



FUNDACIONES PROFUNDAS

Parte 1



CIMENTACIONES PROFUNDAS – PARTE 1

OBJETIVOS:

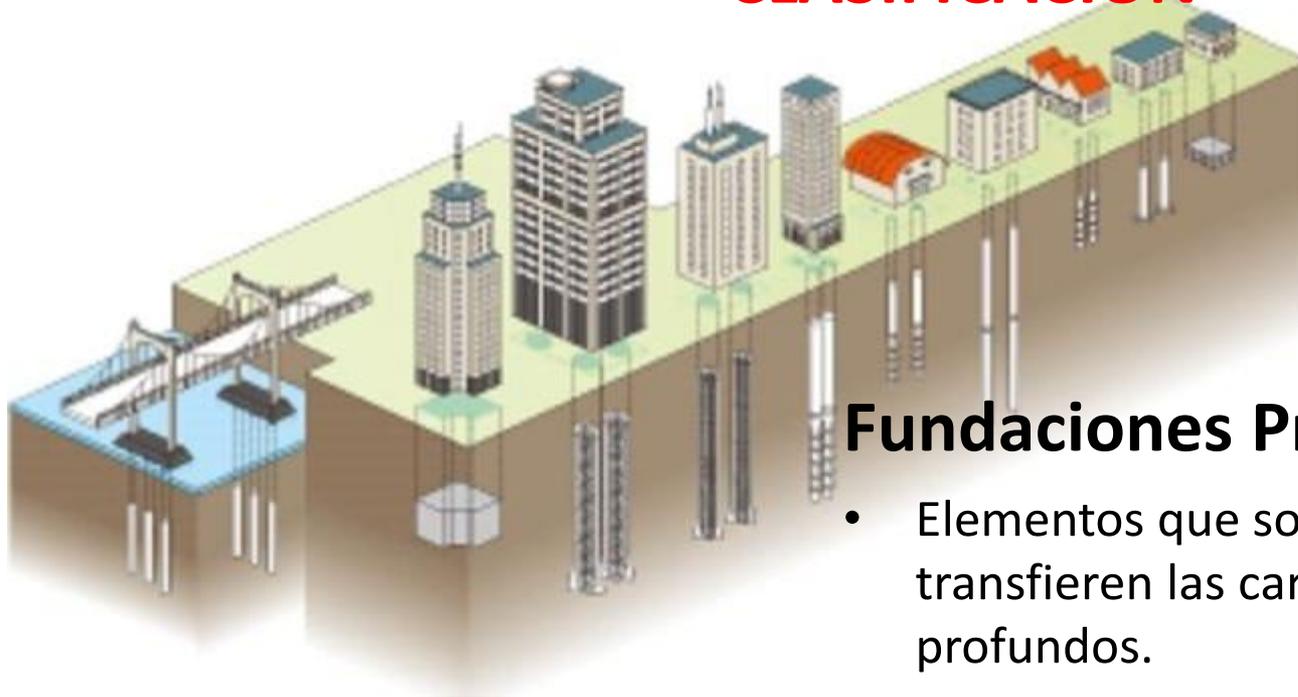
- Conceptos Generales de Cimentaciones Profundas.
- Clasificación de las Cimentaciones y Conocimientos de Procesos Constructivos.
- Revisión de Criterios de Diseño – Factores de Seguridad.
- Conceptos de Control de Calidad

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.



CLASIFICACION



Fundaciones Profundas:

- Elementos que soportan una estructura y transfieren las cargas a mantos resistentes profundos.
- Su esbeltez $L/D > 5-10$
- Forma de trabajo (punta + fuste).

**Capacidad de Soporte: Suelo
resiste en forma segura**

**Carga Admisible: Asentamiento
Tolerable**

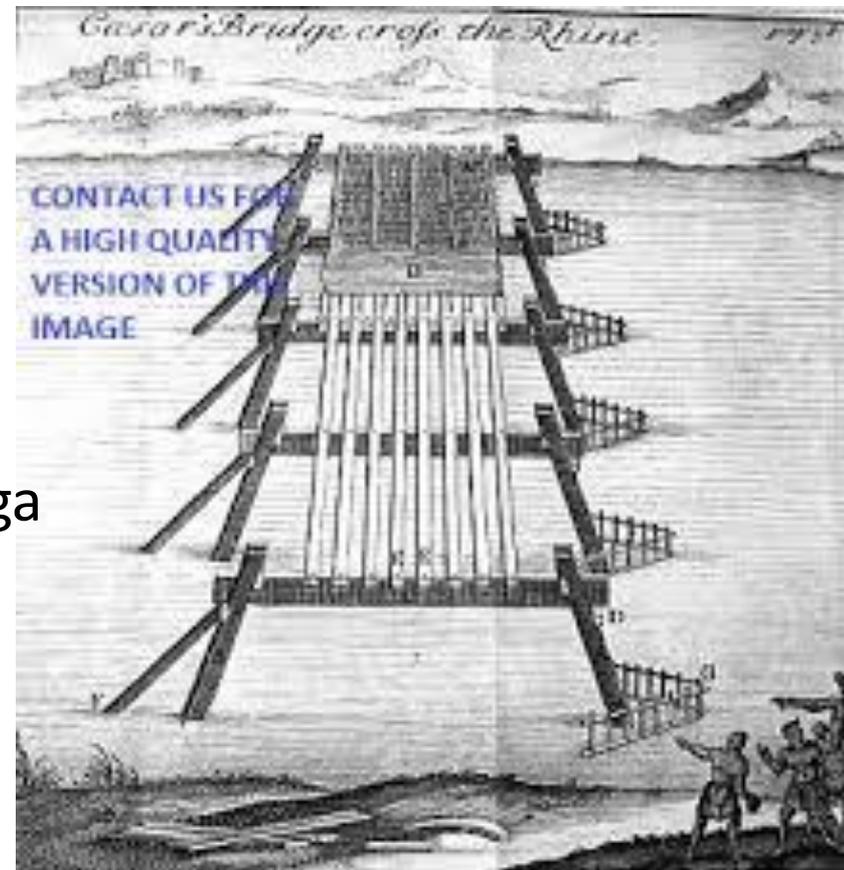
$$q_{Seg} = \frac{q_u}{FS}$$



CLASIFICACION

Los pilotes se pueden clasificar, entre otros aspectos, de acuerdo a:

- 1.- Materiales constitutivos
- 2.- Métodos constructivos
- 3.- Mecanismo de transferencia de carga





CLASIFICACION

MATERIALES

1.- Madera

2.- Metálicos

3.- Hormigón (mampostería)

a. Excavados

- Sin sostenimiento
- Con sostenimiento

b. Hincados

- Elaborado en Fábrica
- Elaborado en Obra

INSTALACION

Desplazamiento (hinca)

Desplazamiento (hinca)

Extracción (excavados)

