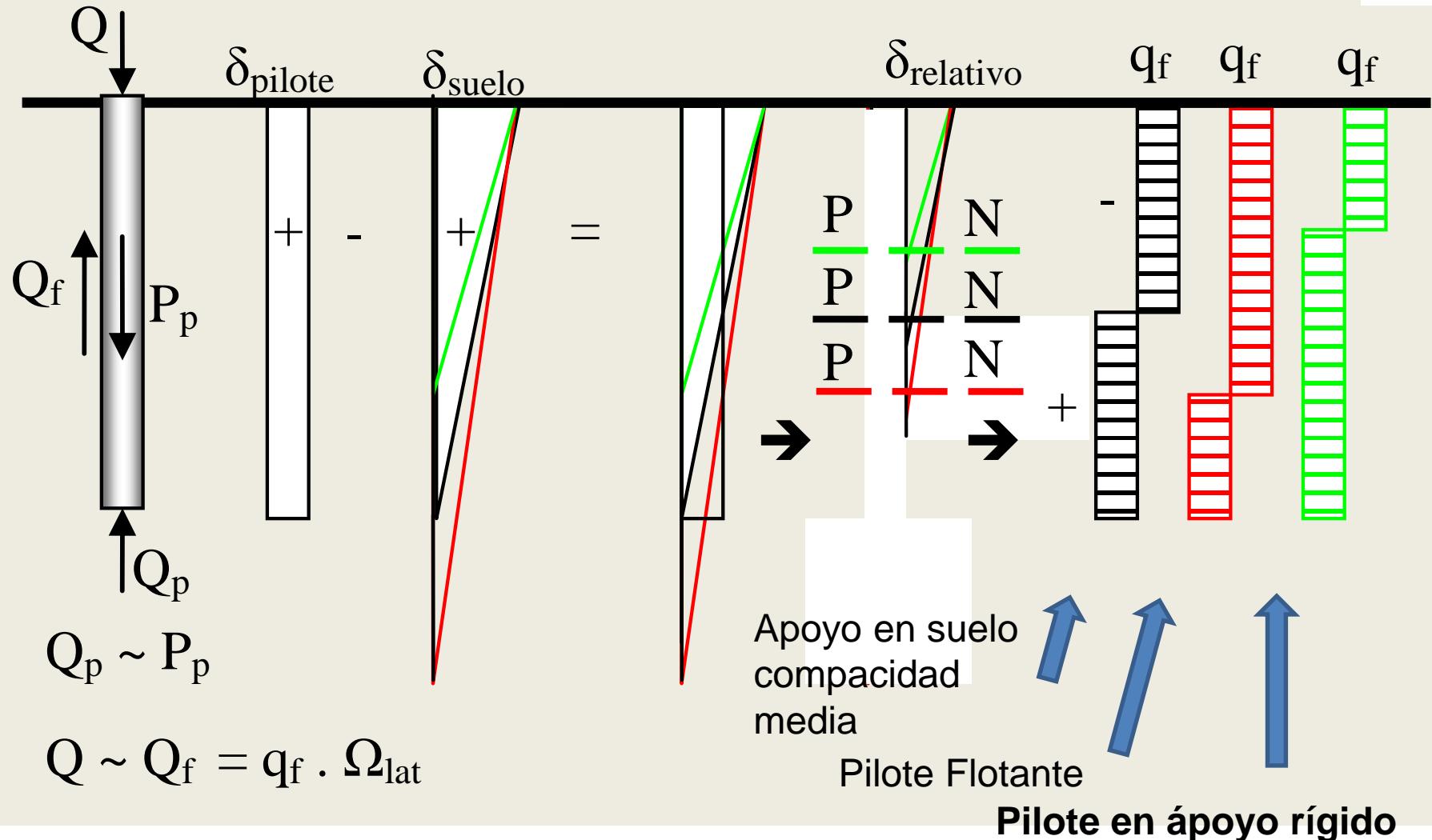
SUELO
“BLANDO”
CONSOLIDABLE

SUELO
“RIGIDO”

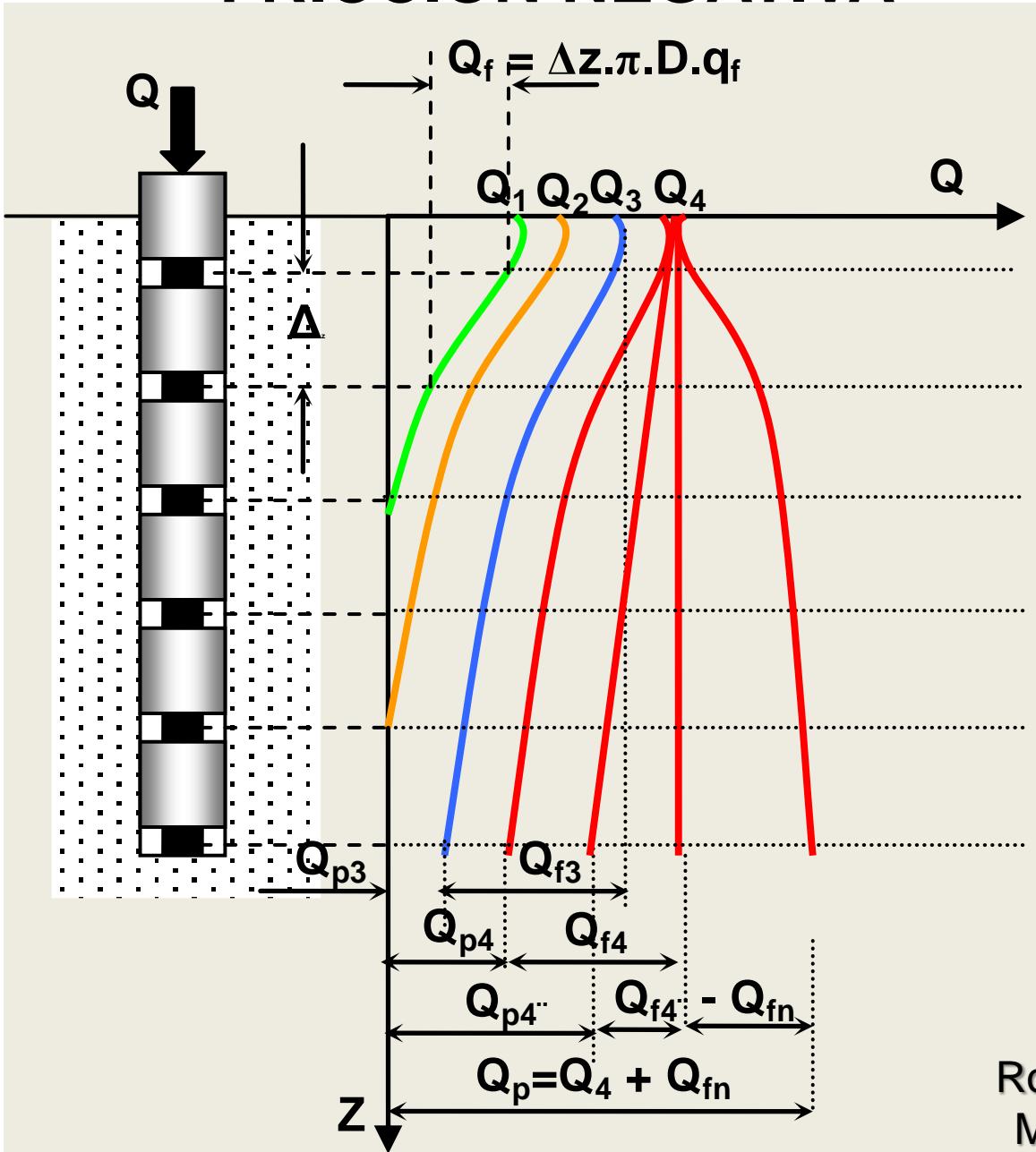
FRICCIÓN NEGATIVA



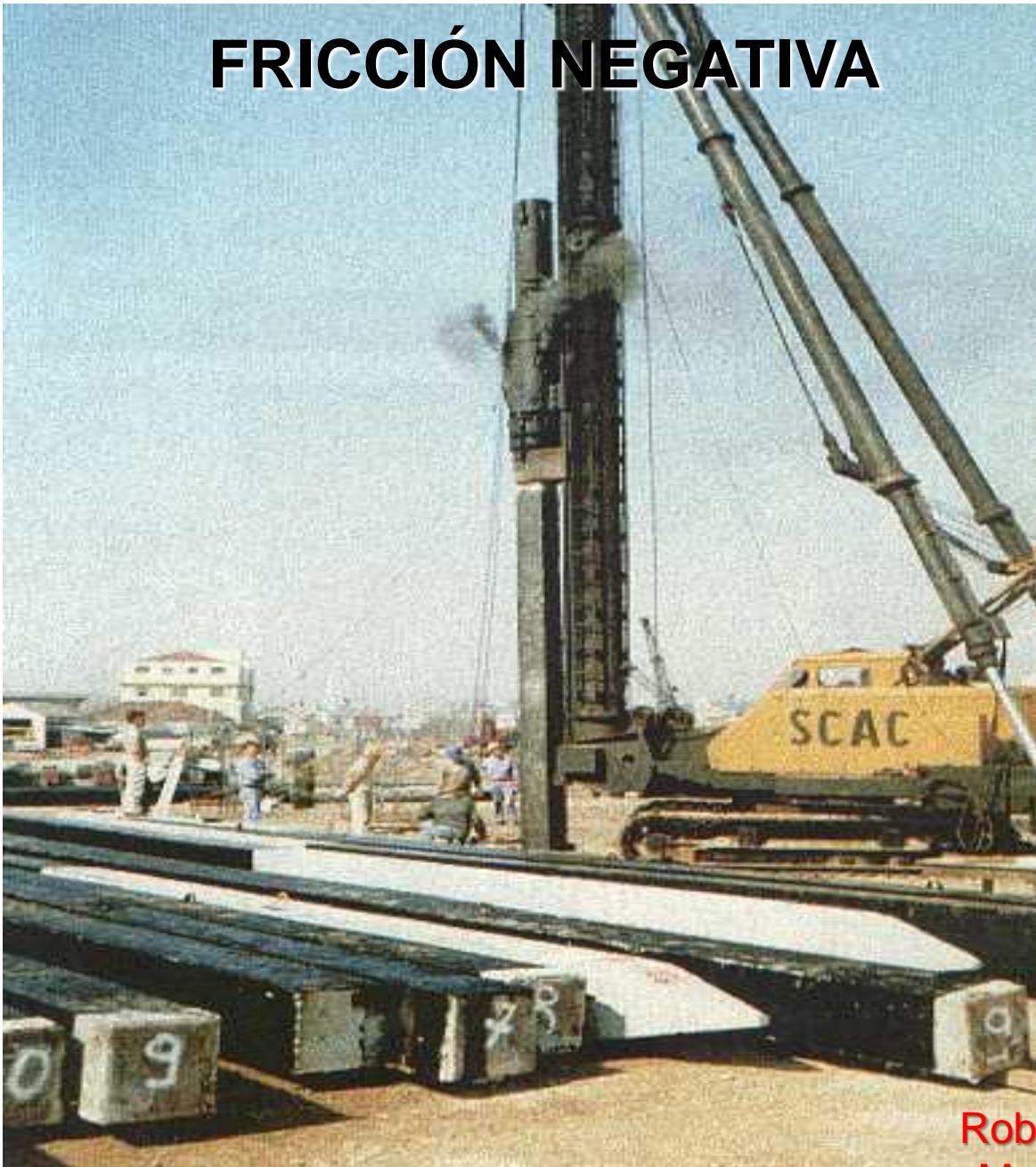
FRICCIÓN NEGATIVA



FRICCIÓN NEGATIVA



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 ?



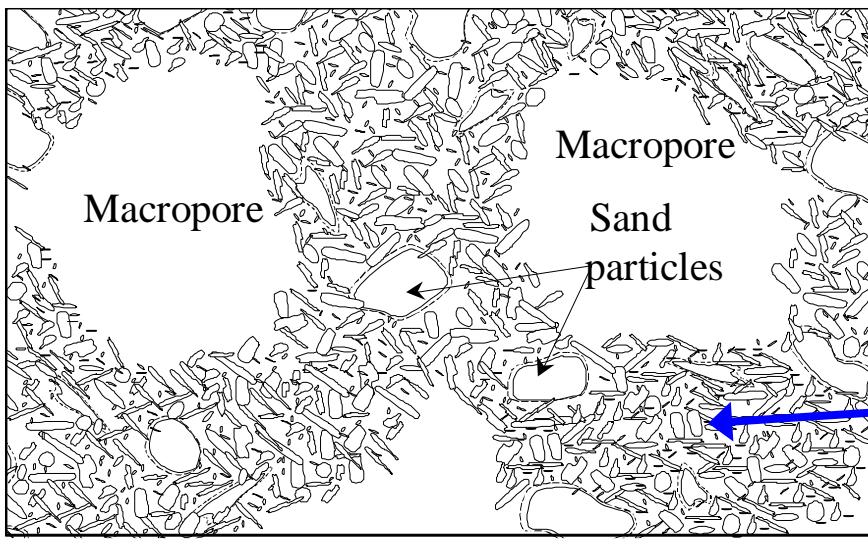
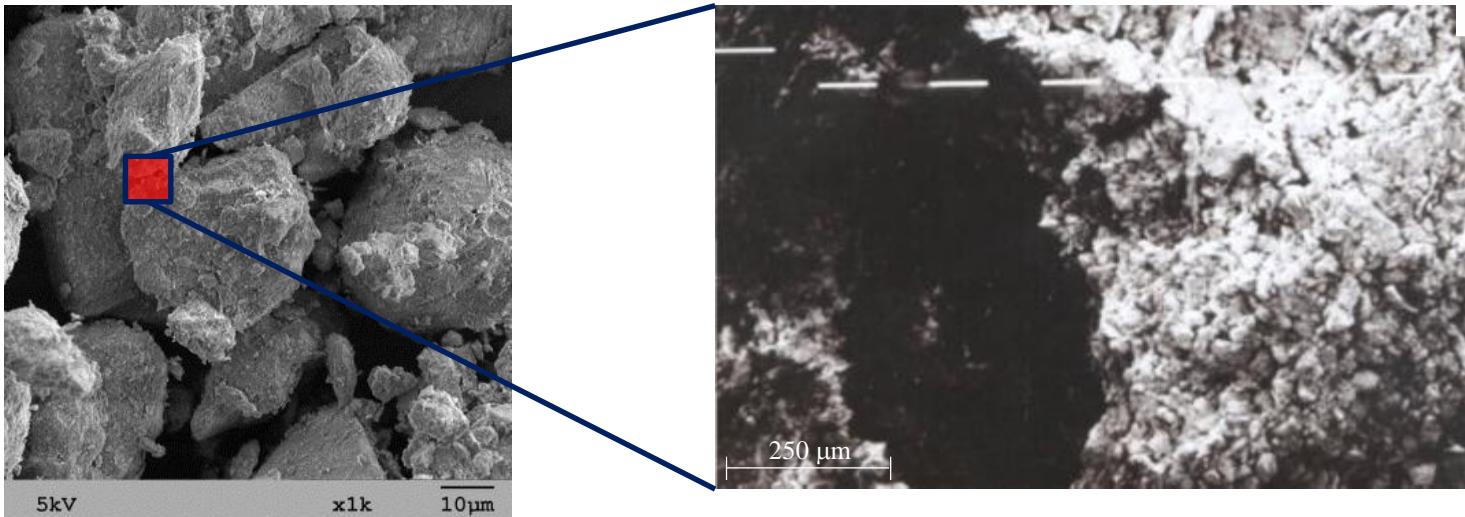
Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

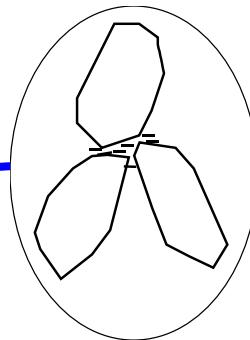


- ESTAN COMPUESTOS POR PARTÍCULAS DE TAMAÑO REDUCIDO
(Arenas – Limos – Arcillas)
- LAS PARTICULAS SE UNEN ENTRE SI A TRAVÉS DE “PUENTES”
(Arcillas-Cementantes salinos)
- SE CREA UNA ESTRUCTURA MACRO POROSA
(Castillo de Naipes)

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



**Generada a partir de
Fotos de Microscopio**



CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



PROPIEDADES



Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero

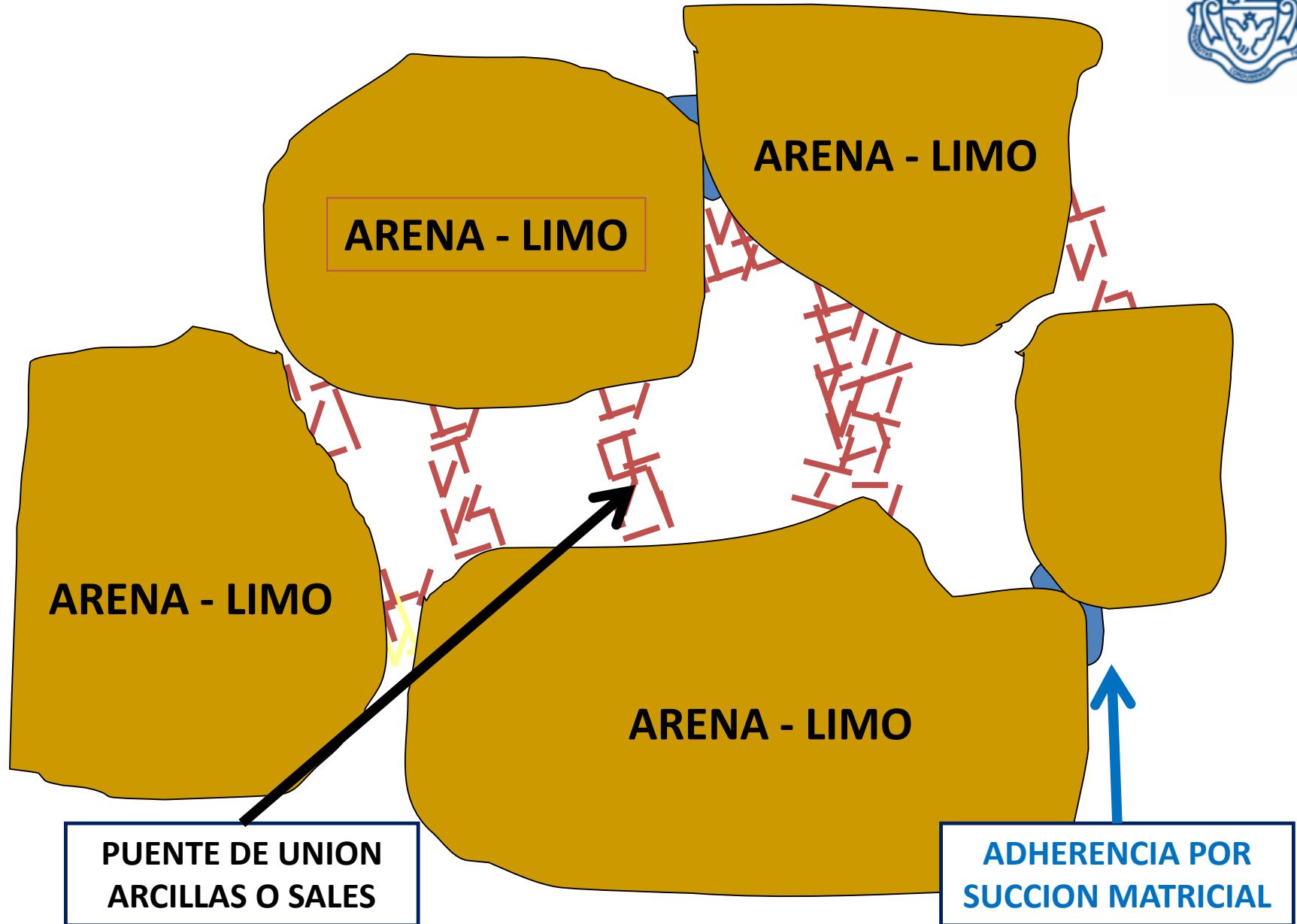
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES



COLAPSO

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

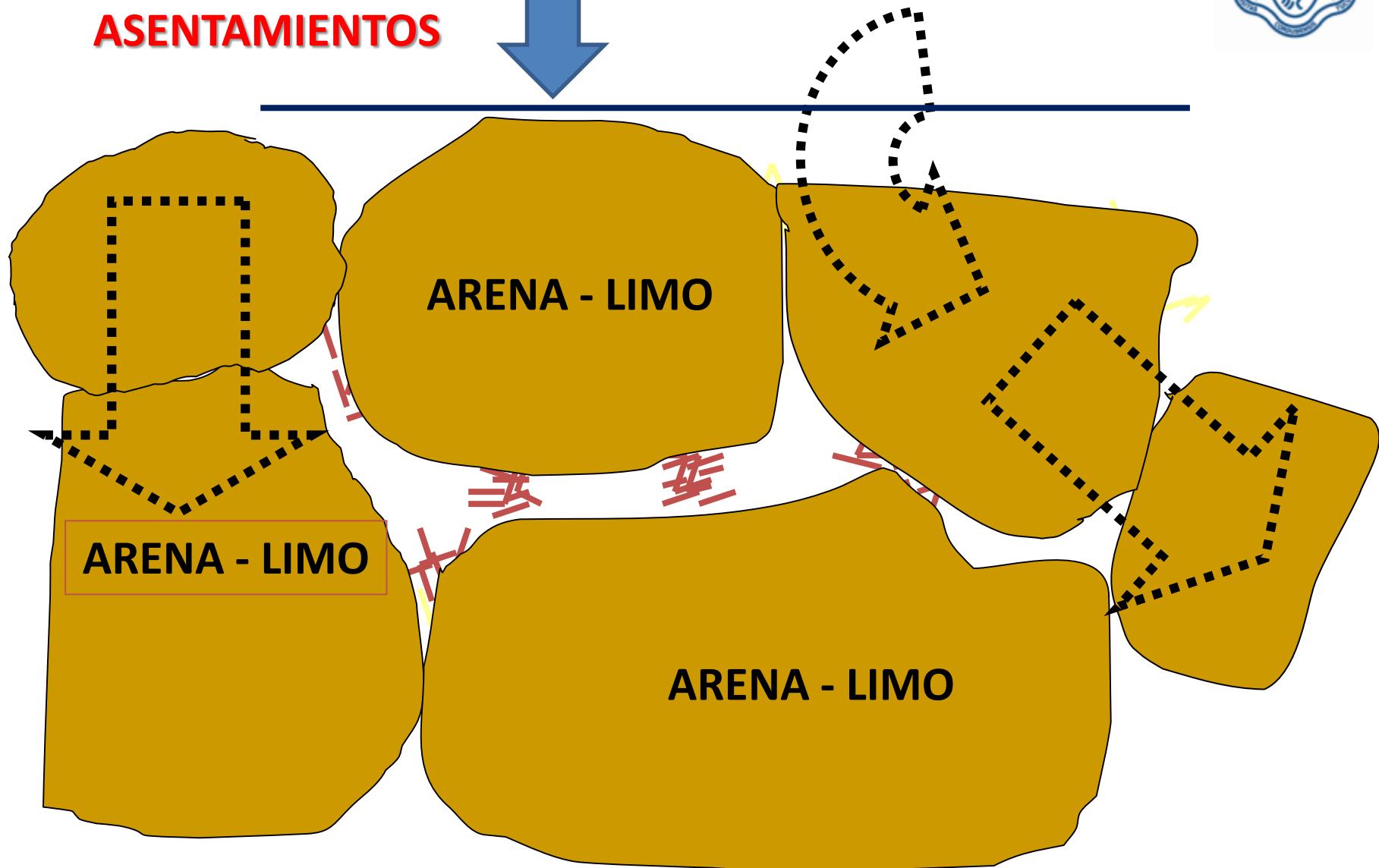
- Procesos de destrucción de los puentes cementantes
- Incremento del contenido de humedad
- Aumento de la presión sobre el suelo



CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

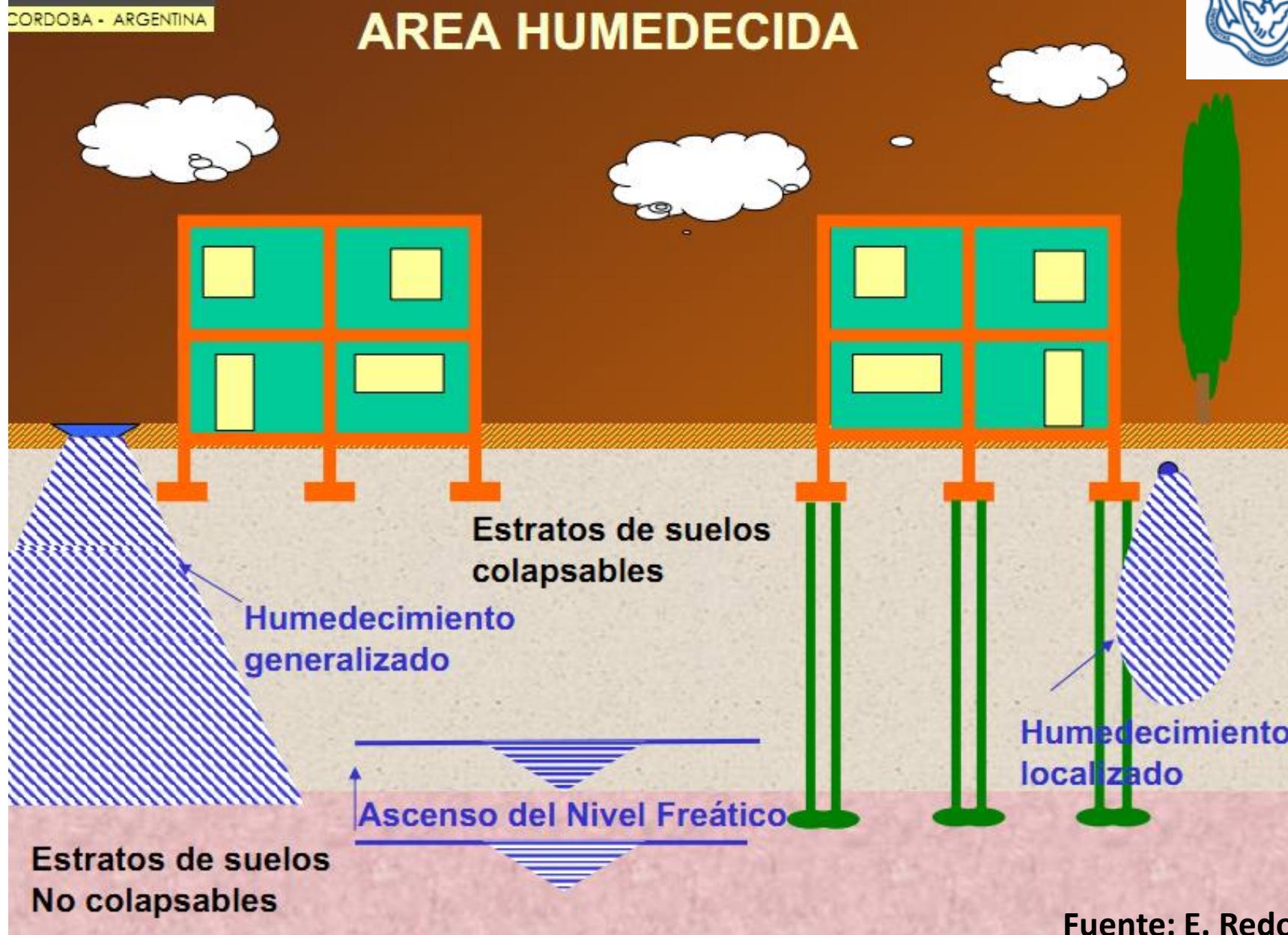


ASENTAMIENTOS



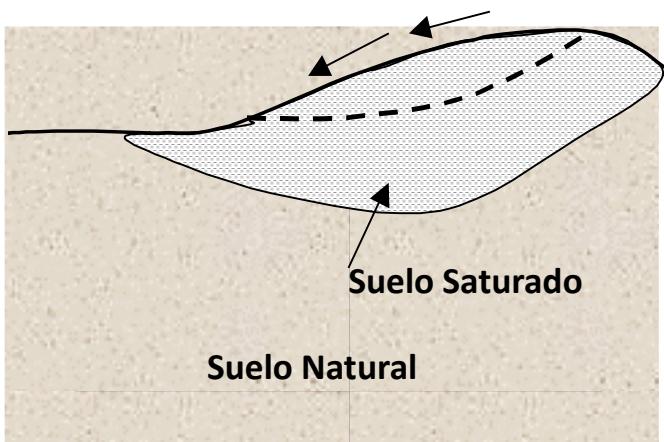


CORDOBA - ARGENTINA





Efectos del Agua



(d) Erosión Superficial



Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero

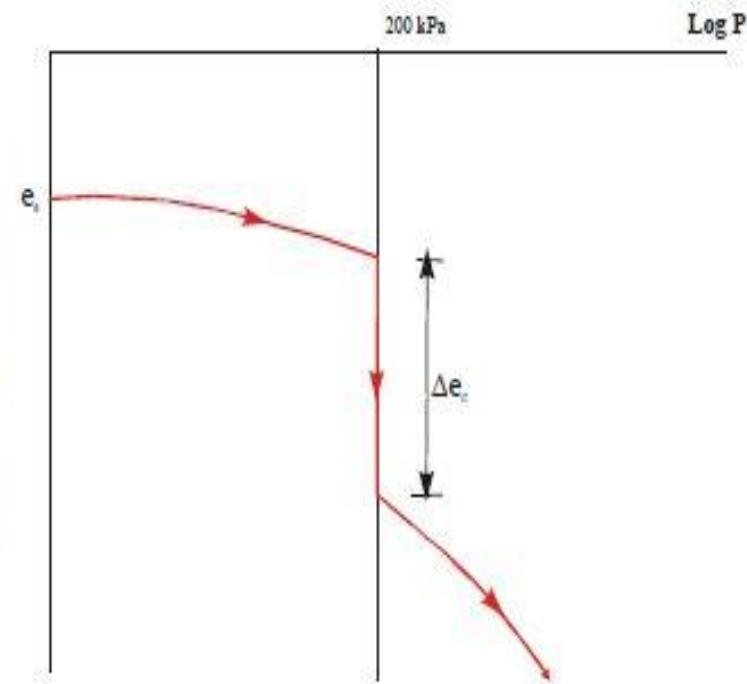
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS COLAPSABLES

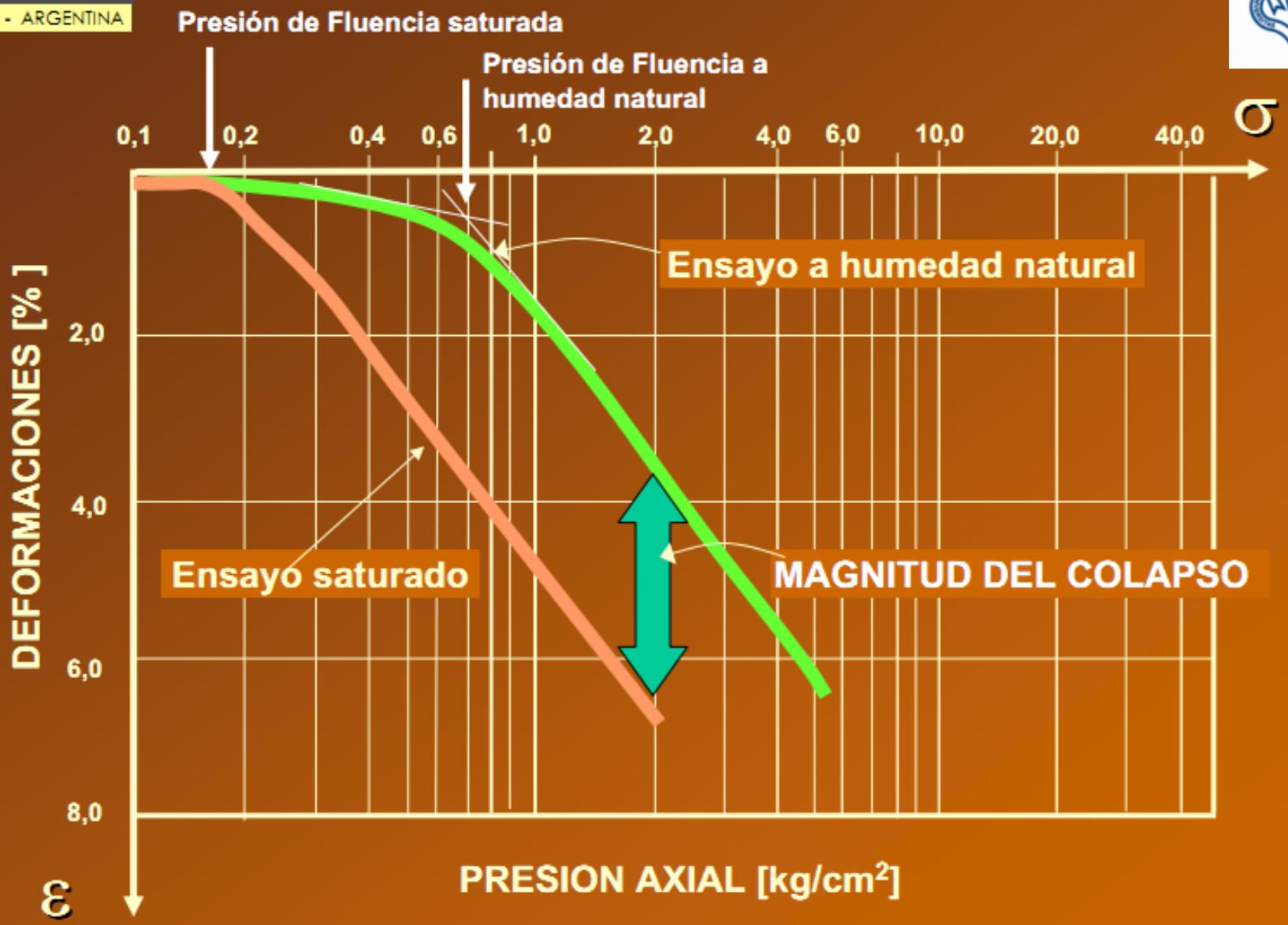
Ensayos Para la Evaluación del Colapso

Ensayo Edométrico



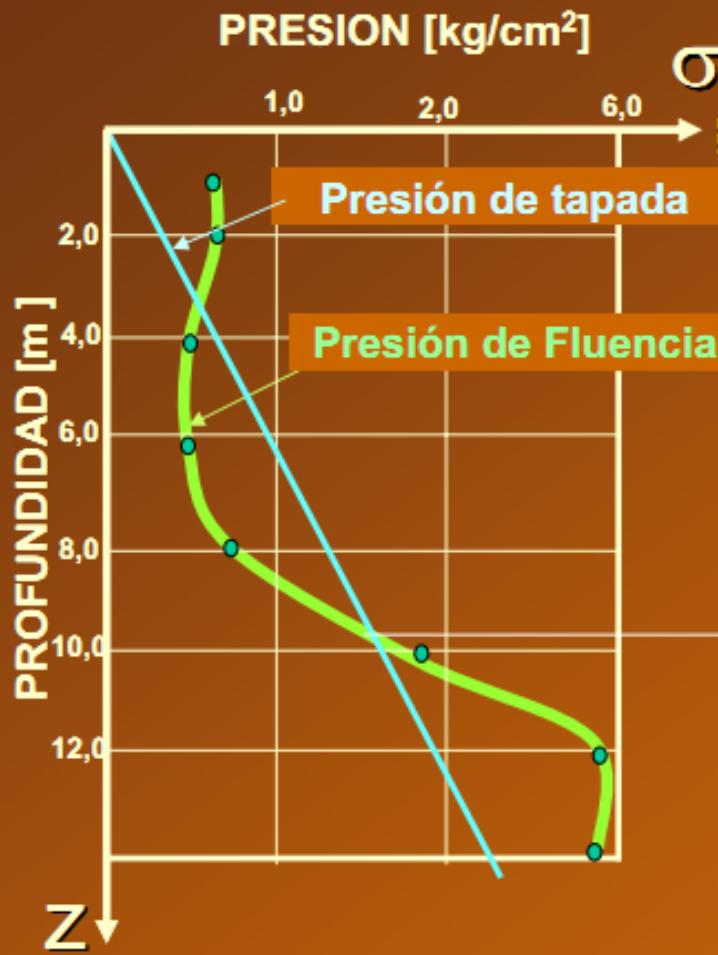
Relación de Vacíos (e)