Extracción (excavados)

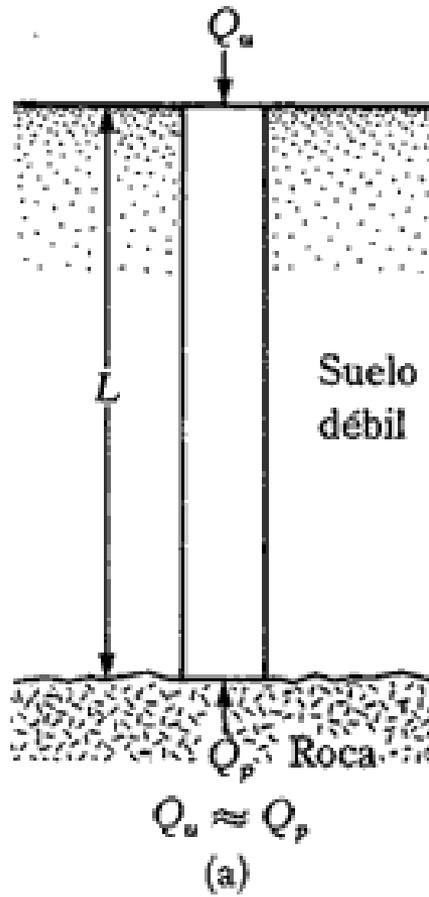
Desplazamiento (hinca)

Desplazamiento (hinca)

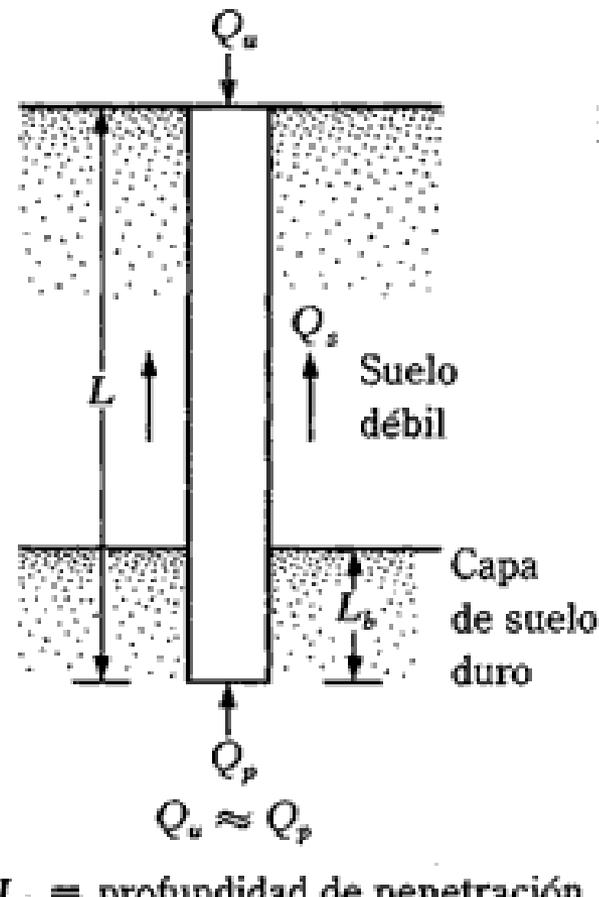


CLASIFICACION

FORMA DE TRANSFERENCIA DE CARGA

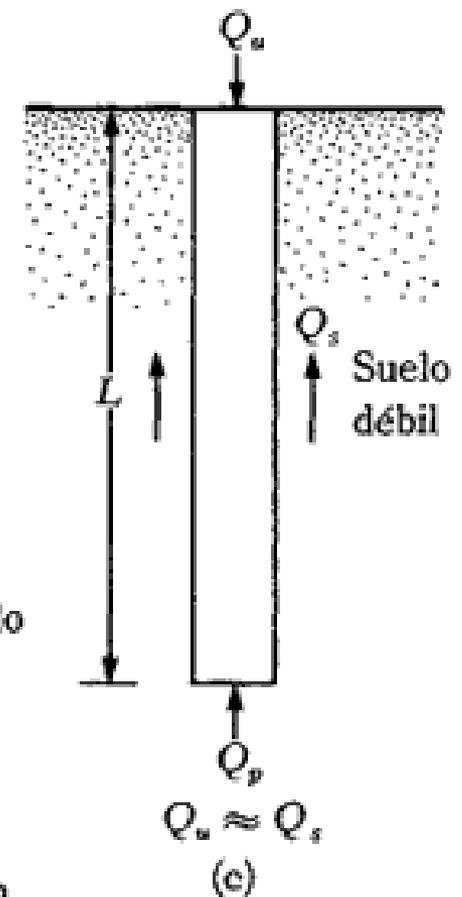


De Punta



L_b = profundidad de penetración
en estrato de apoyo

(b)



Flotante



CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Madera: Pilotes hincados.

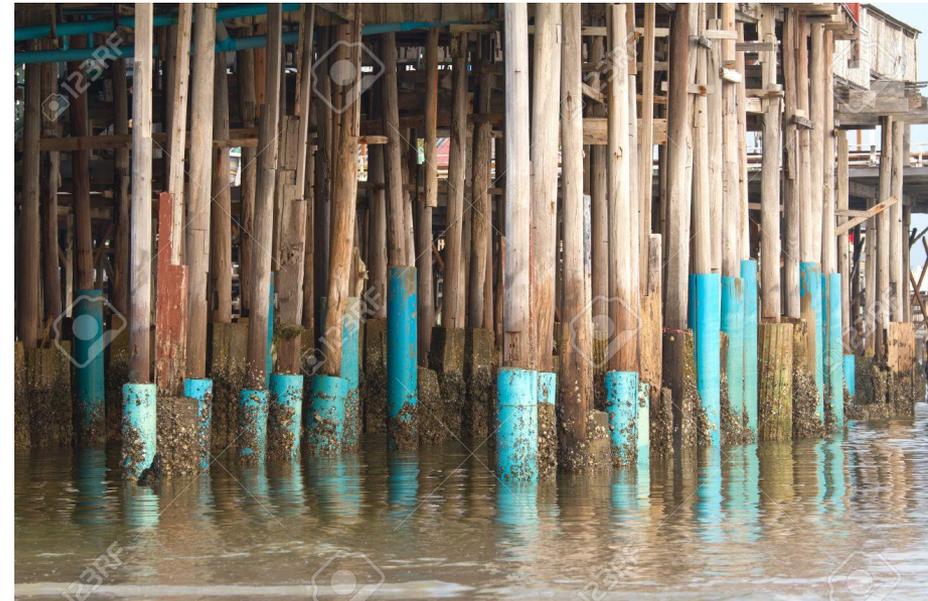
Se emplea desde el neolítico.
Aún hoy se usa en países productores.