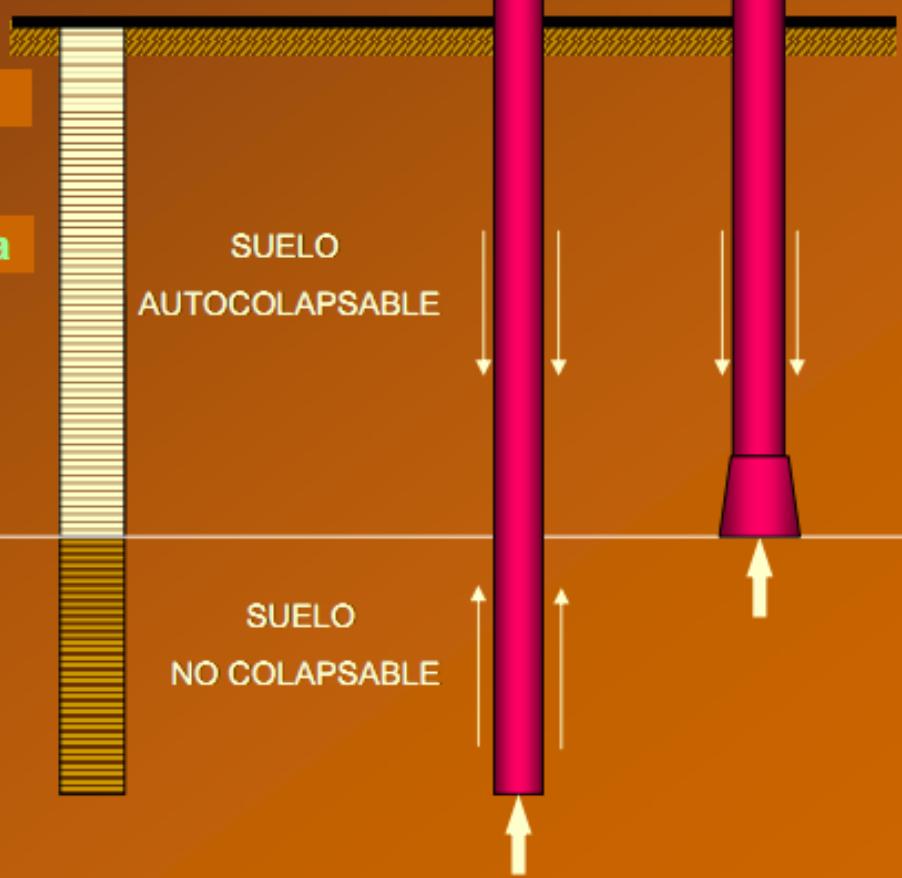


FUNDACIONES PROFUNDAS

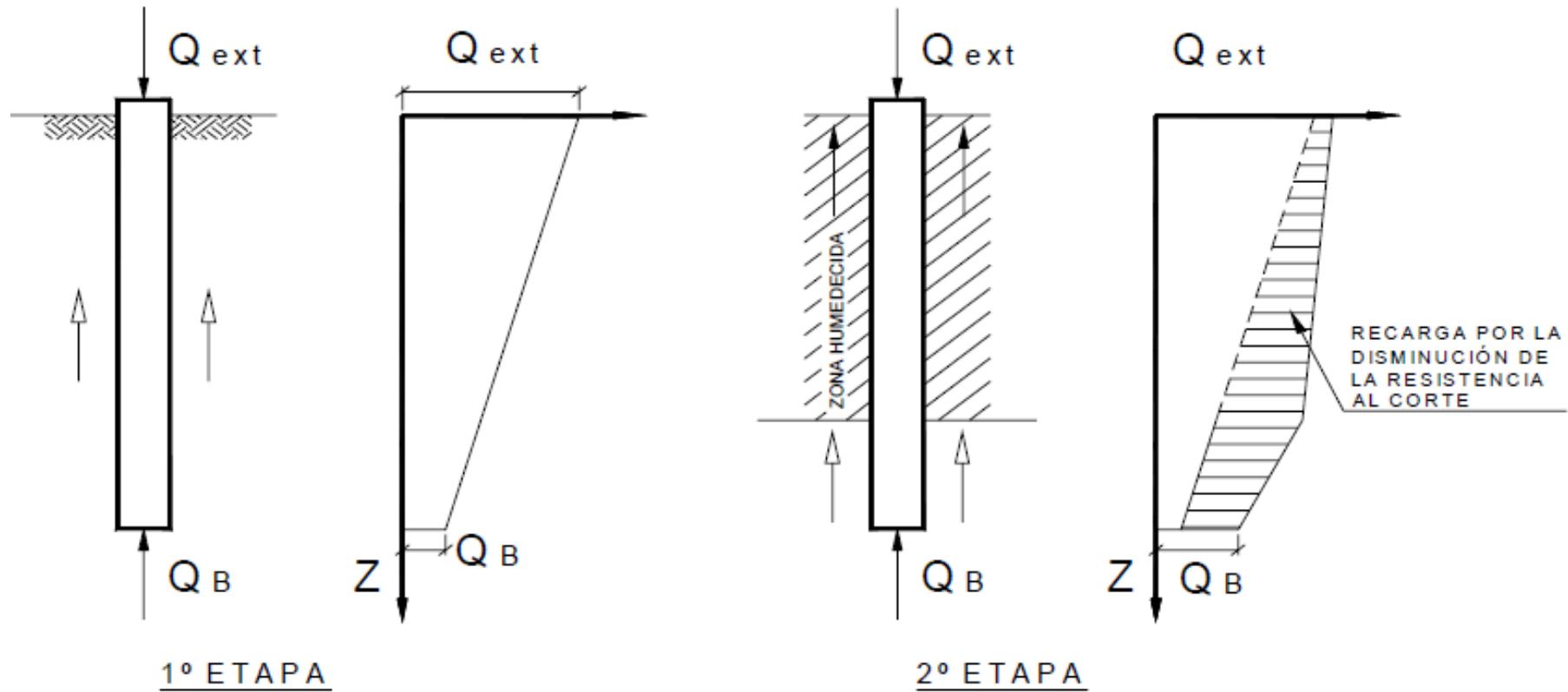


SUELO
AUTOCOLAPSABLE

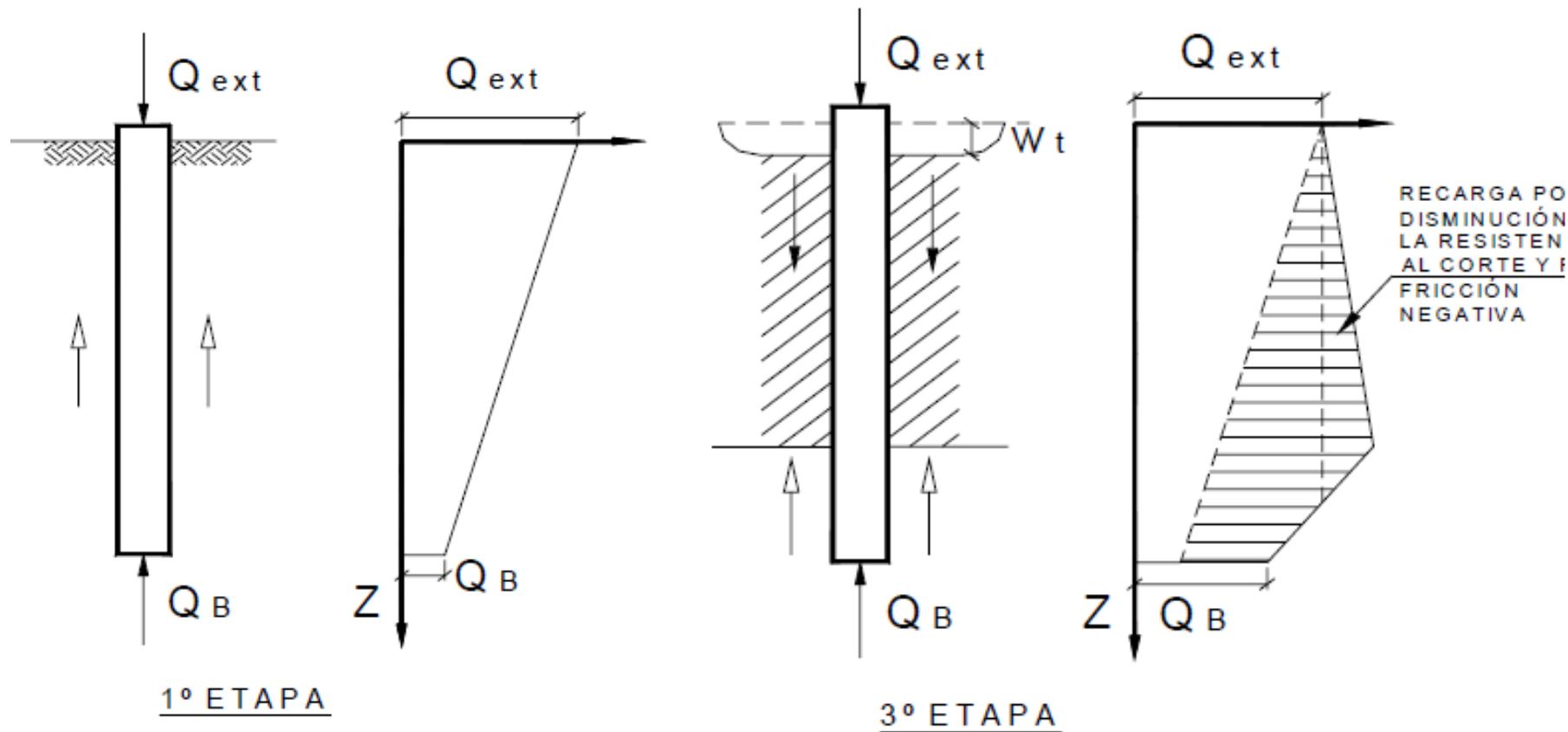
SUELO
NO COLAPSABLE



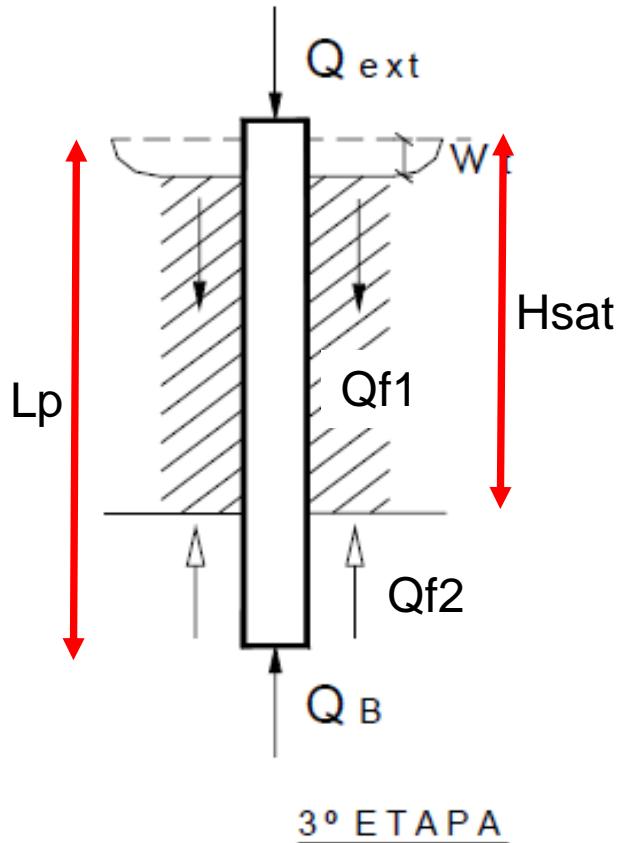
PROCESO DE COLAPSO SUPERIOR



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

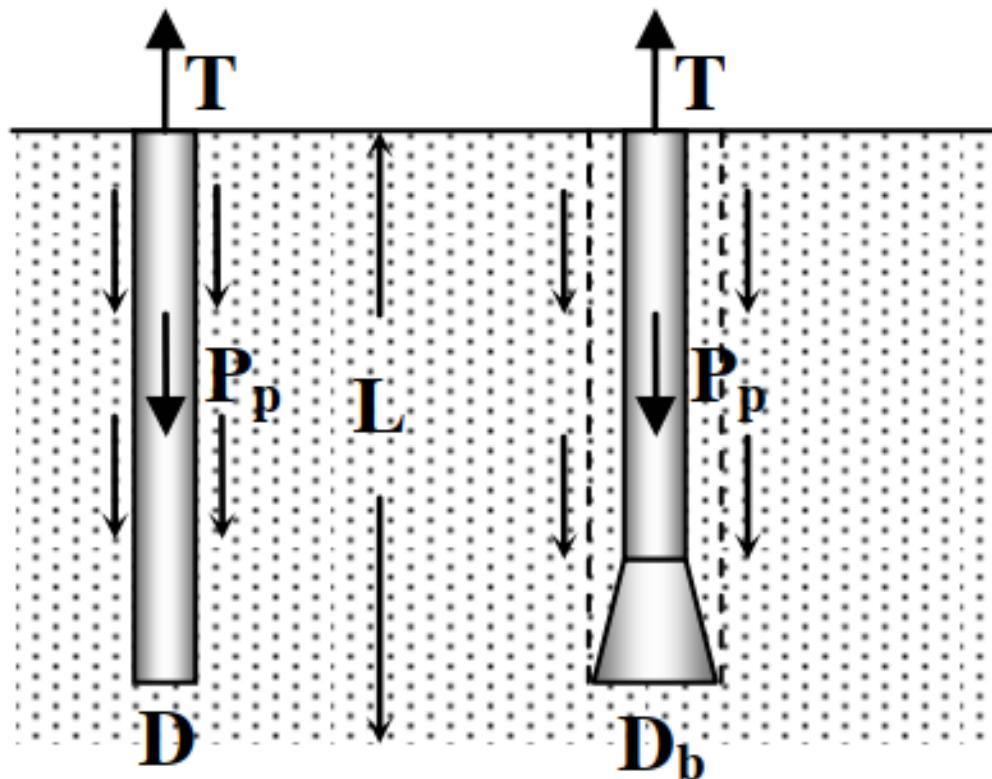
=

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

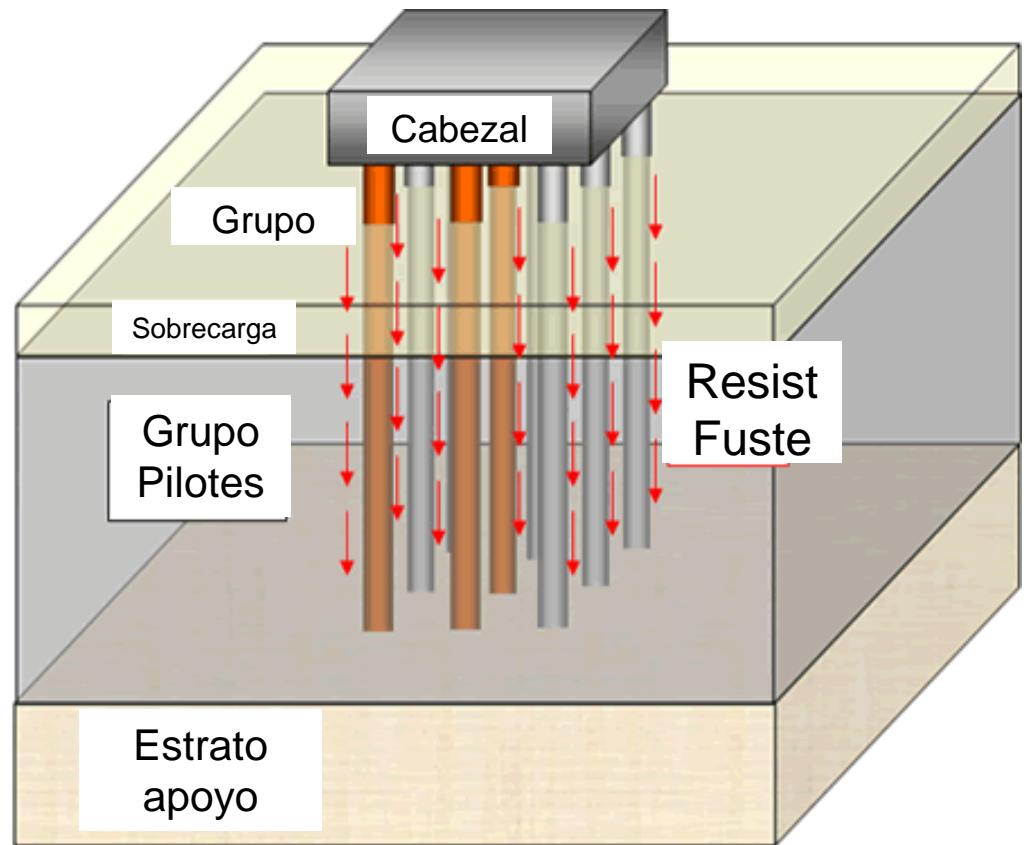
$$T_u = \pi \cdot D_b \cdot L \cdot \tau_{suelo} + P_p$$

CIMENTACIONES PROFUNDAS

(2º parte)

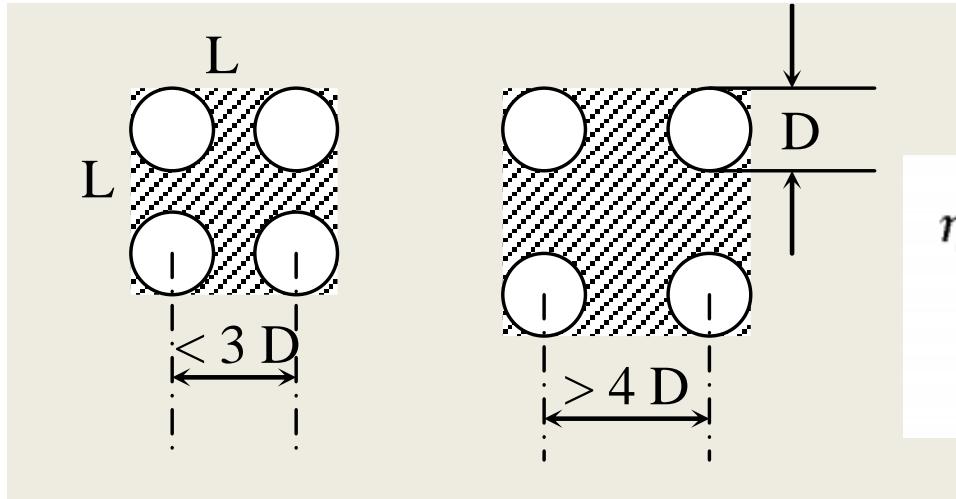
GRUPO DE PILOTES

- Capacidad de Carga.
- Cabezales de Pilotes



GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



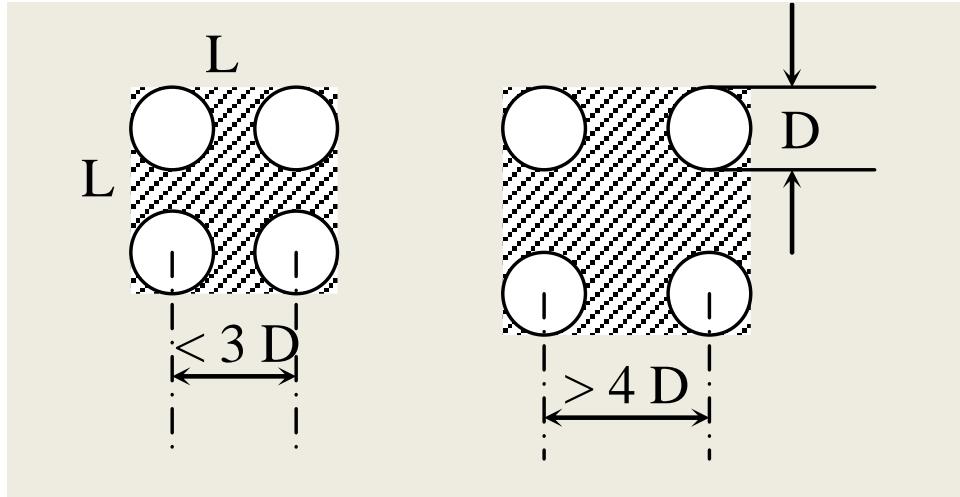
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} = \frac{f_{\text{prom}} [2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D]L}{n_1 n_2 p L f_{\text{prom}}} \\ &= \frac{2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D}{p n_1 n_2}\end{aligned}$$

**Pilotes en Suelos
Friccionales**

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

GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



Pilotes en Suelos Friccionales

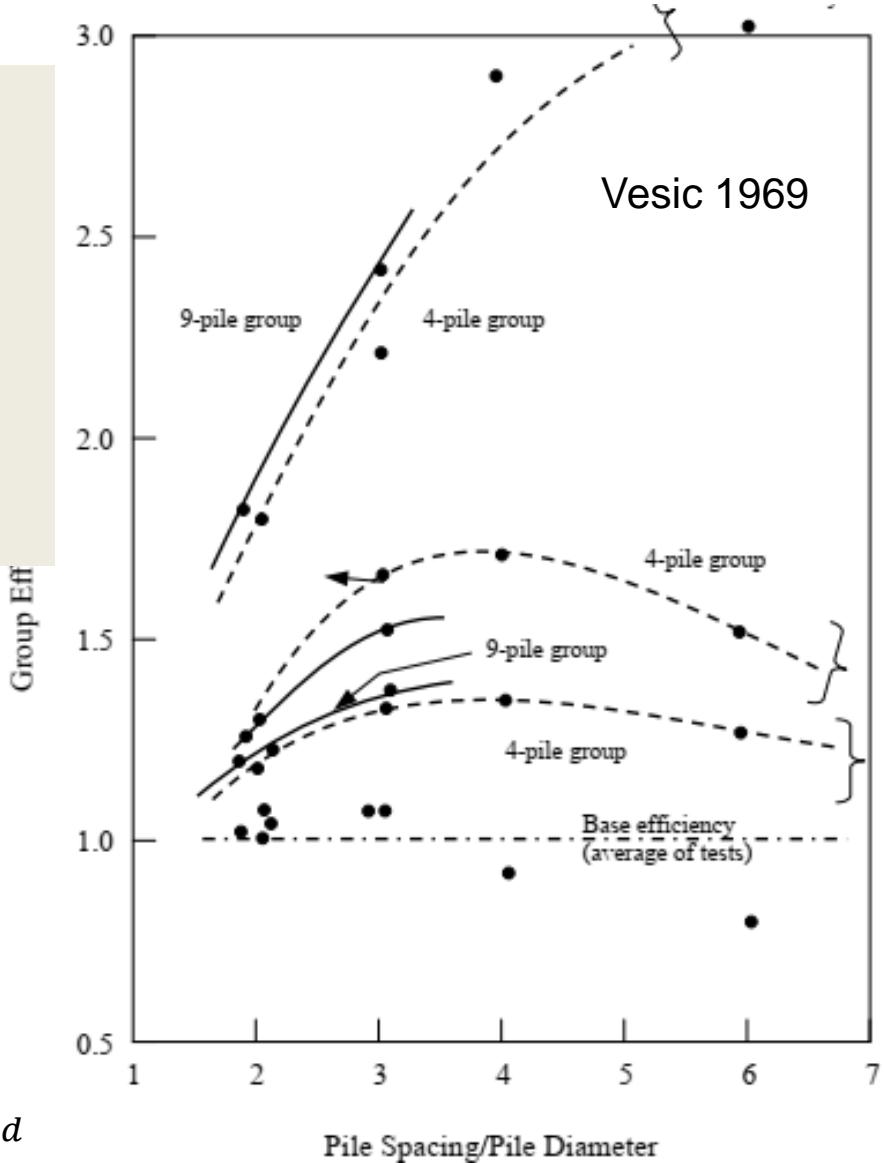
$$Q_{grupo} = \eta \cdot \Sigma Q_{indiv.}$$

Hincados

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

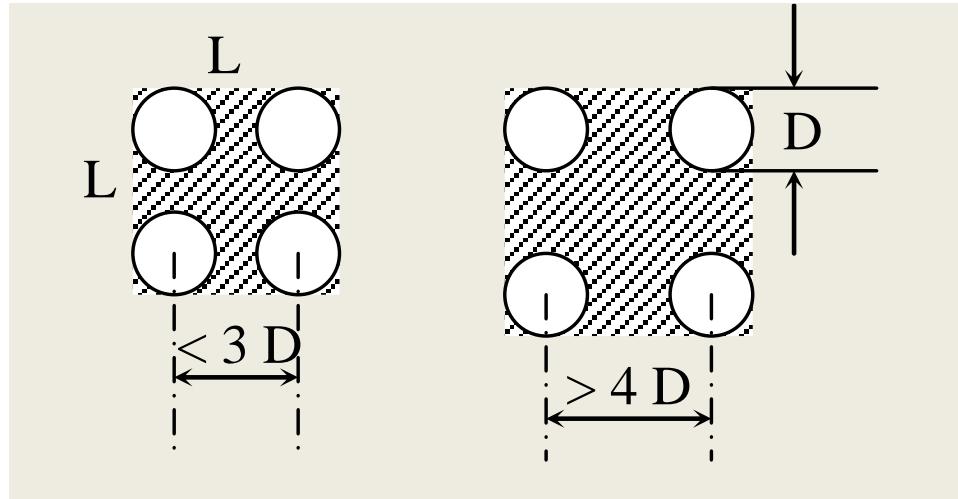
Excavados

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



GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



Pilotes en Suelos Cohesivos

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

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

Siendo

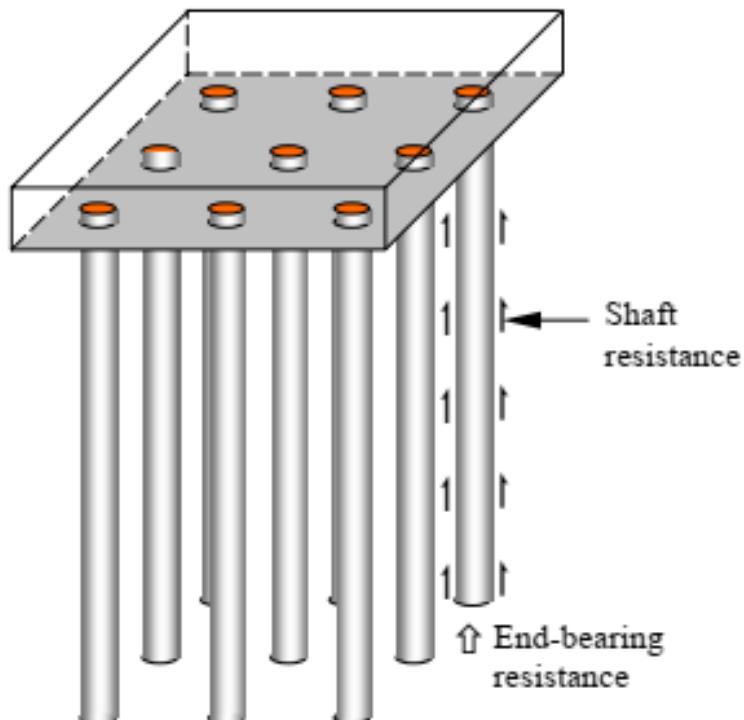
$$\eta = 1 - \frac{\arctg(s/D)}{\pi} \cdot \frac{[m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2}(m-1)(n-1)]}{m \cdot n}$$

$m = n^o$ de pilotes por fila y $n = n^o$ de pilotes por columna

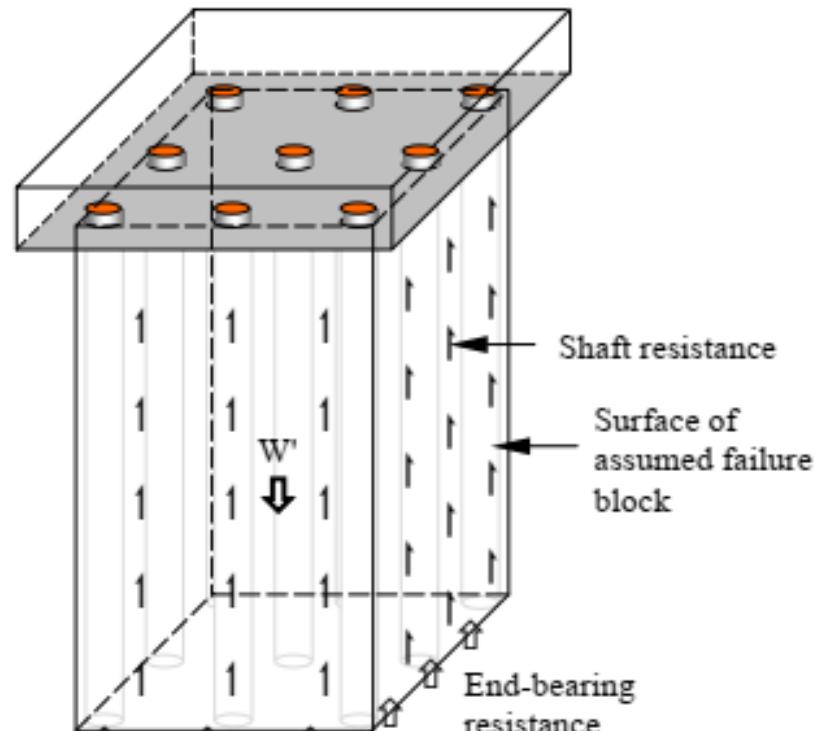
GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS

Pilotes en Suelos Cohesivos



(a) Single Pile Failure



(c) Block Failure

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

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

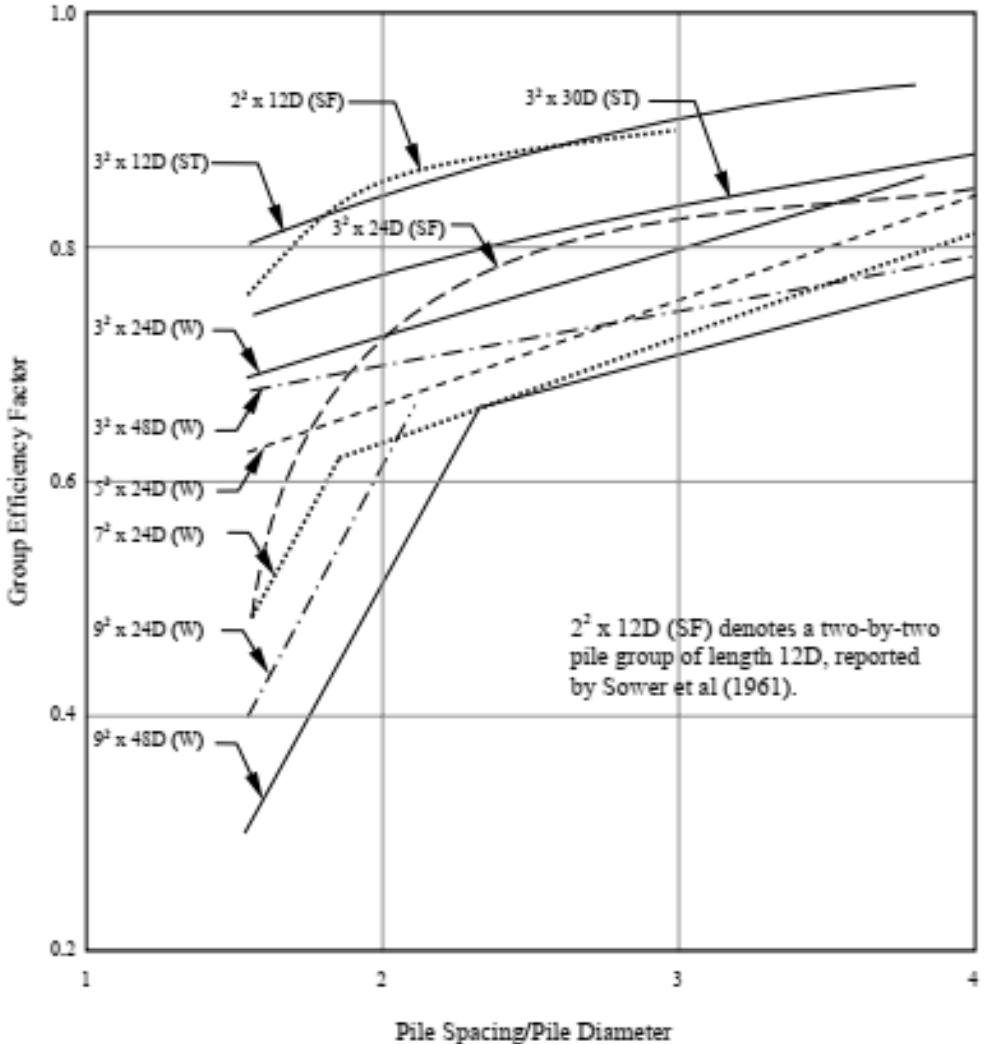
GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS

Pilotes en Suelos Cohesivos

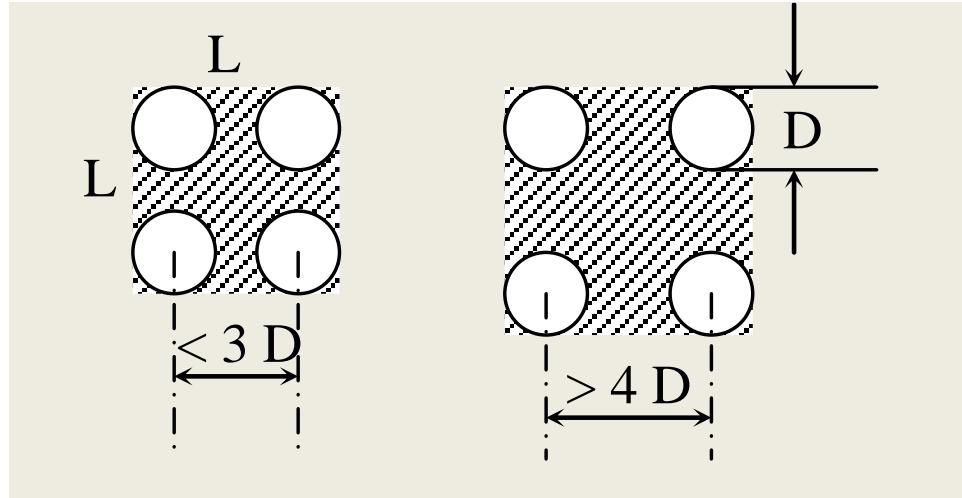
$$Q_{grupo} = \eta \cdot \Sigma Q_{indiv.}$$

De Mello (1969)

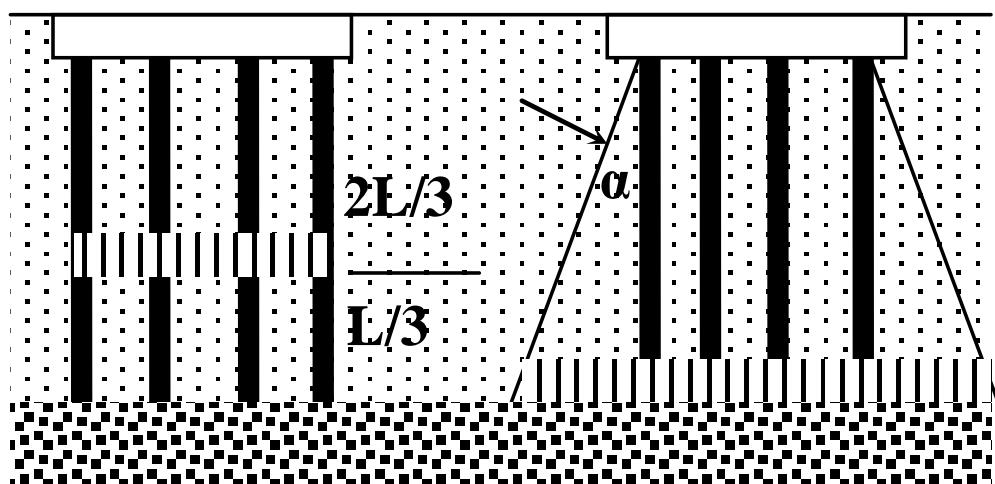


GRUPO DE PILOTES

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS



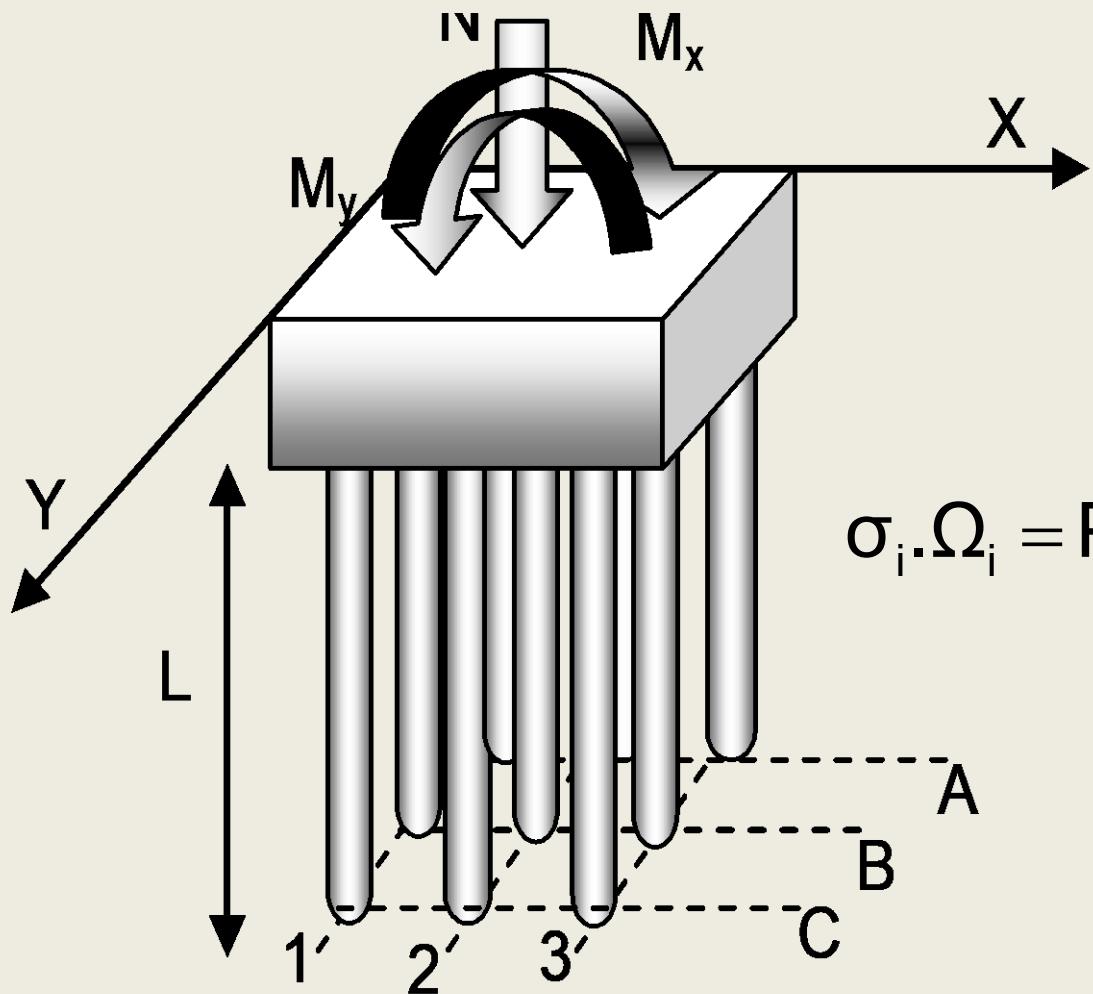
$$Q_{grupo} = \eta \cdot \Sigma Q_{indiv.}$$



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

GRUPO DE PILOTES

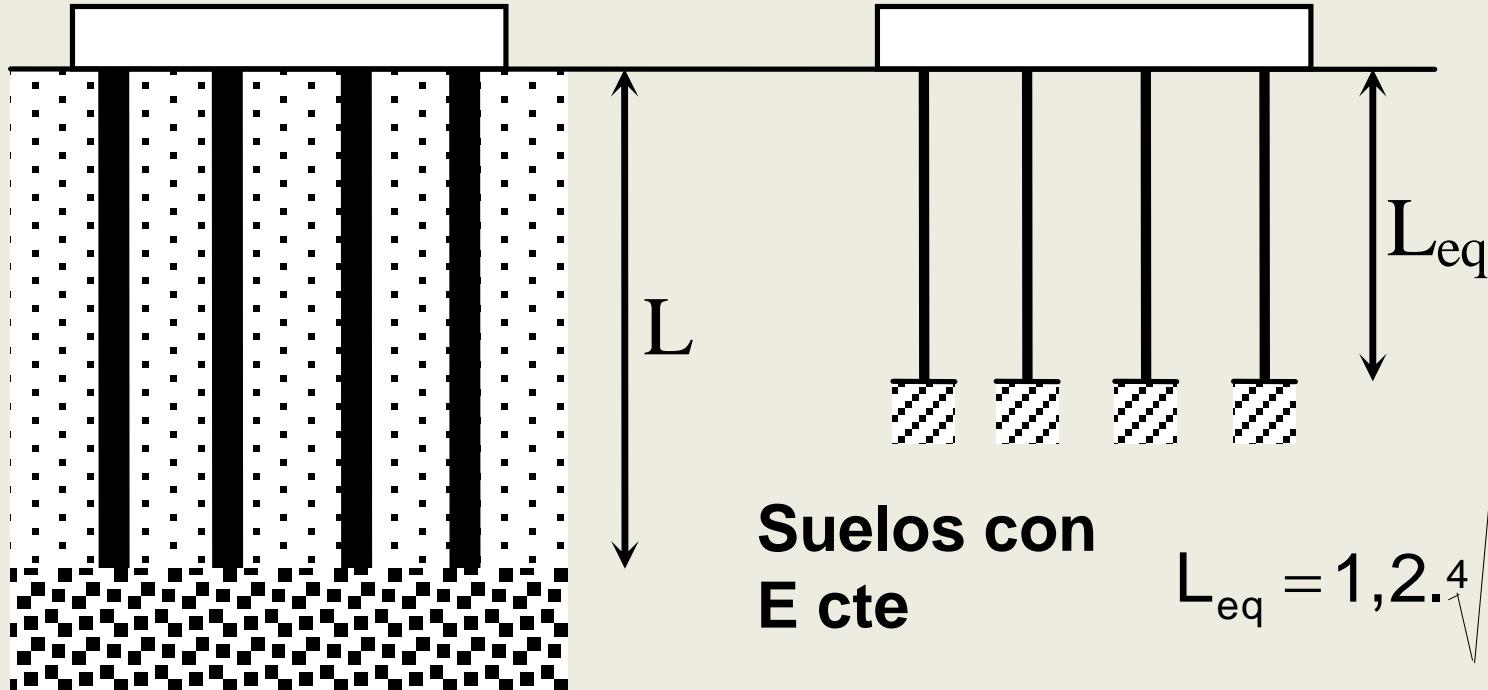
SOLICITACIONES EN PILOTES DEL GRUPO



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

GRUPO DE PILOTES

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS (Modelaciones)



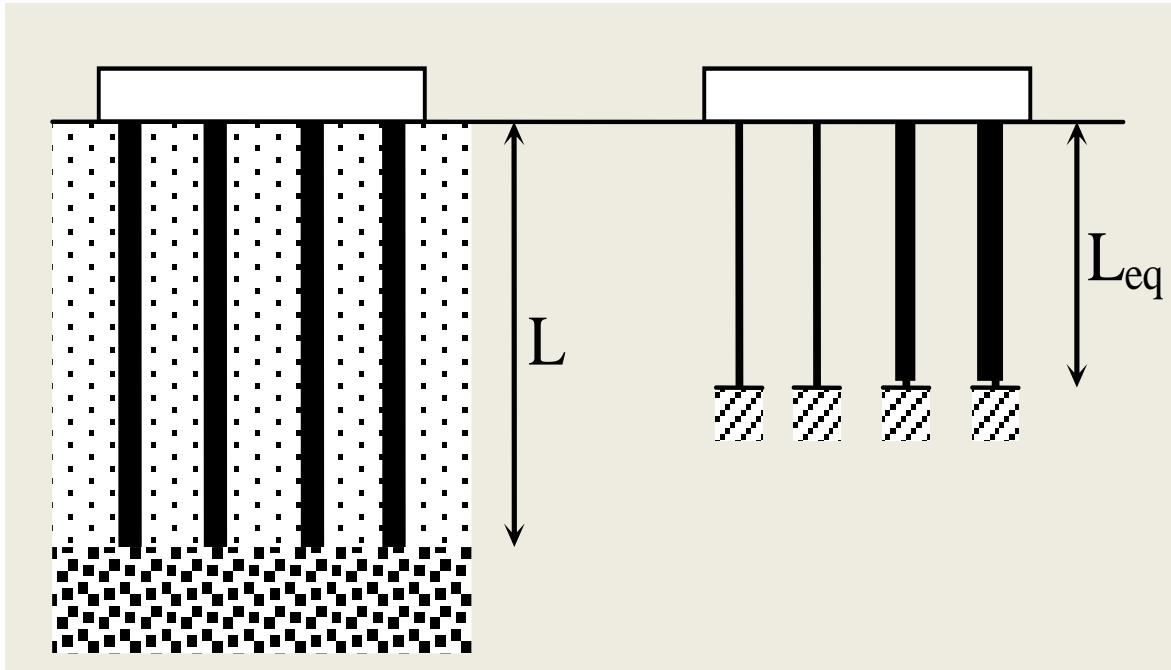
Suelos con E variable

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

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

GRUPO DE PILOTES

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS (Modelaciones)