Características Favorables:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Fácil empalme.
- Durables en ambientes humedad cte.

Características Desfavorables:

- Limitaciones de longitud.
- Protección ignifuga e insectos.
- Resistencia baja.





CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Madera: Pilotes hincados.

Se emplea desde el neolítico.
Aún hoy se usa en países productores.

Características Favorables:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Fácil empalme.
- Durables en ambientes humedad cte.

Características Desfavorables:

- Limitaciones de longitud.
- Protección ignífuga e insectos.
- Resistencia baja.



Muralla Berlinese, 1871



CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Manhattan, 2010

Madera: Pilotes hincados.

Se emplea desde el neolítico.
Aún hoy se usa en países productores.

Características Favorables:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Fácil empalme.
- Durables en ambientes humedad cte.

Características Desfavorables:

- Limitaciones de longitud.
- Protección ignifuga e insectos.
- Resistencia baja.





CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Madera: Pilotes hincados.

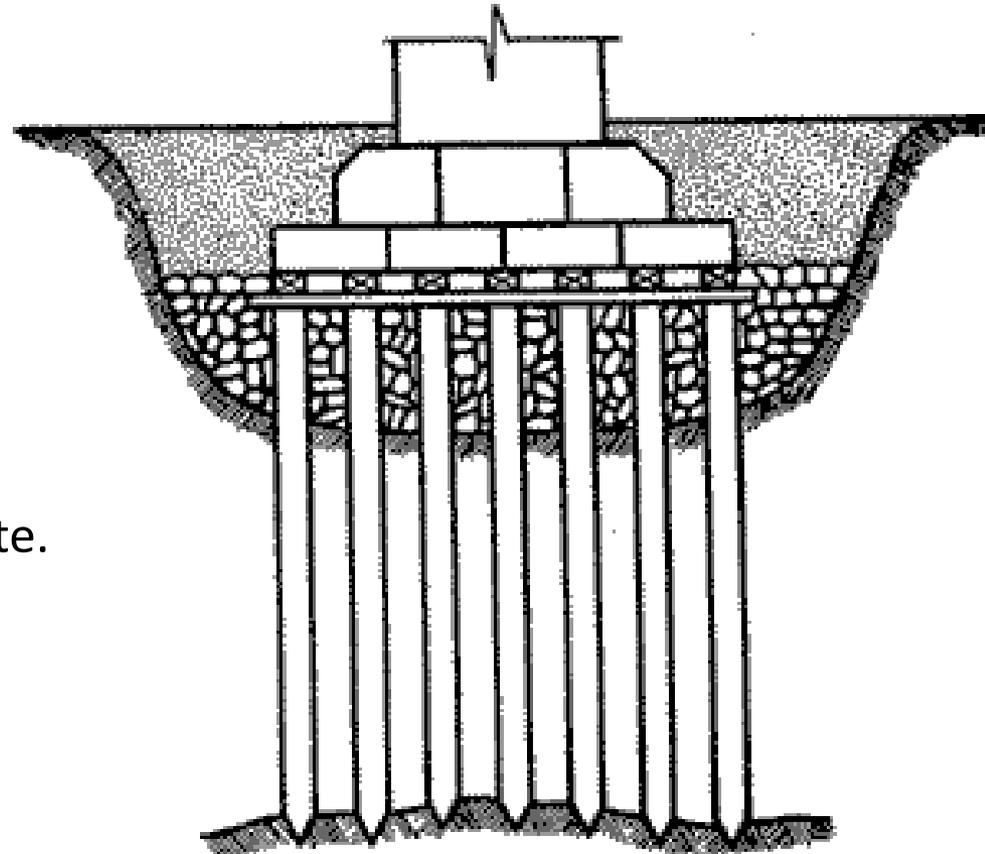
Se emplea desde el neolítico.
Aún hoy se usa en países productores.

Características Favorables:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Fácil empalme.
- Durables en ambientes humedad cte.

Características Desfavorables:

- Limitaciones de longitud.
- Protección ignifuga e insectos.
- Resistencia baja.