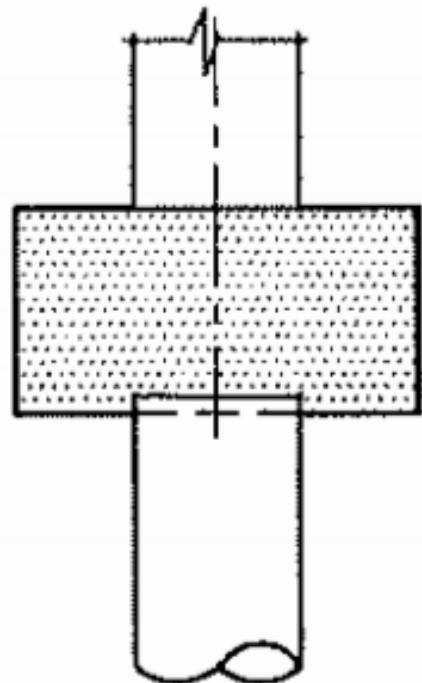
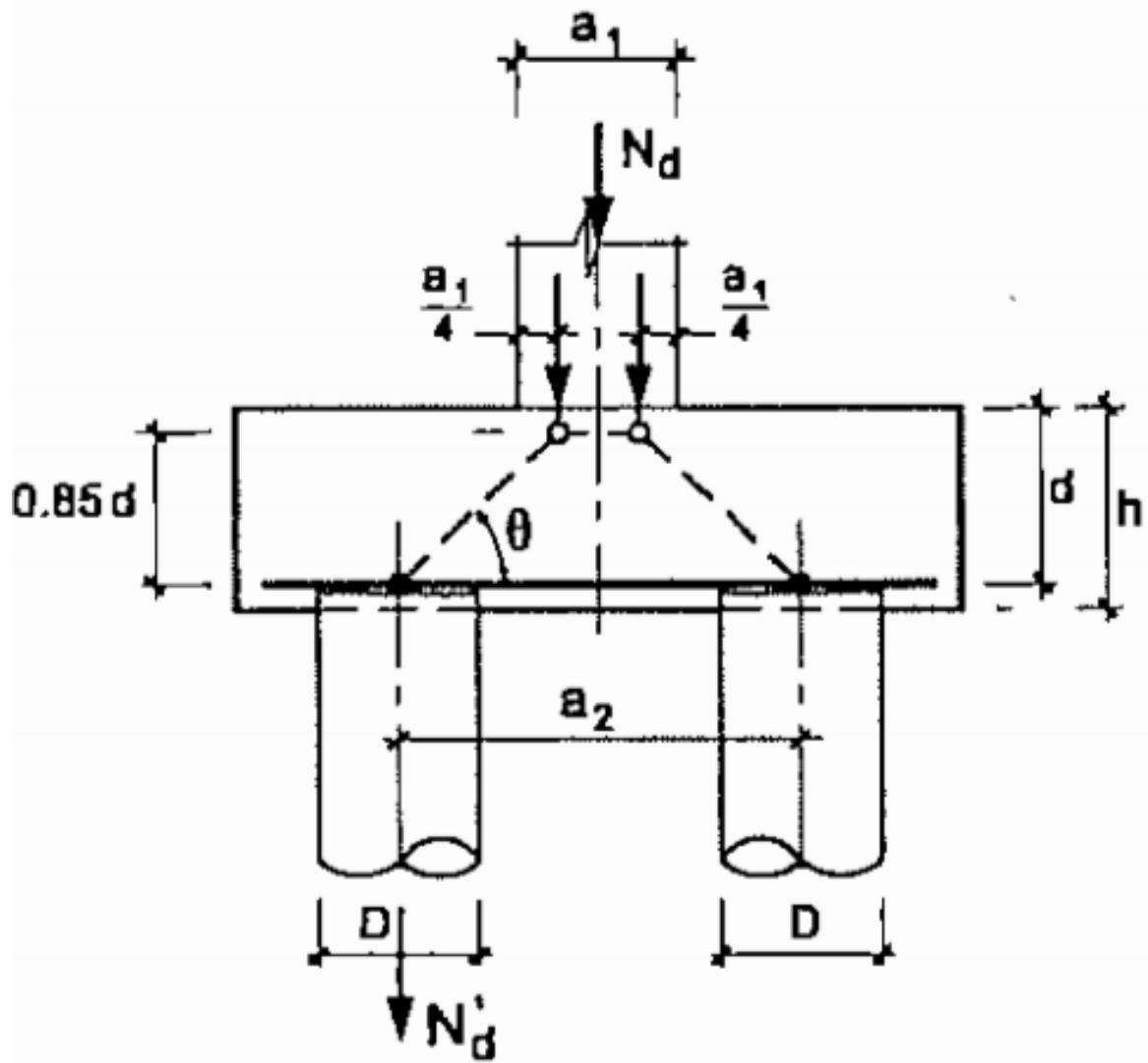
Distribución de Esfuerzo por Rigidez

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

Influencia de los Momentos en la Rigidez

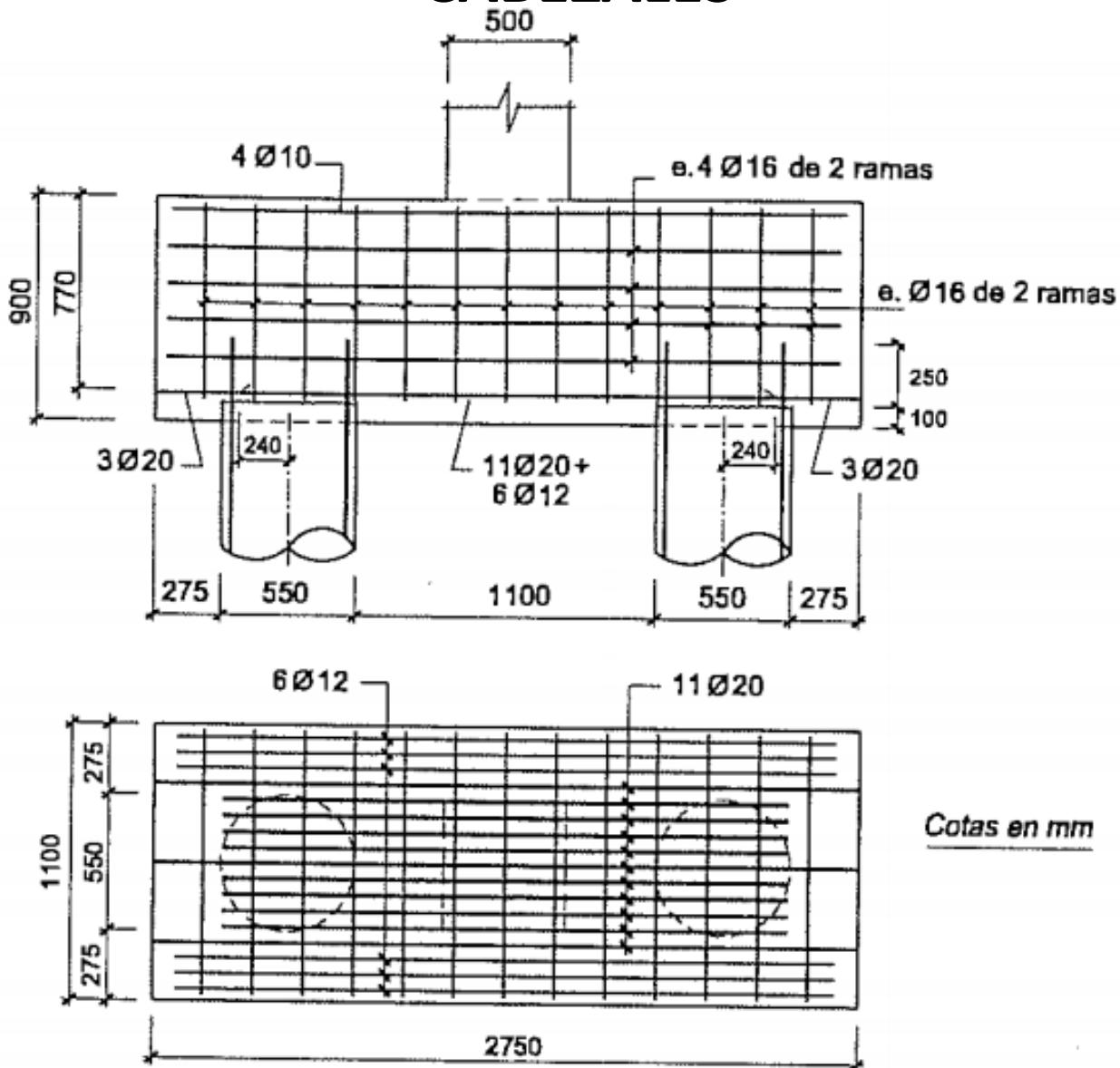
$$\Delta H_{ix} = \frac{M_x \cdot R_{iLx} \cdot y_i}{\sum R_{iLx} \cdot y_i^2}$$

GRUPO DE PILOTES CABEZALES



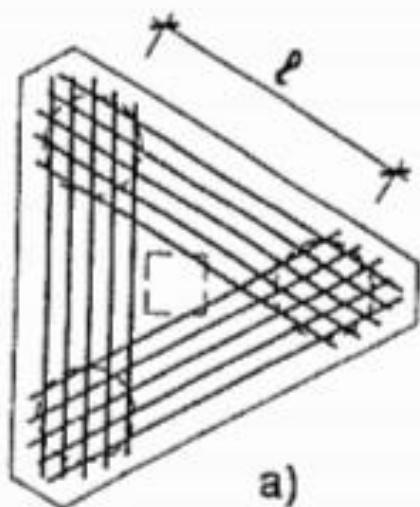
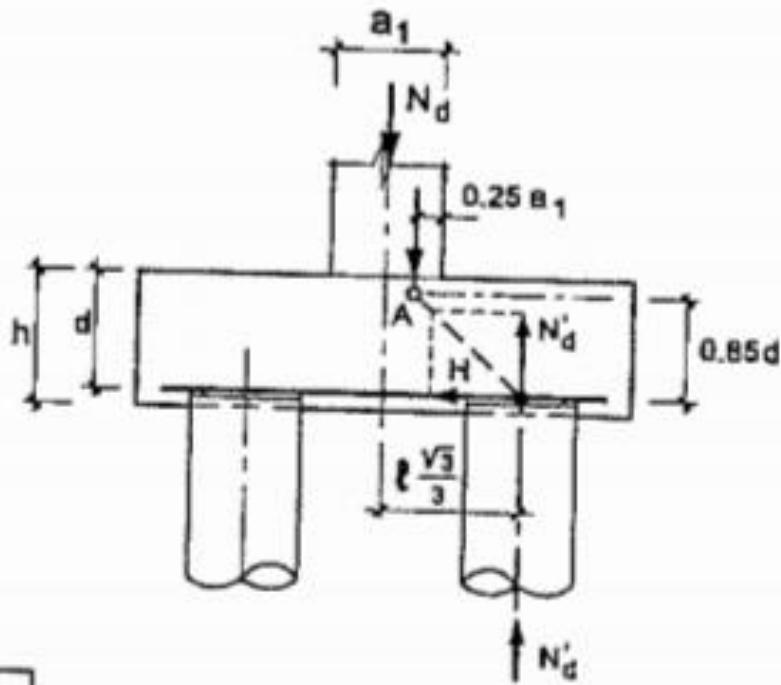
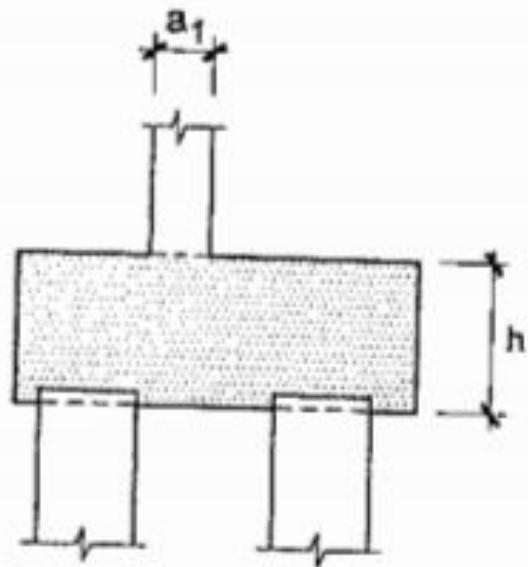
GRUPO DE PILOTES

CABEZALES

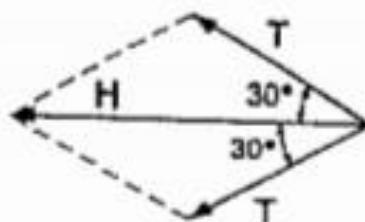


GRUPO DE PILOTES

CABEZALES



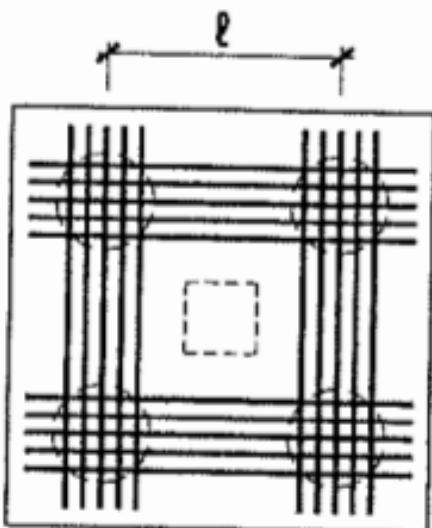
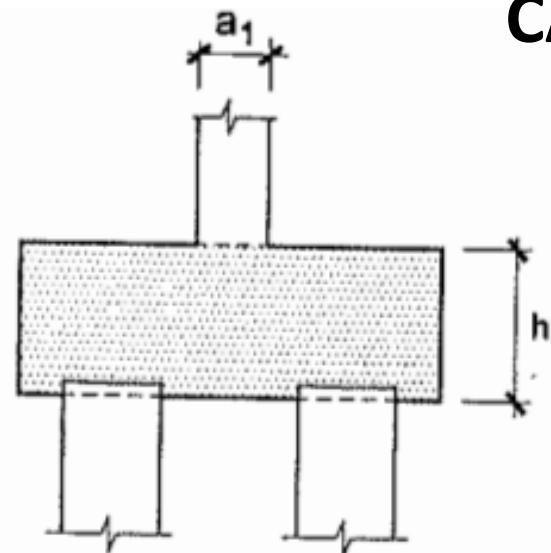
a)



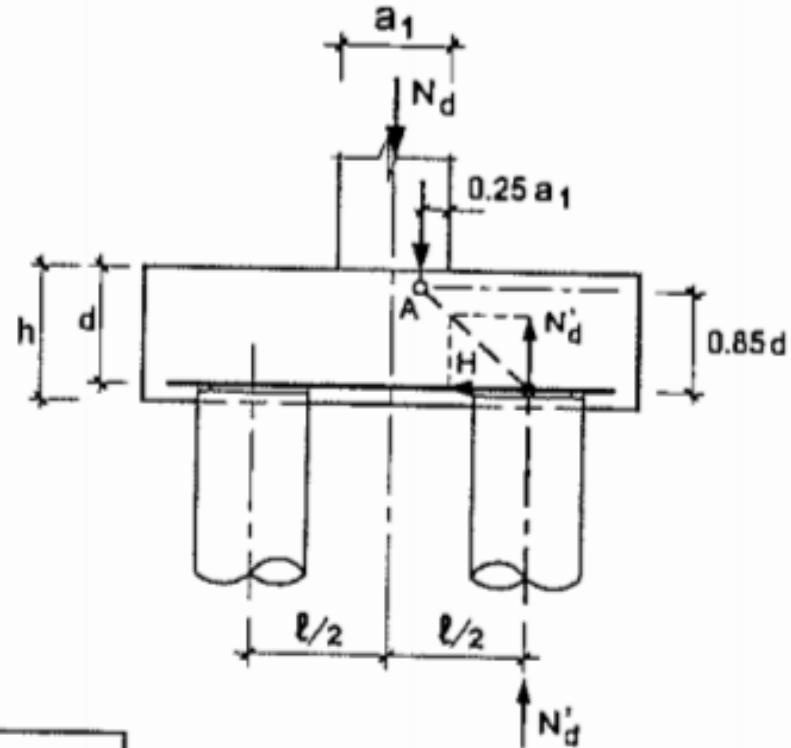
b)

GRUPO DE PILOTES

CABEZALES



a)



$$l \leq 3h$$

b)



CIMENTACIONES PROFUNDAS

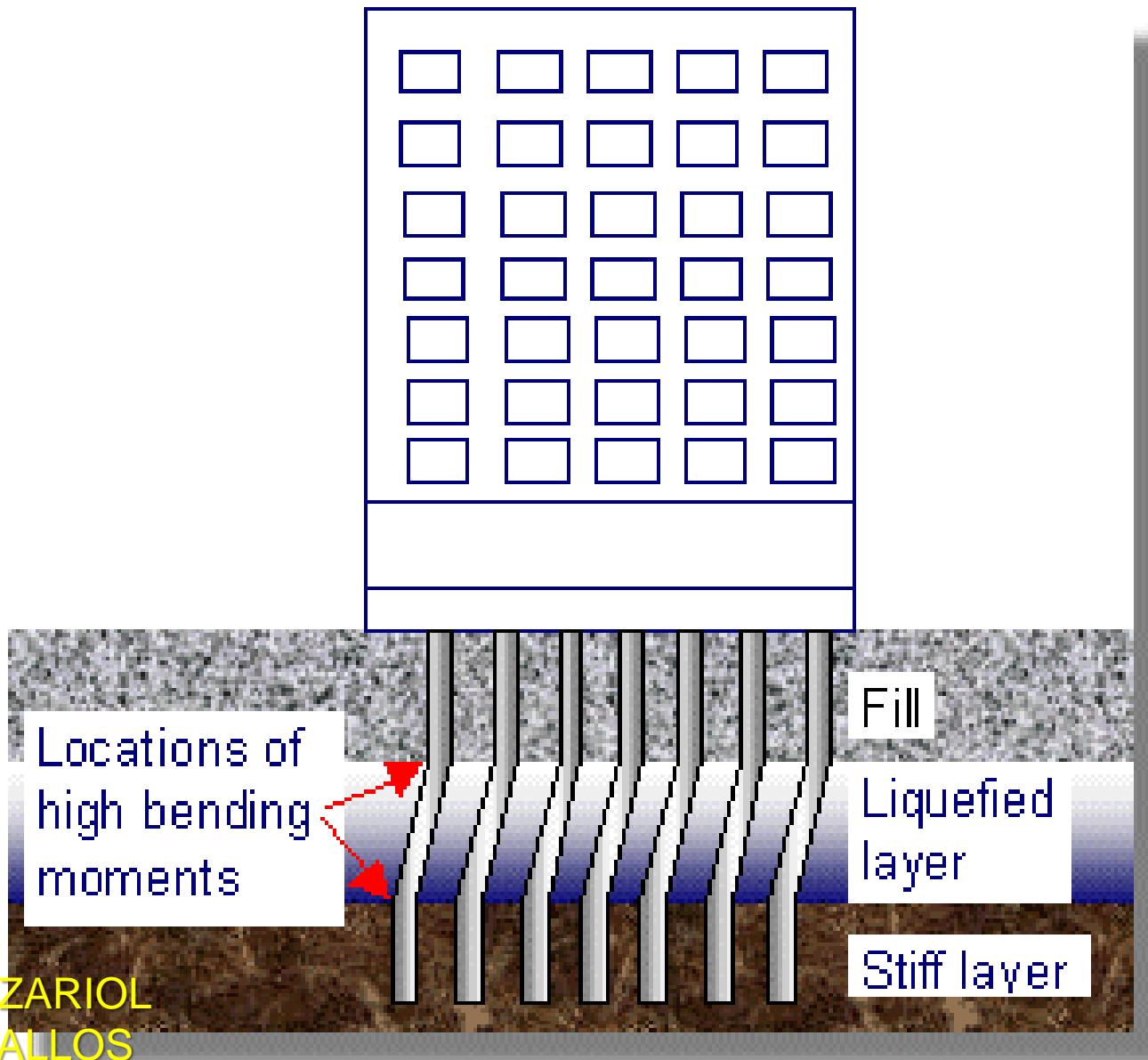
(2º parte)

SOLICITACIONES HORIZONTALES

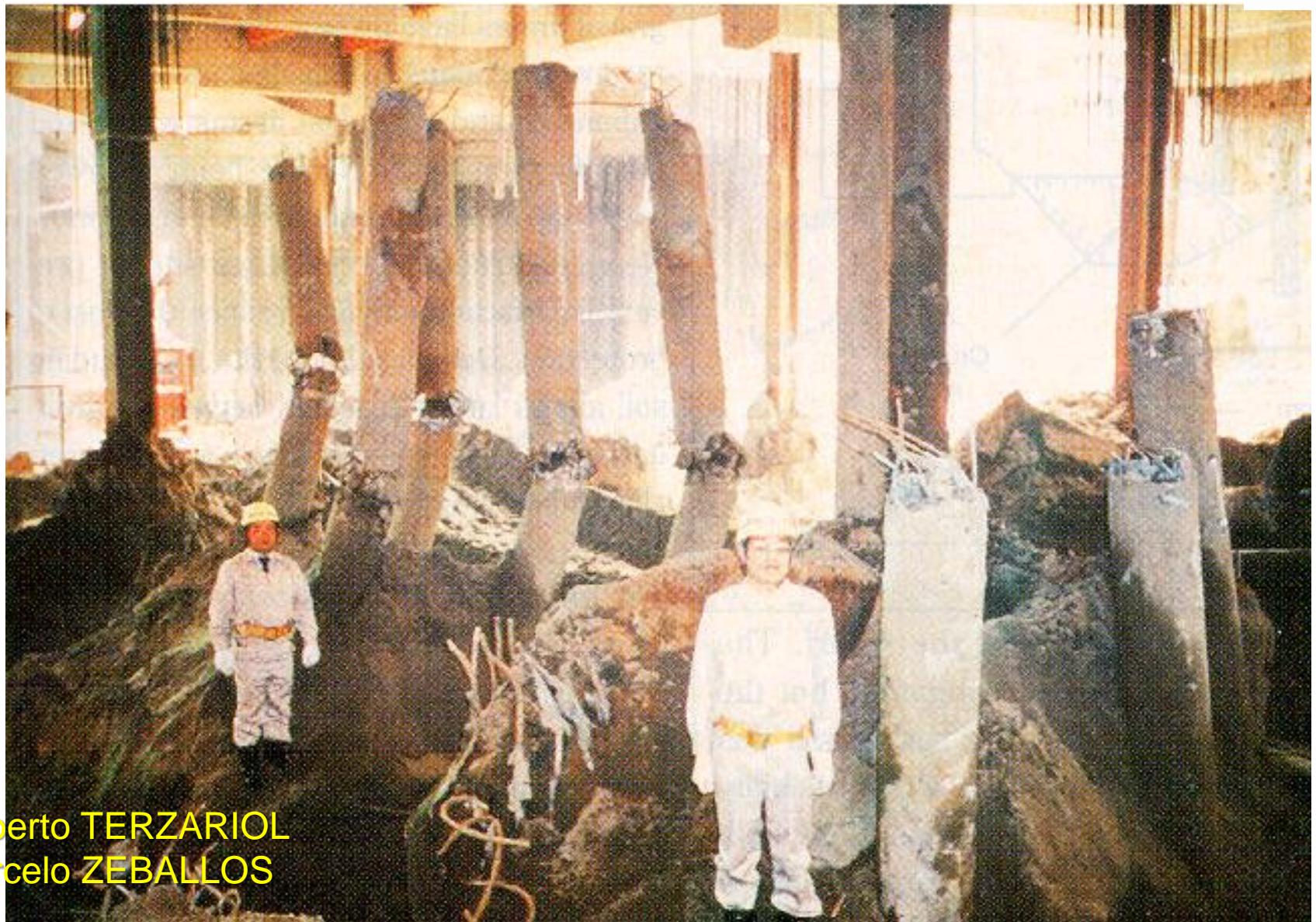
- Caracterización de Problema.
- Identificación de Parámetros.
- Diseño

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES

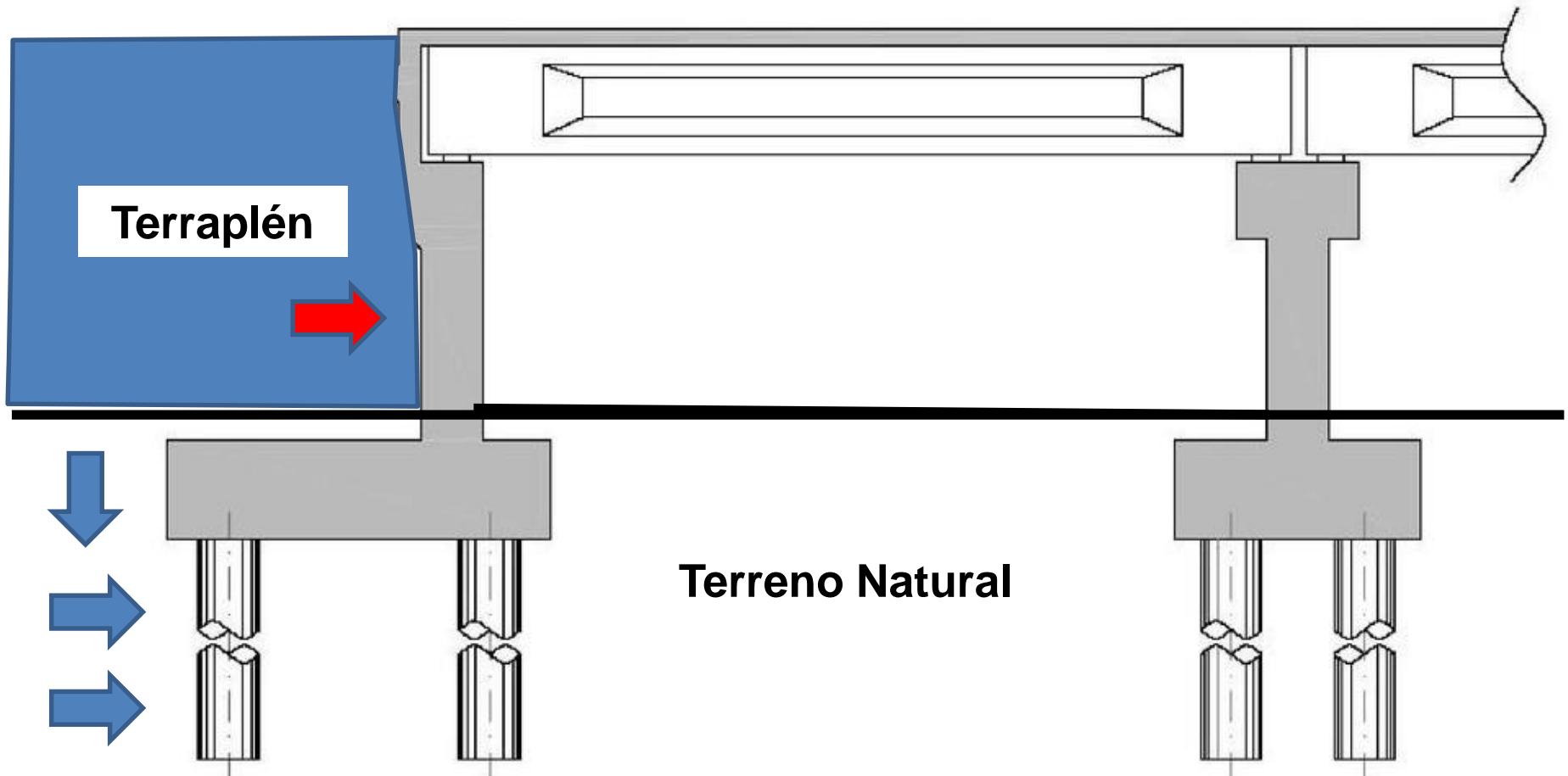


ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES

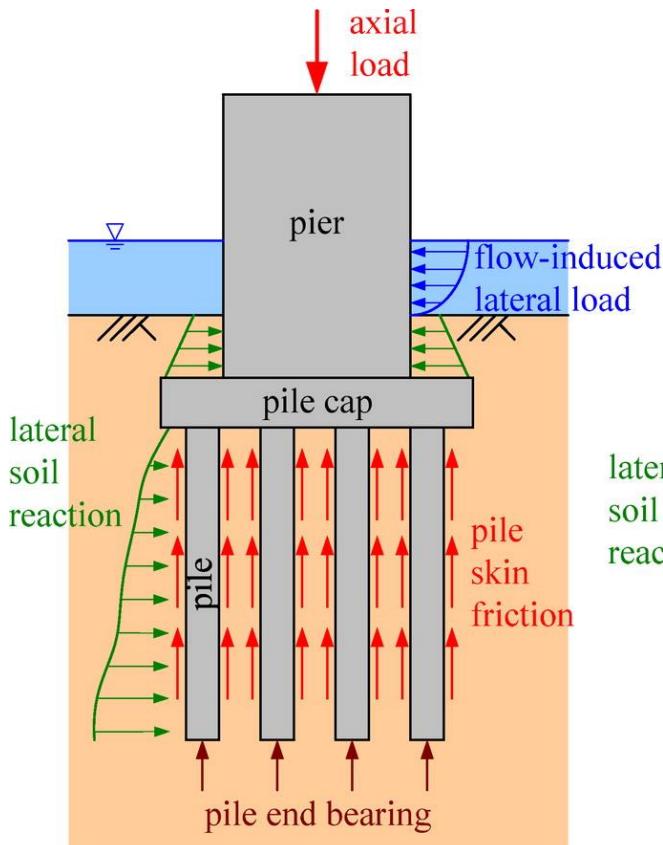


Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS

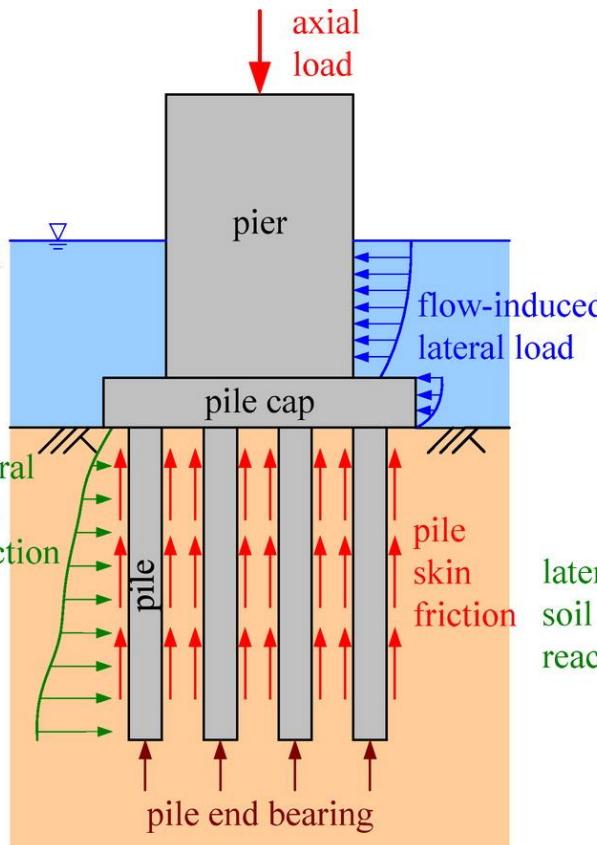
ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES



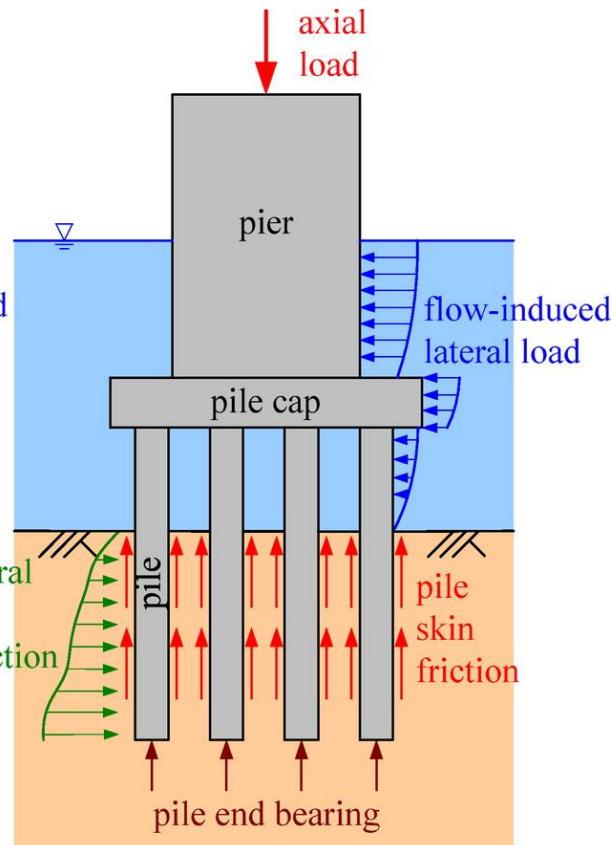
ESFUERZOS EN PILOTES BAJO CARGAS LATERALES



Before scour



After scour
(pile cap exposed)

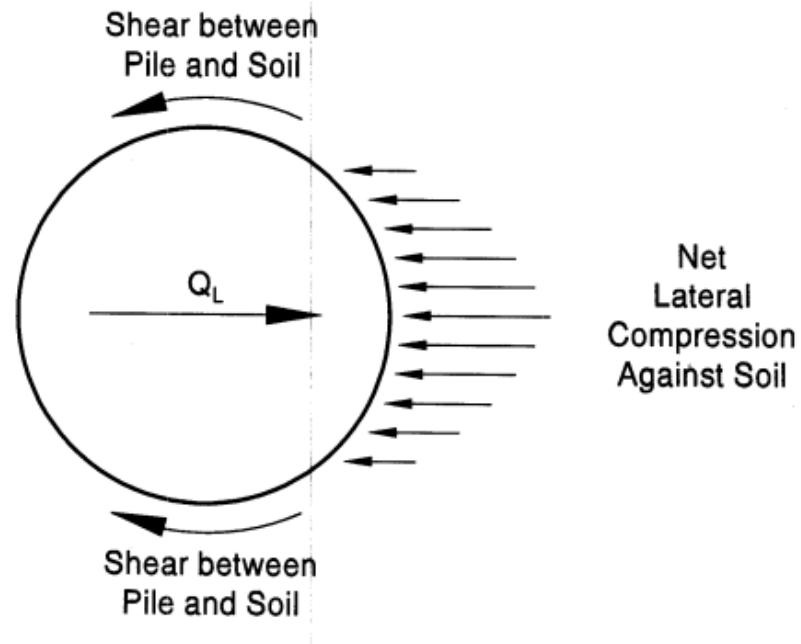


After scour
(pile partially exposed)

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

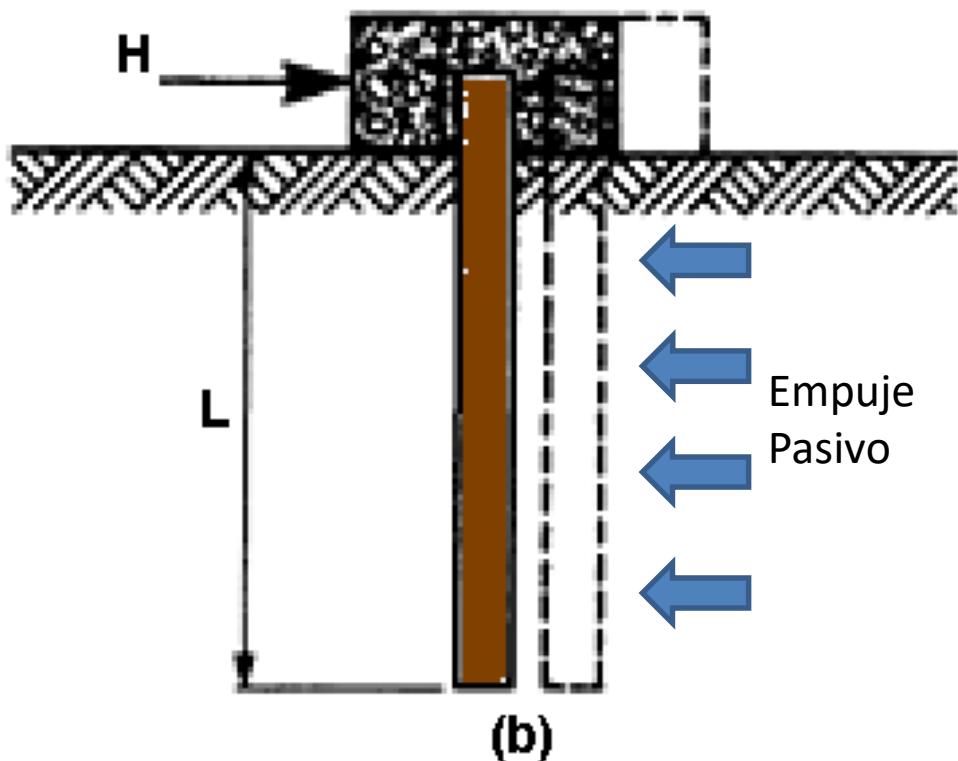
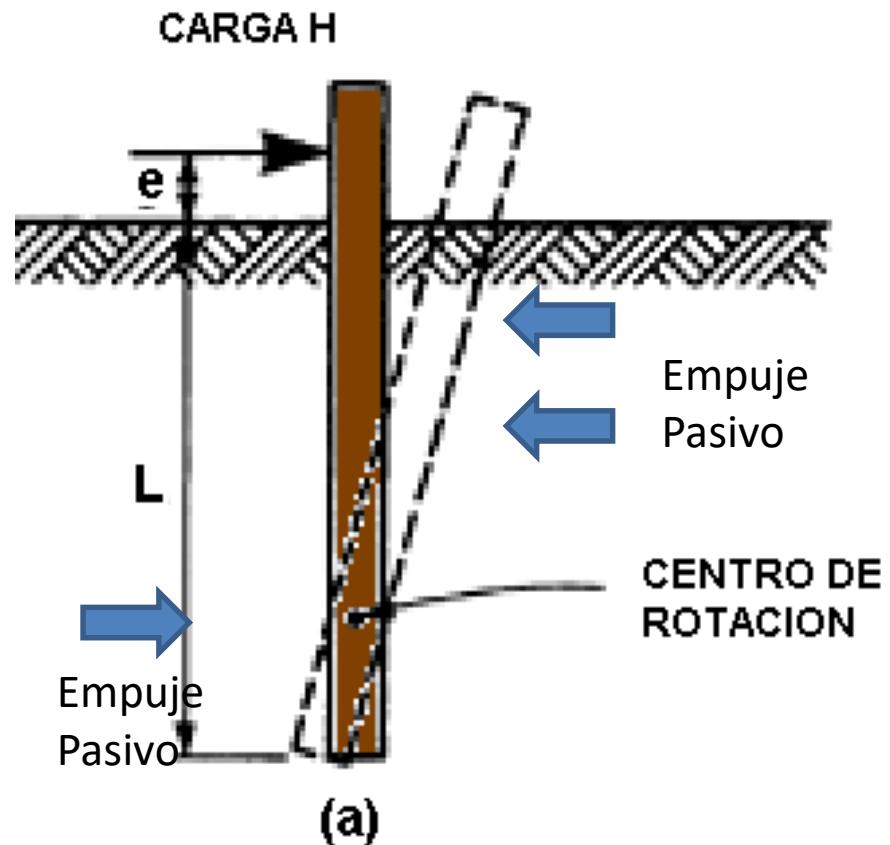
- **Formas de aplicación de la carga**