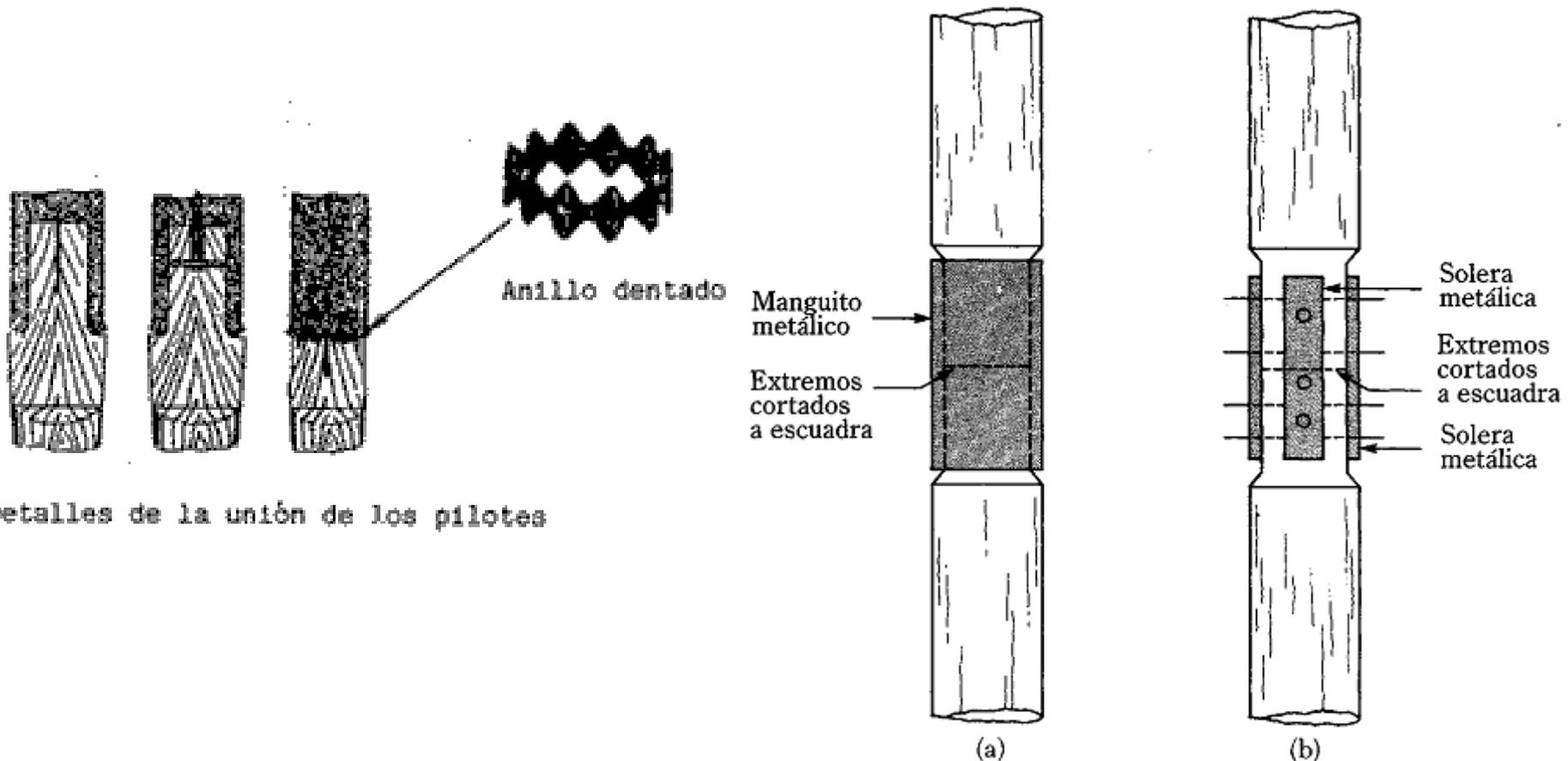




CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:





CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Metálicos: Pilotes hincados.

- Desde el siglo XIX.
- Se lo emplea mucho en países
- productores de acero.
- Perfiles y caños.
- Protección contra oxidación y corrosión.
- Soldables.
- Resistencia alta.
- Ruidos y vibraciones.





CLASIFICACION

Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Metálicos: Pilotes hincados.

- Desde el siglo XIX.
- Se lo emplea mucho en países
- productores de acero.
- Perfiles y caños.
- Protección contra oxidación y corrosión.
- Soldables.
- Resistencia alta.
- Ruidos y vibraciones.





CLASIFICACION

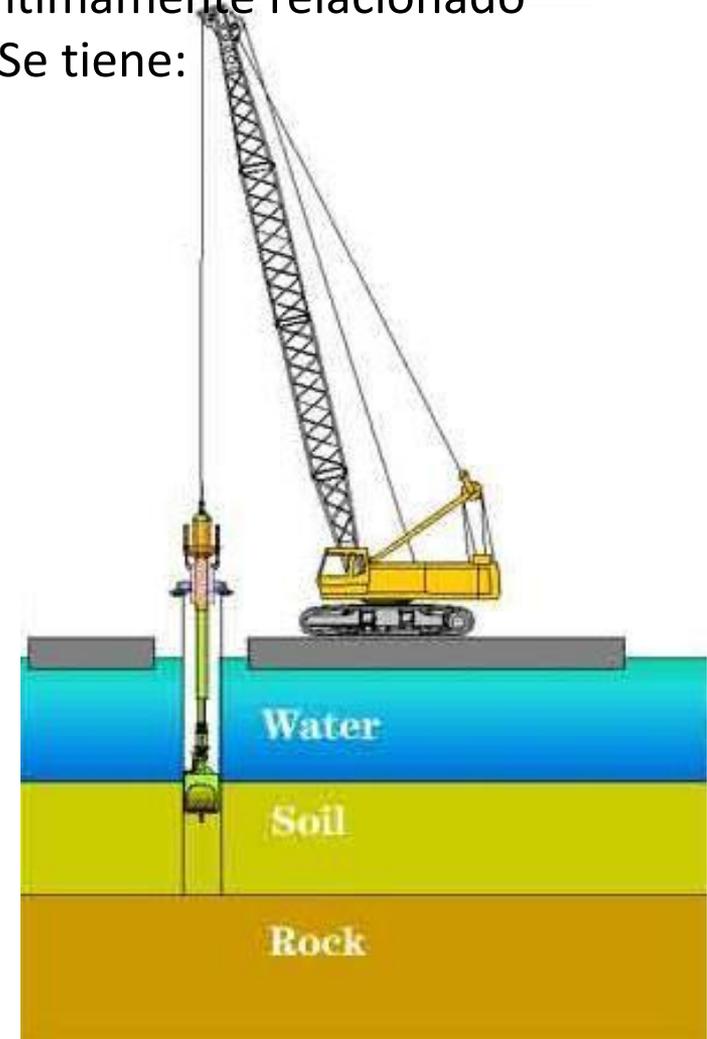
Materiales Constitutivos

El tipo de material constitutivo de un pilote, está íntimamente relacionado con el método constructivo y el período histórico. Se tiene:

Hormigón Armado:

Pilotes excavados

- Los egipcios ya los empleaban.
- Muy empleado en todo el mundo.
- Resistencia intermedia.
- Problemas de agresividad mientras fragua.
- No precisa empalmes, recortes ni descabezado





PILOTES HORMIGONADOS IN SITU

COMPONENTES

Pilotes Excavados de Hormigón

Etapas de Construcción

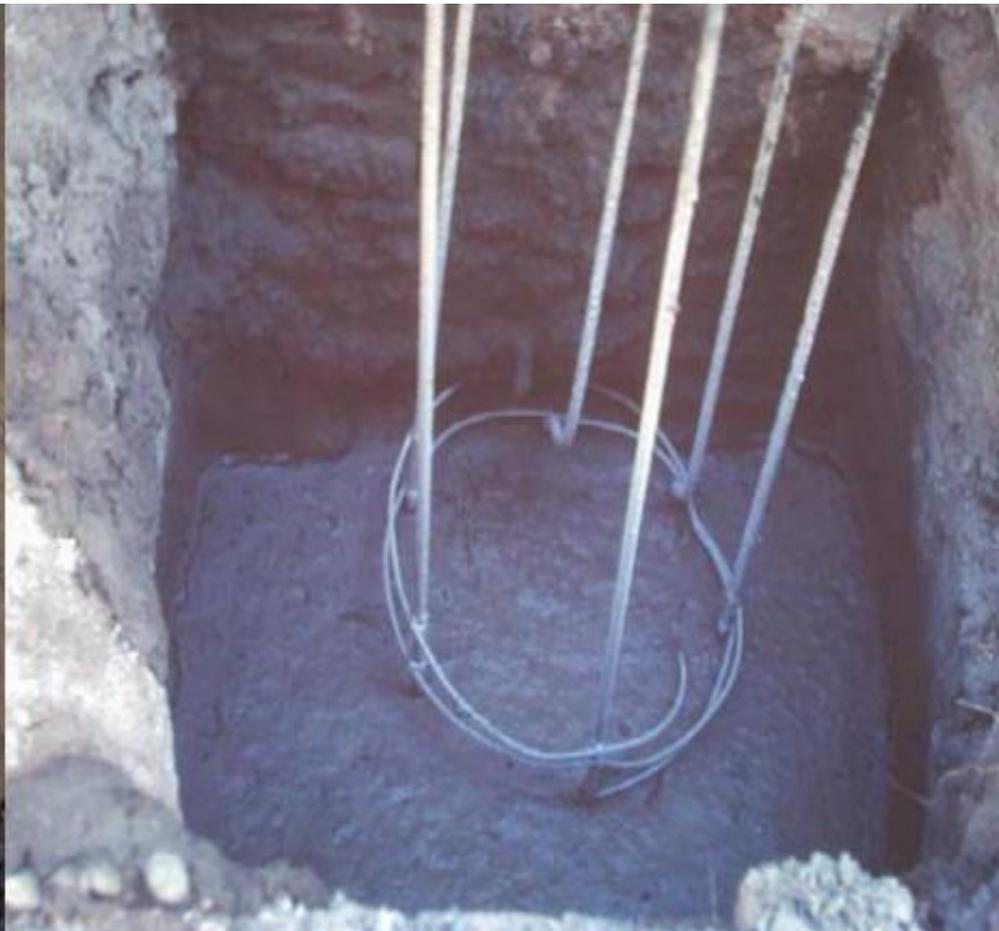
- a. Excavación
- b. Colocación Armadura
- c. Hormigonado
- d. Adecuación conexión con estructura superior