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

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

MODELO DE COMPORTAMIENTO

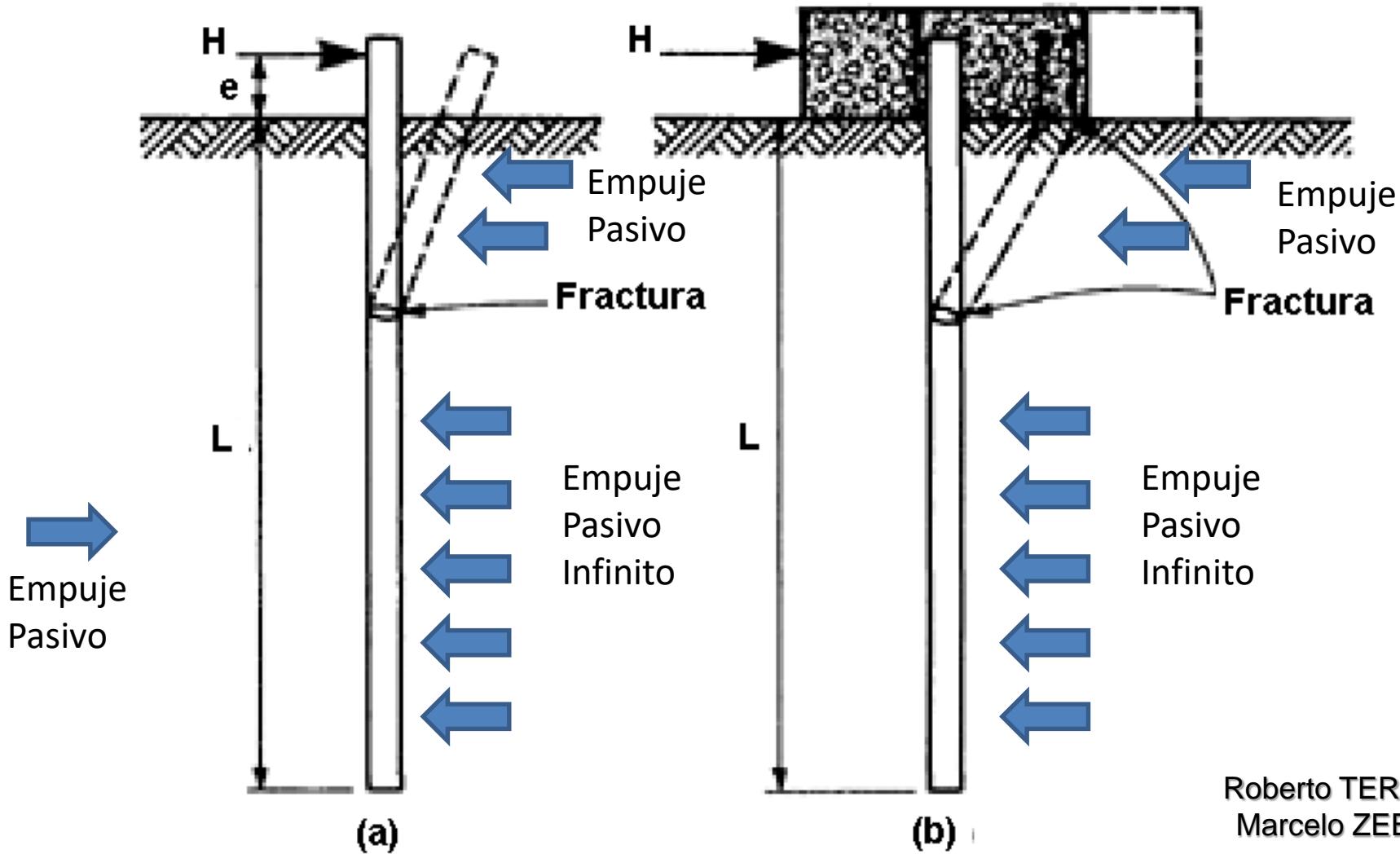
Esquema de Trabajo en Pilote Corto



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

MODELO DE COMPORTAMIENTO

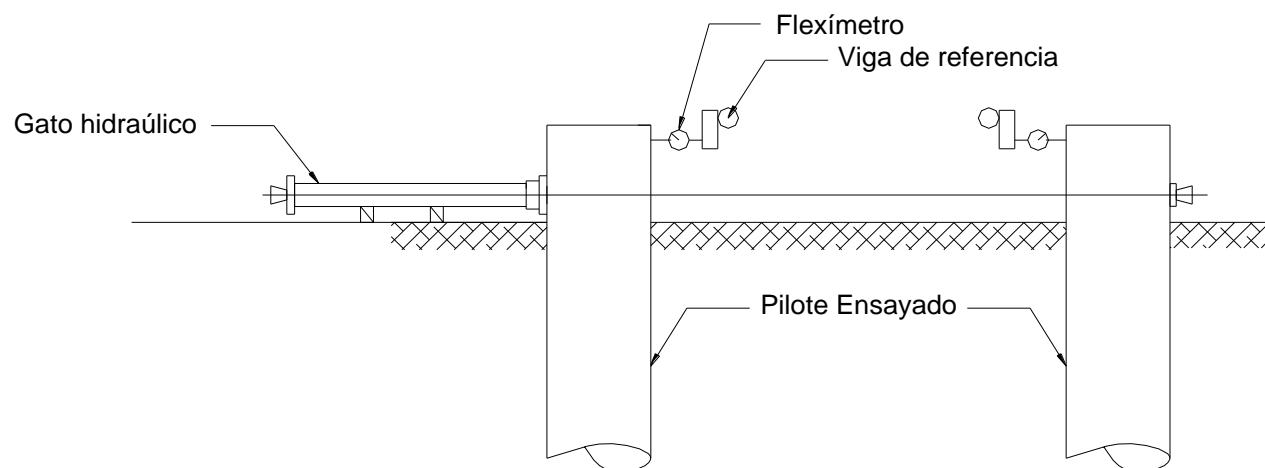
Esquema de Trabajo en Pilote Largo





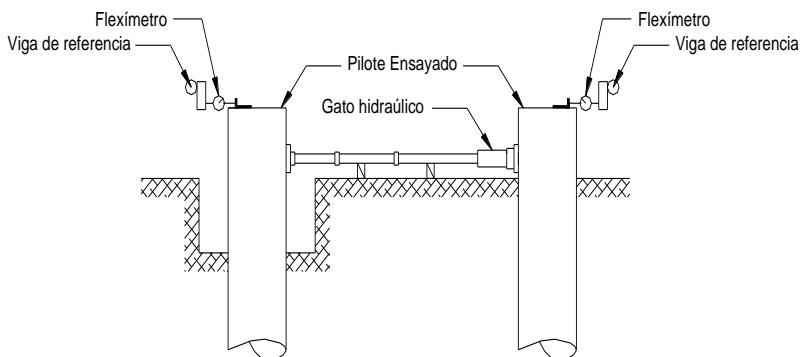
PARAMETROS CARACTERISTICOS

MÓDULO DE REACCION K



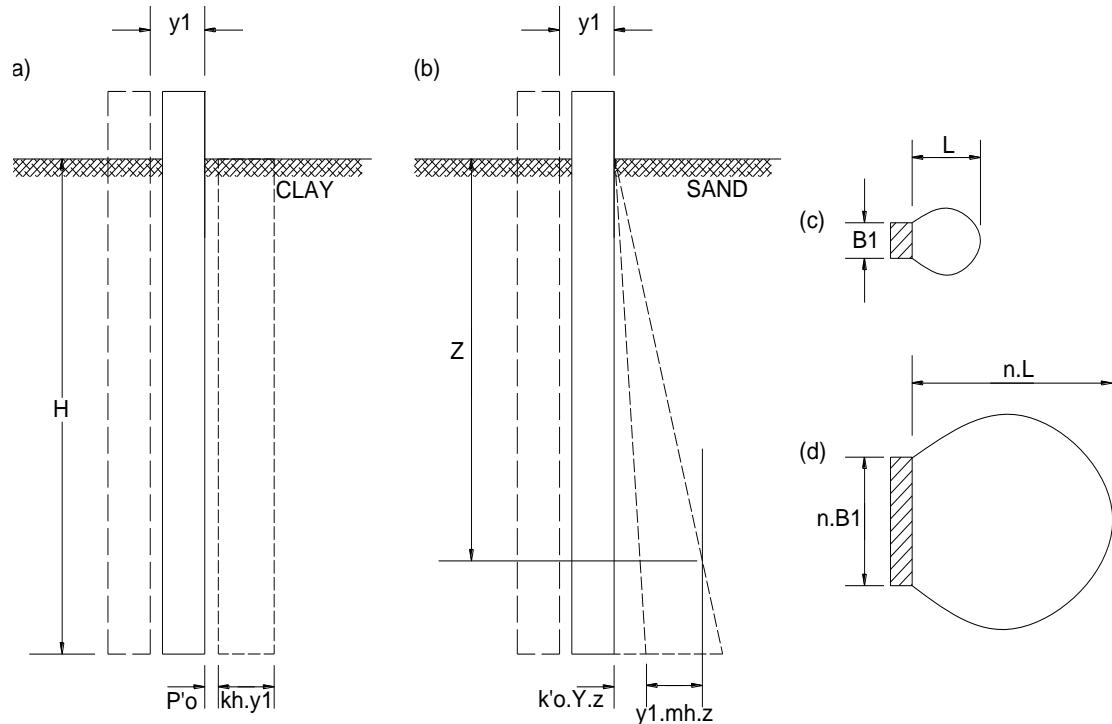
PARAMETROS CARACTERISTICOS

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 $K = k_1/1,5$

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

- Arenas y arcillas normalmente consolidadas

Donde $K = nh \ z/B$

$$T = \sqrt{\frac{EI}{nh}}$$

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 $K = k_1/1,5$

$$R = \sqrt{\frac{EI}{KB}}$$

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	m ⁴	0.0491	0.2485	0.0491
EI	kN m ²	1,472,622	7,455,147	1,472,622
k ₁	kPa/m	45,000	25,000	25,000
K	kPa/m	30,000	16,667	16,667
K _B	kN/m ²	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 normalmente consolidadas (OCR= 1) - Arenas

$$T = \sqrt{\frac{EI}{n_h}}$$

- Ejemplos

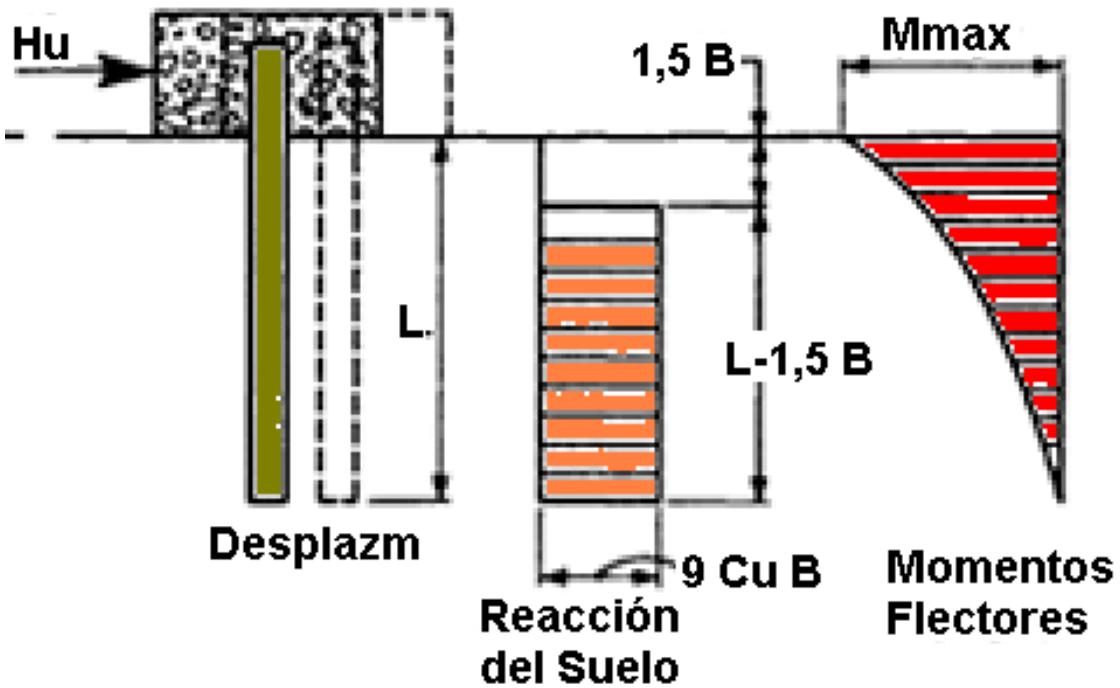
Diámetro	m	0.80	1.50	1.00
Longitud	m	10.00	10.00	5.00
Material		Hormigon	Hormigon	Hormigon
E	kPa	30,000,000	30,000,000	30,000,000
I	m ⁴	0.0201	0.2485	0.0491
EI	kN m ²	603,186	7,455,147	1,472,622
n _h	kPa/m	7,500	7,500	7,500
T	m	2.40	3.98	2.87
2.0 T		4.81	7.95	5.75
4.0 T		8.42	13.92	10.06
Condición		largo	Intermedio	corto

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

• Método de BROMS – Suelo Cohesivo

Esquema de Respuesta – Cabeza de Pilote Fijo



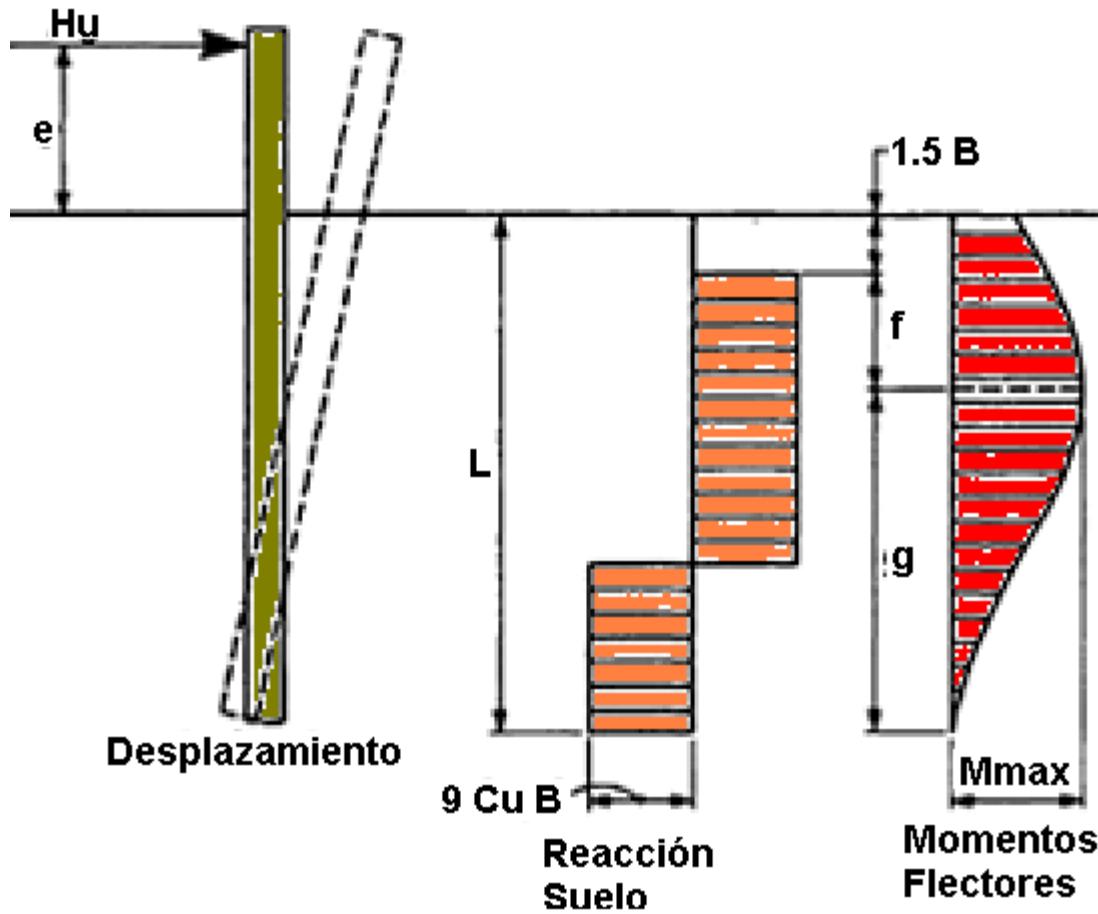
$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot Cu \cdot B \cdot (L^2 - 2.25 \cdot B^2)$$

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

• Método de BROMS – Suelo Cohesivo

Esquema de Respuesta – Cabeza de Pilote Libre



Profundidad f

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

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

$$M_{max} = 2,25 \cdot Cu \cdot B \cdot g^2$$

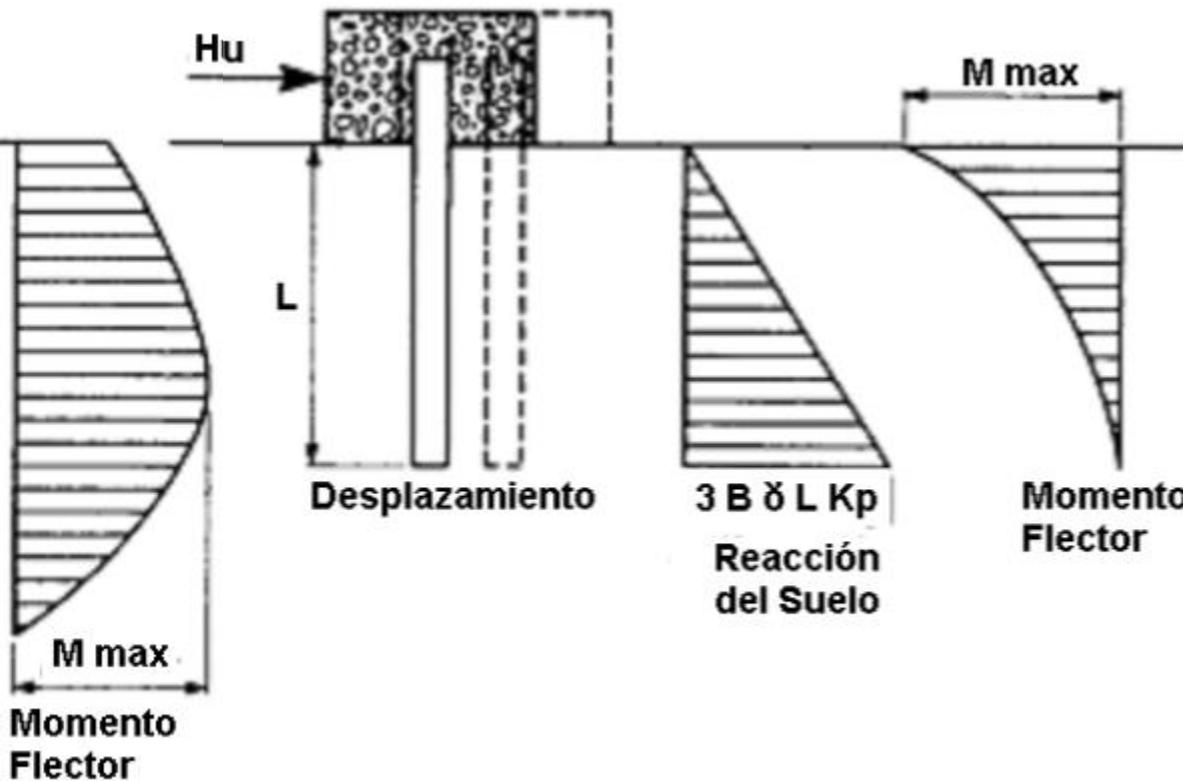
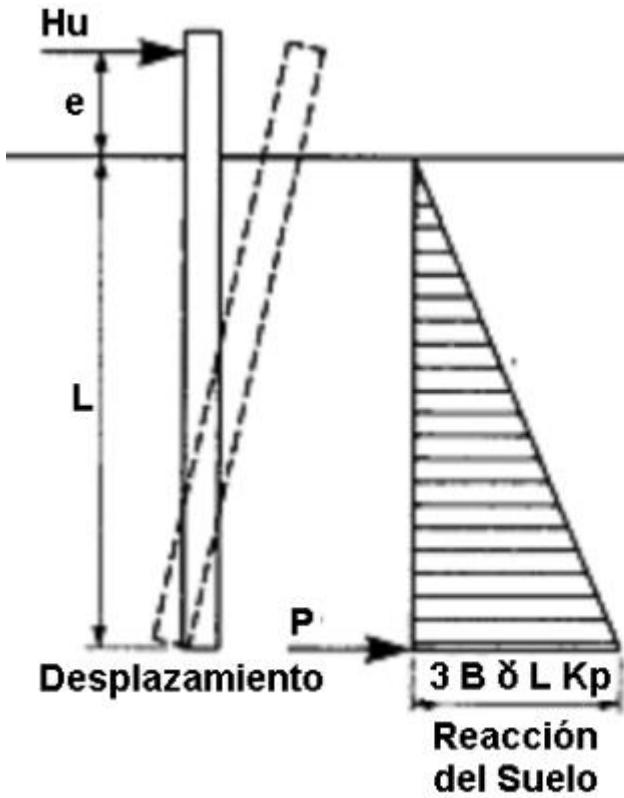
PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES CORTOS

Suelo Friccional

Esquema de Respuesta

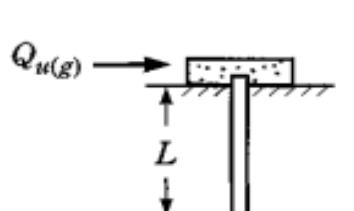
- Método de BROMS – Suelo No Cohesivo



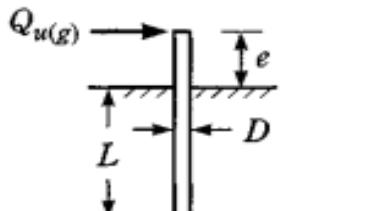
$$M_{max} = B \cdot \gamma \cdot L^3 \cdot K_p$$

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

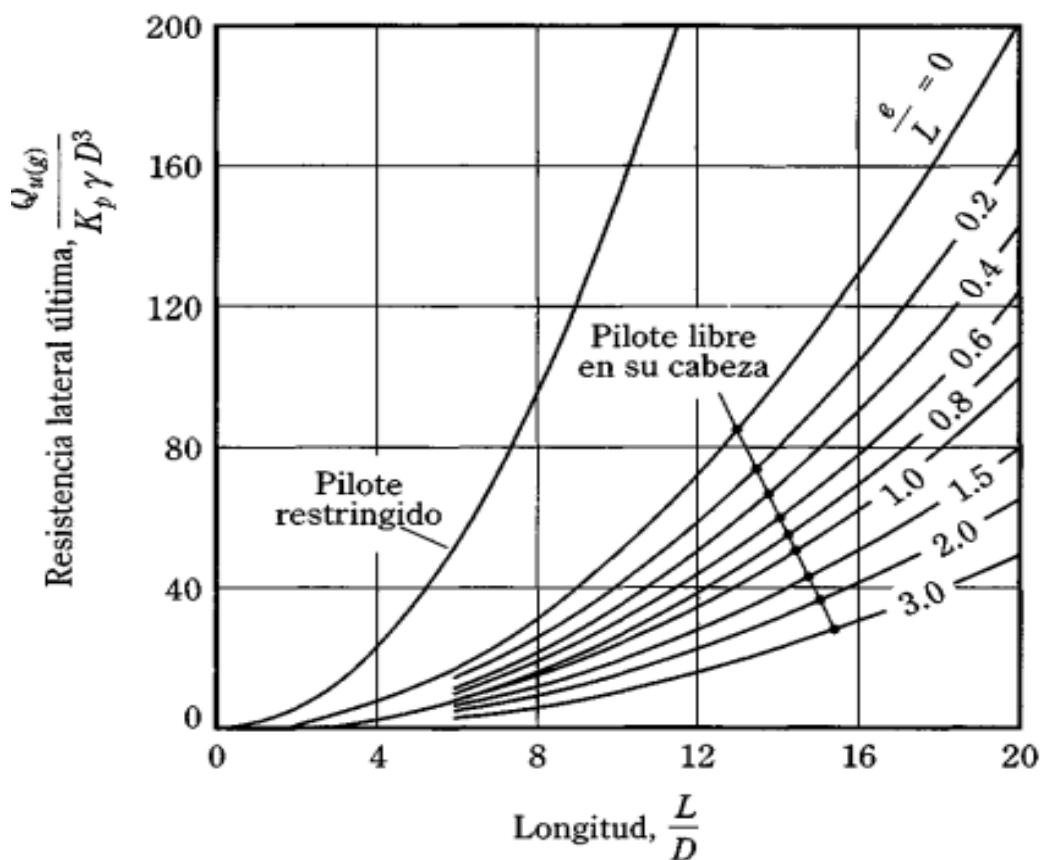
PILOTES CORTOS



Pilote restringido



Pilote libre en su cabeza



- Método de BROMS
Suelo No Cohesivo

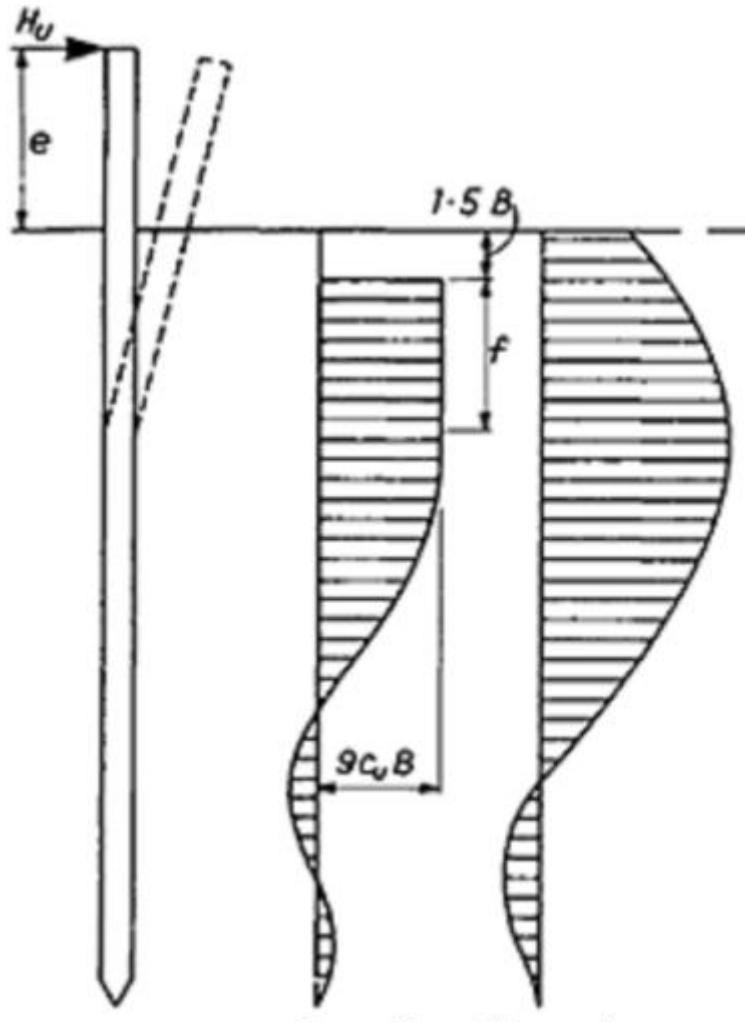
$$H_u = \frac{0.5 \cdot B \cdot L^3 \cdot K_p \cdot \gamma}{(e + L)}$$

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

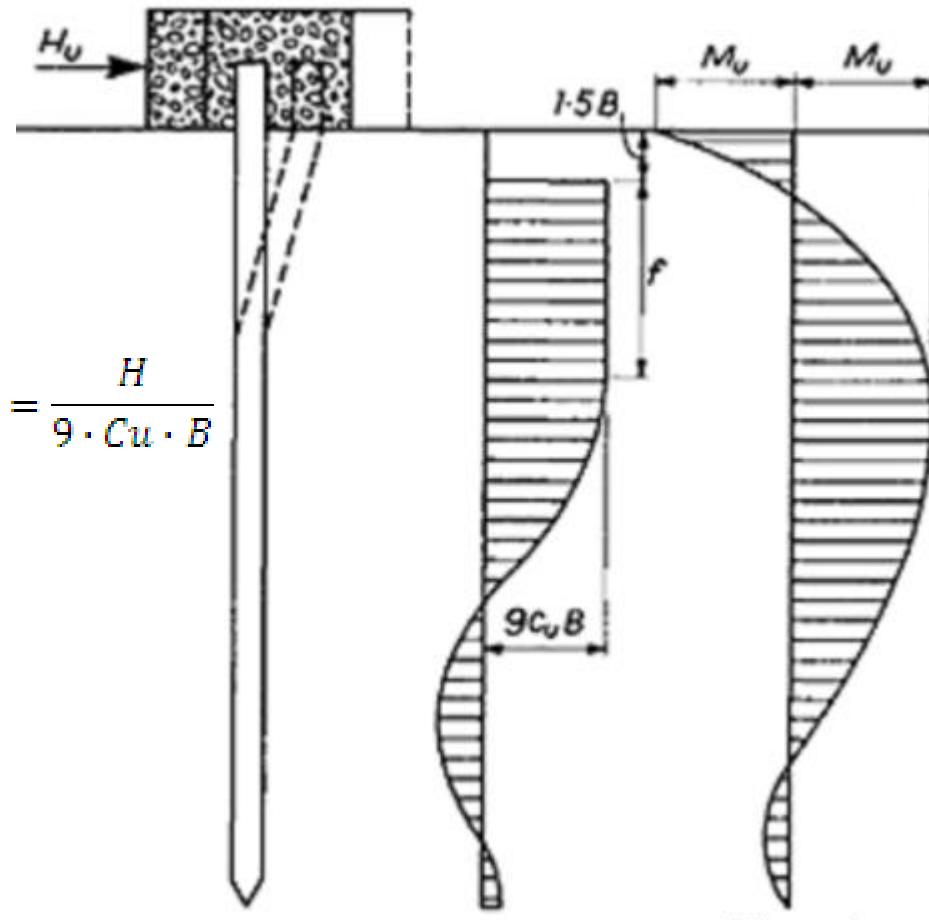
PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

- Método de BROMS – Suelo Cohesivo



Desplazamientos Reacción Momento



Desplazamientos Reacción Momento

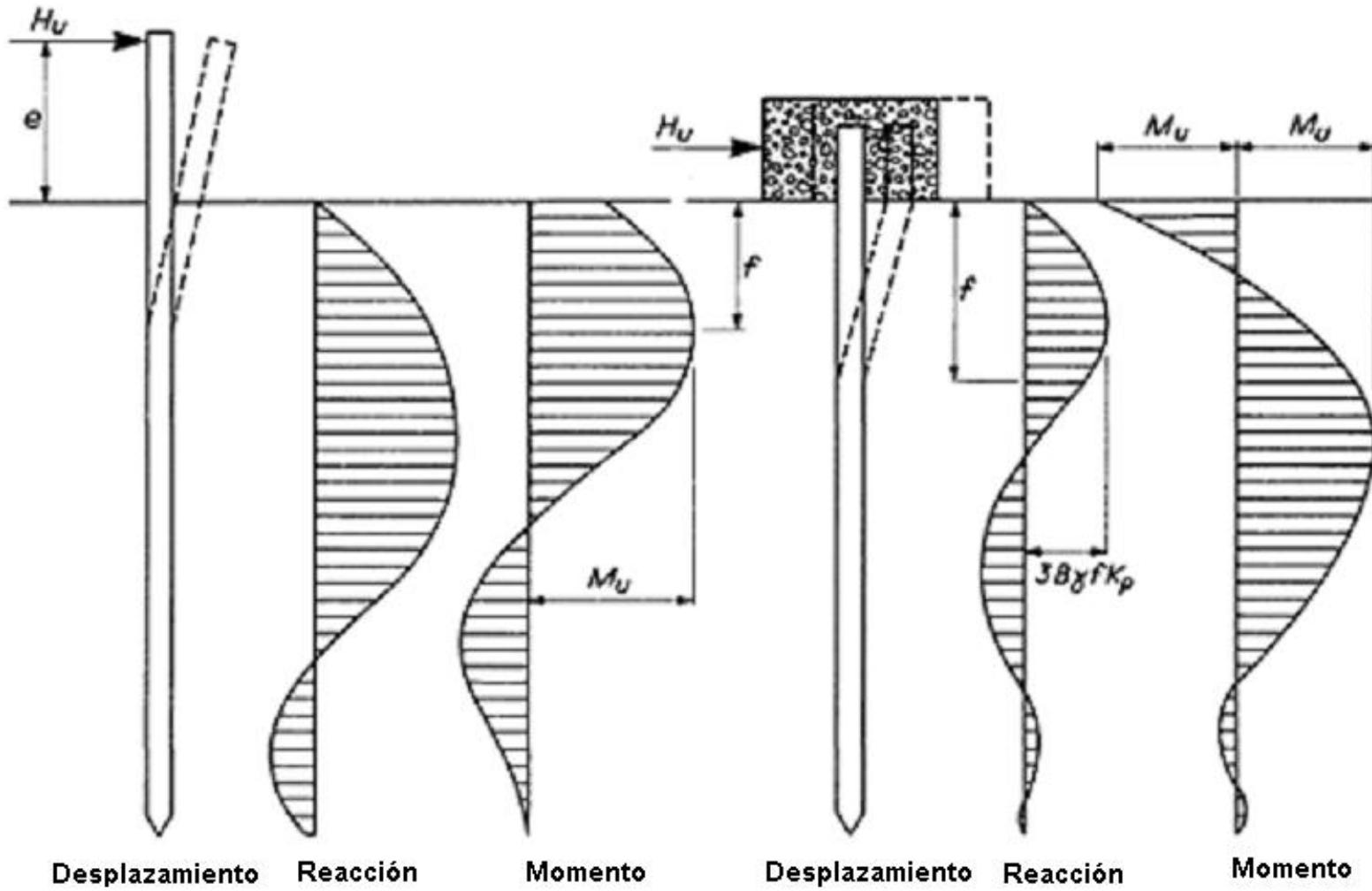
Desplazamientos Reacción

Momento

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

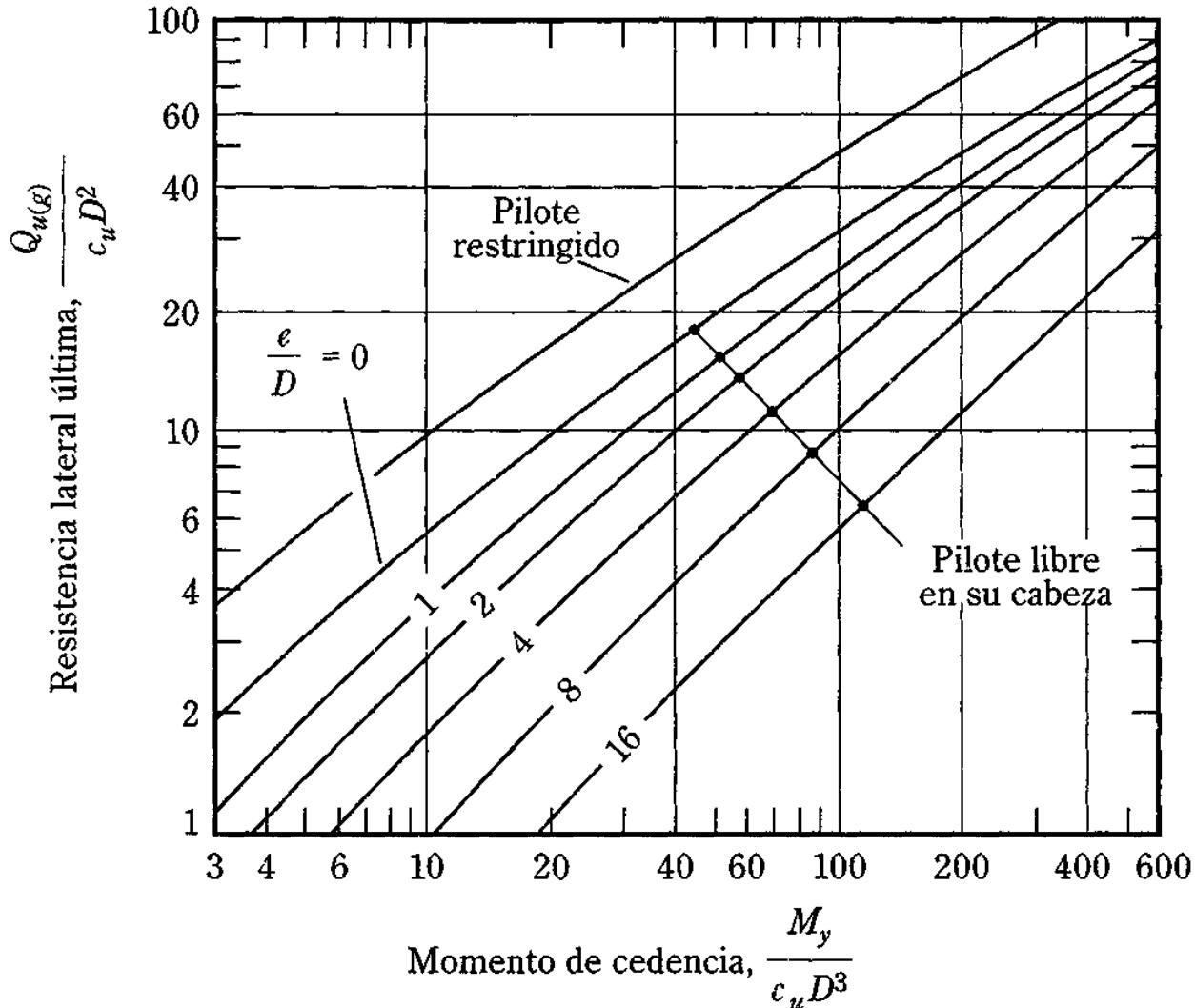
- Método de BROMS – Suelos Friccionales



PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

- Método de BROMS – Suelo Cohesivo



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

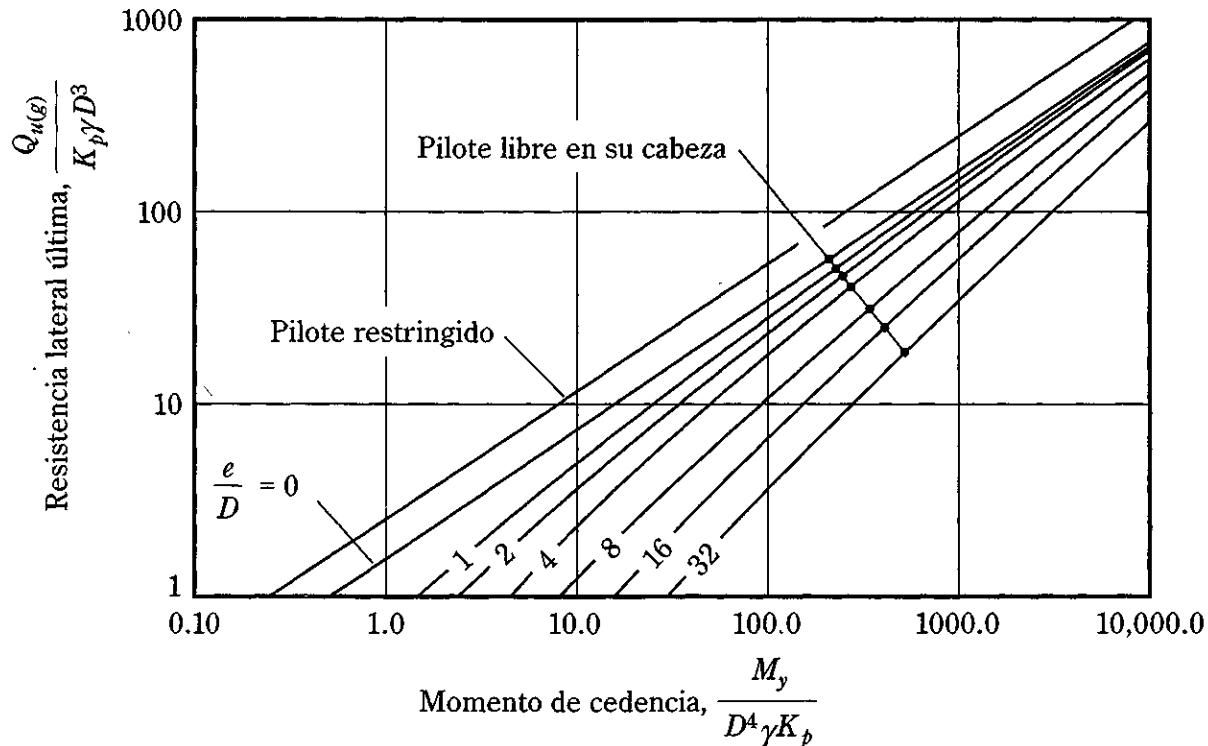
$$H_u = \frac{Mu}{(e + 1.5 \cdot B + 0.5 \cdot j)}$$

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

PILOTES SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES

PILOTES LARGOS

- Método de BROMS – Suelo No Cohesivo



Profundidad
a $M_{\text{máximo}}$

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

$M_{\text{máximo}}$ en
cabezal libre

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

$H_{\text{último}}$ en
cabezal libre

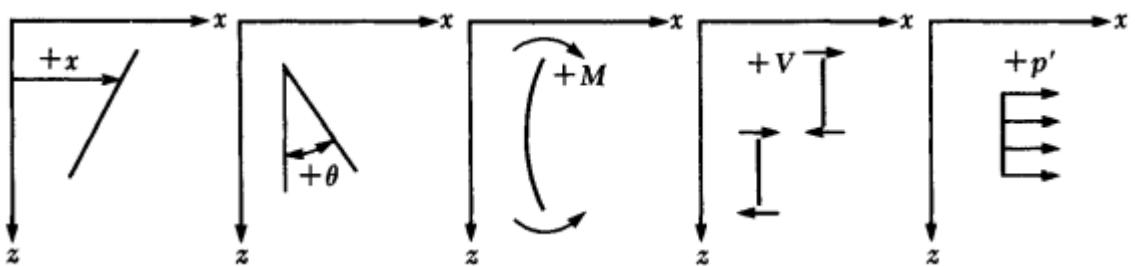
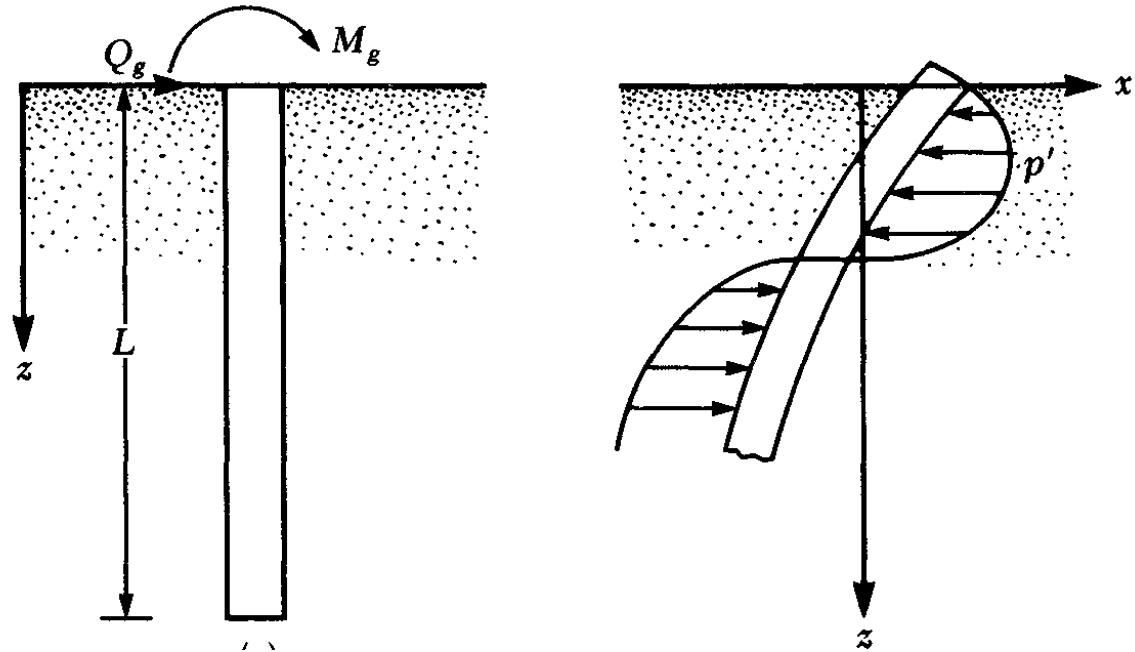
$$H_u = \frac{M_u}{e + 0.54 \sqrt{\frac{H_u}{\gamma B K_p}}}$$

$H_{\text{último}}$ 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

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



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 (sísmo) en suelos friccionales**
 - $K_h' = 1/2 K_h$, para suelos medios a densos.
 - $K_h' = 1/4 K_h$, para suelos sueltos.
 - 2. Cargas estáticas en suelos con posibilidad de creep (suelos cohesivos).**
 - $K_h' = 1/3$ a $1/6 K_h$, para normalmente consolidados.
 - $K_h' = 1/4$ 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 (ec), 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 solicitud 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)

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

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

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

Roberto TERZARIOL
Marcelo ZEBALLOS



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.**