VARIEDADES:

- Sin sostenimiento
 - Excavado a mano
 - Con excavación mecánica.
 - Hormigonado y colocación de armadura posterior (CFA).
- Con sostenimiento usando
 - lodos bentoníticos
 - espumas biológicas
 - camisa metálica recuperable
 - camisa metálica no recuperable

CLASIFICACION

Pilotes excavados sin sostenimiento Excavación Manual



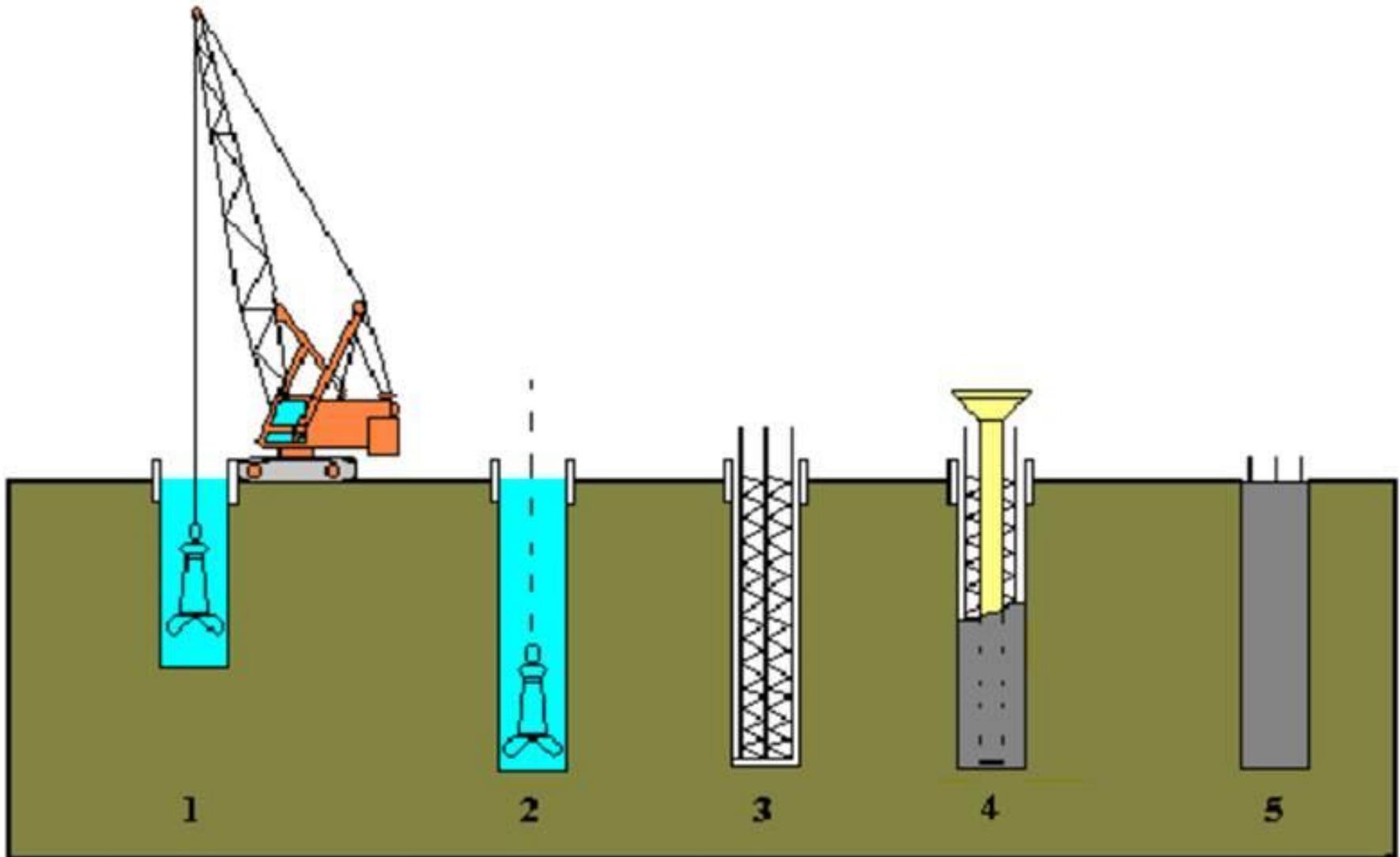
PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Excavación Manual



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento





PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento
Excavación con Equipo de Perforación – Suelos
Excavación con Equipo de Perforación



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento
Excavación con Equipo de Perforación – Suelos
Excavación con Equipo de Perforación



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento

Excavación con Equipo de Perforación – Suelos

Excavación con Equipo de Perforación



PILOTES EXCAVADOS



EXCAVACION





PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento
Excavación con Equipo de Perforación
Cuñas y Picas – Suelos y Rocas Blandas



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento
Excavación con Equipo de Perforación
Cuñas y Picas – Suelos y Rocas Blandas



a) Restricted Headroom Drilling

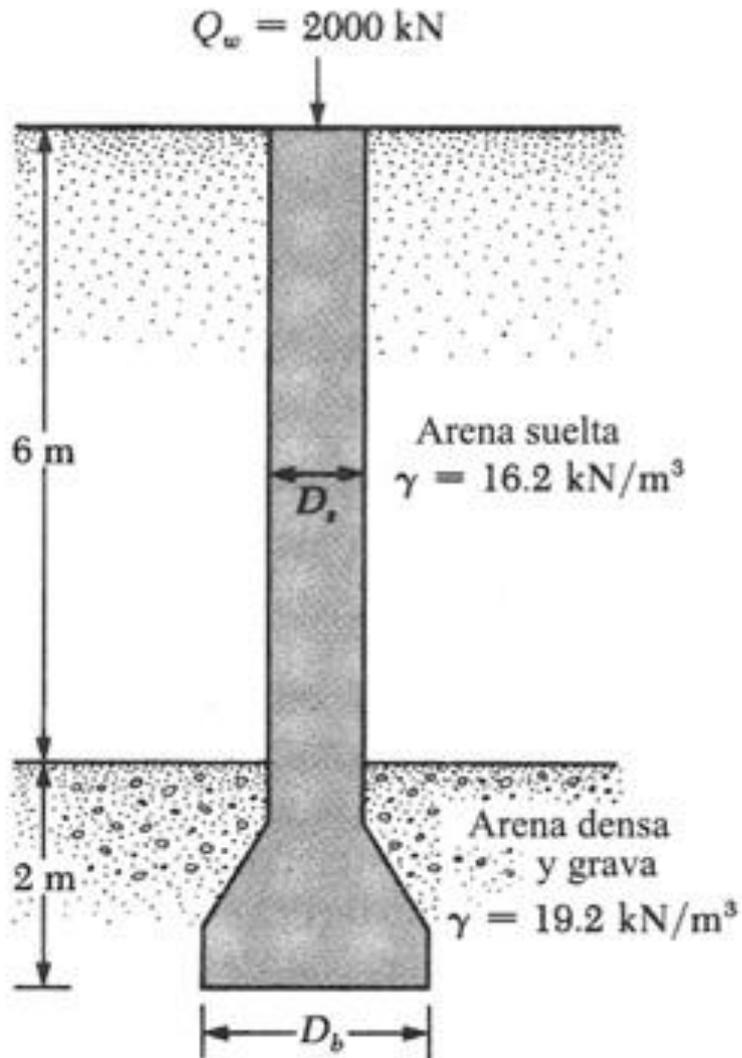


b) Full Face Drilling Tool



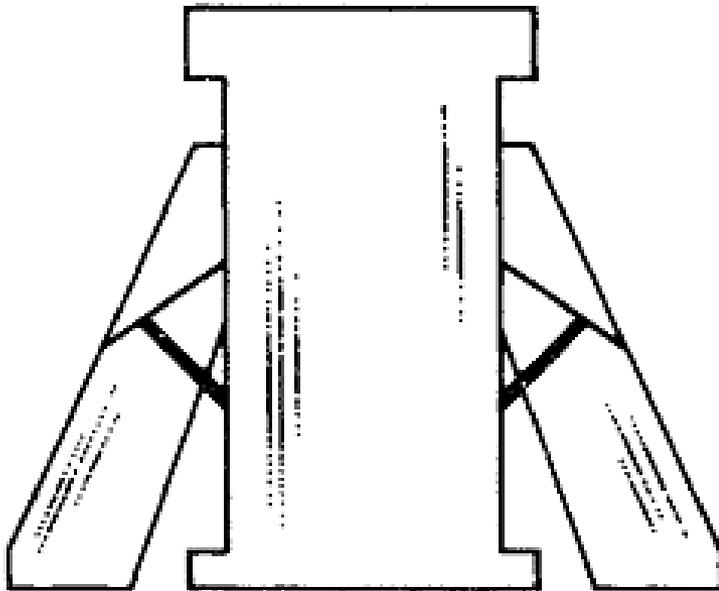
PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA



PILOTES EXCAVADOS

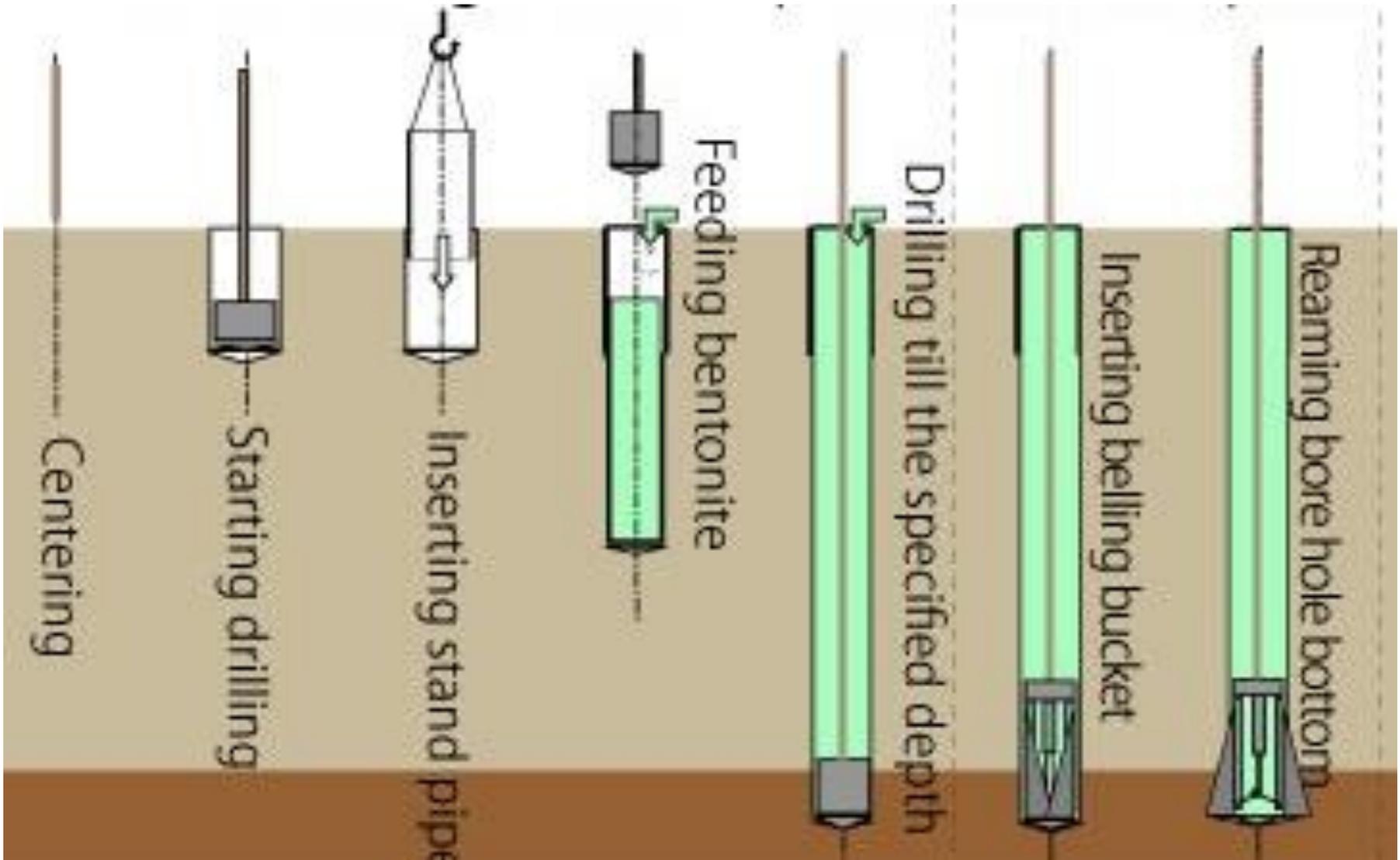
Pilotes excavados sin sostenimiento
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA





PILOTES EXCAVADOS

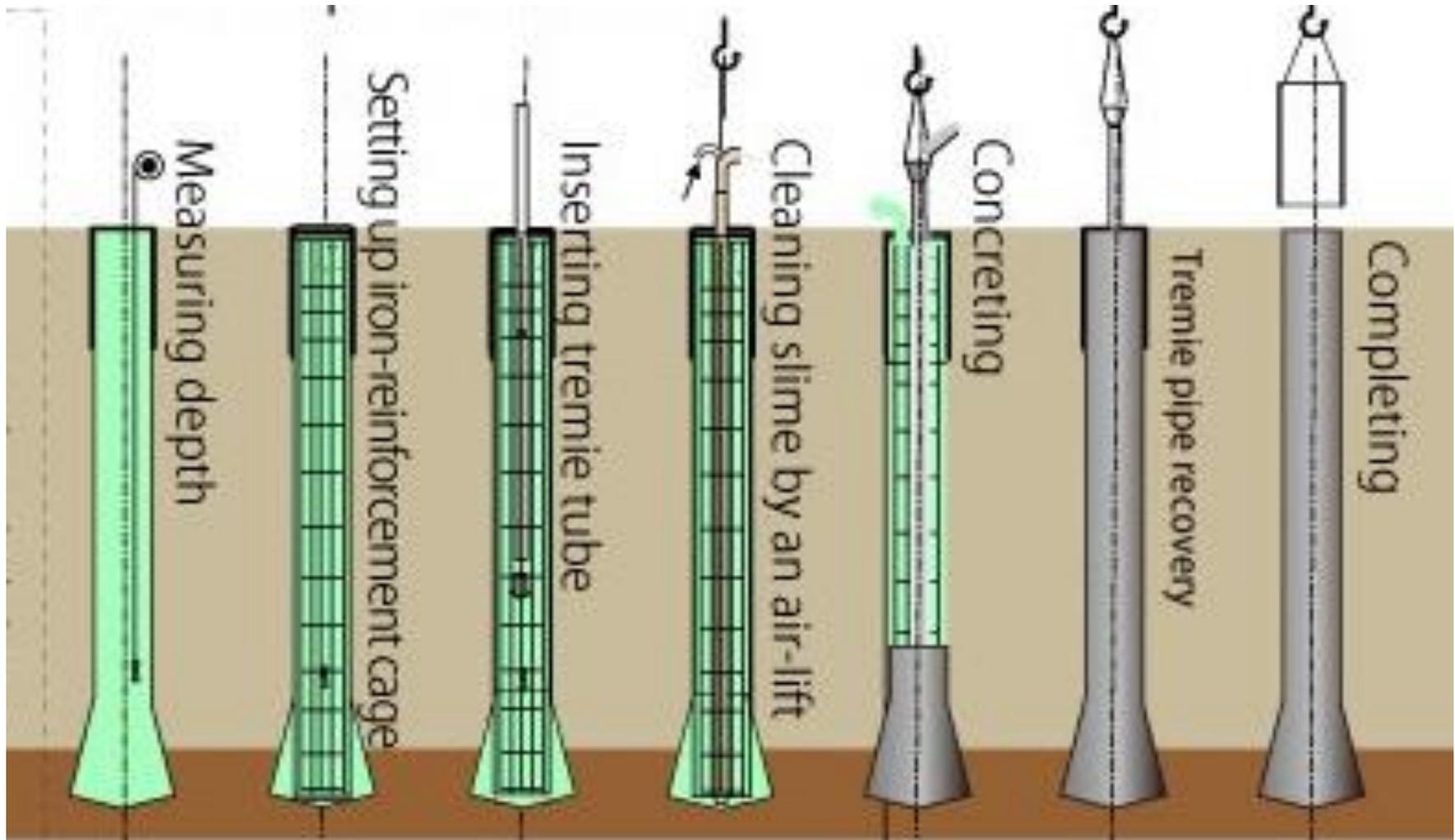
Pilotes excavados sin sostenimiento
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA





PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA

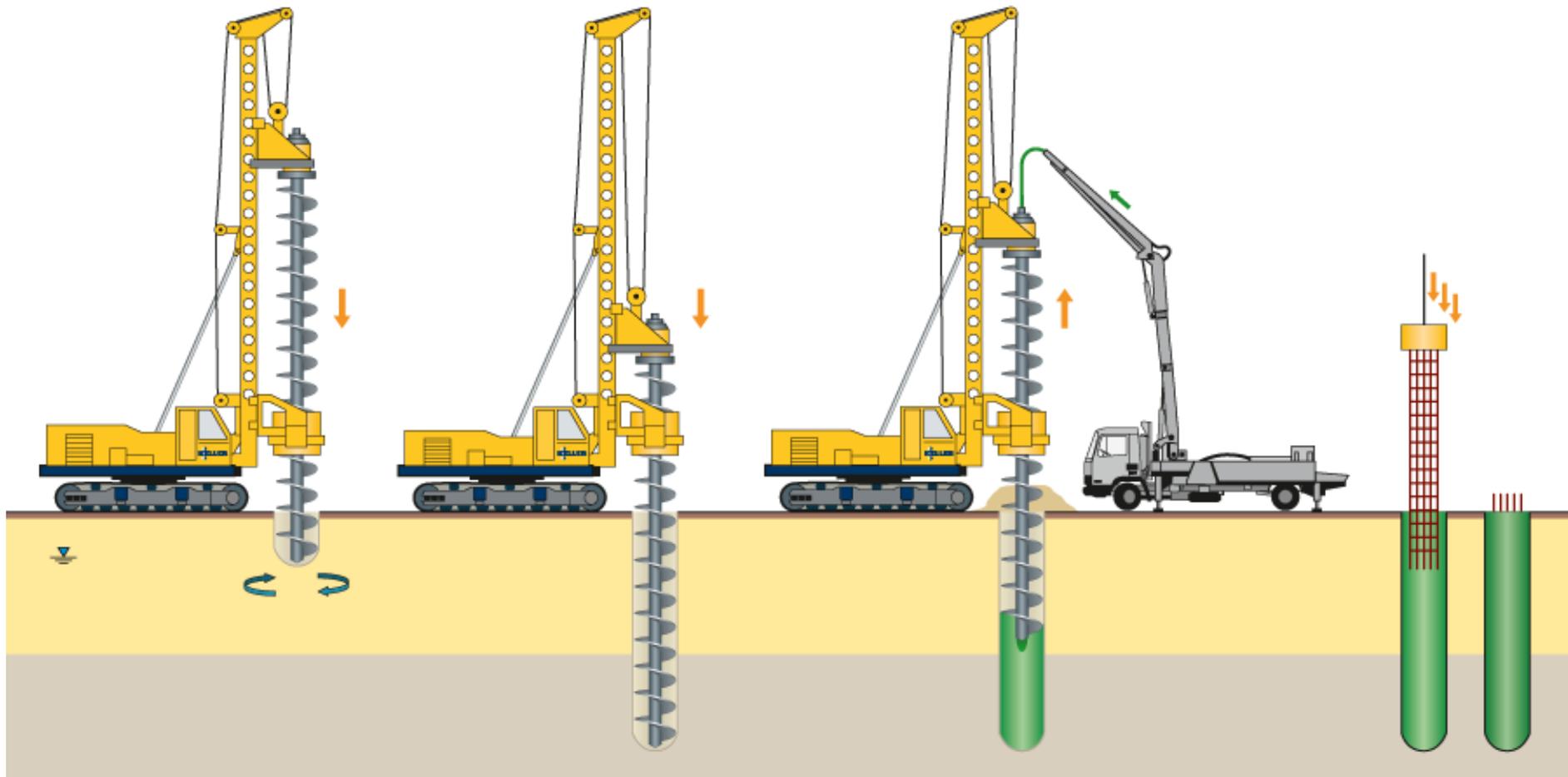




PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento

Excavación con Equipo de Perforación Continua
(CFA)



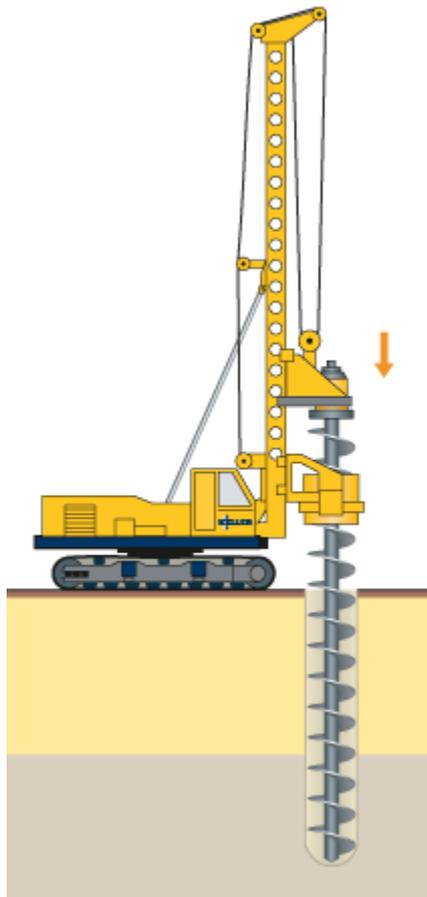


PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento

Excavación con Equipo de Perforación Continua (CFA)

Excavación con Equipo de Perforación

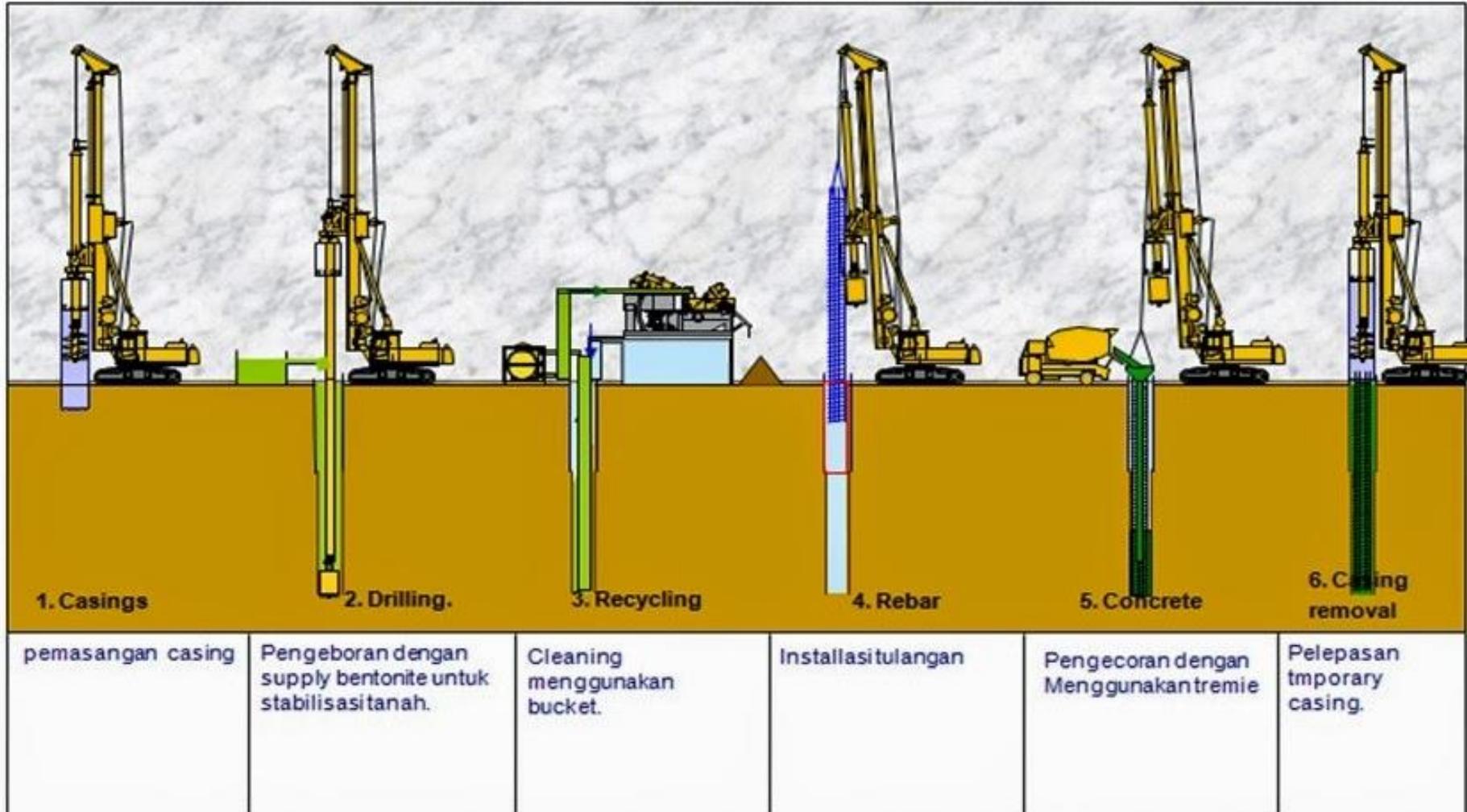




PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento

Lodos Bentoníticos



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Lodos Bentoníticos





PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento

Lodos Bentoníticos



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Lodos Bentoníticos



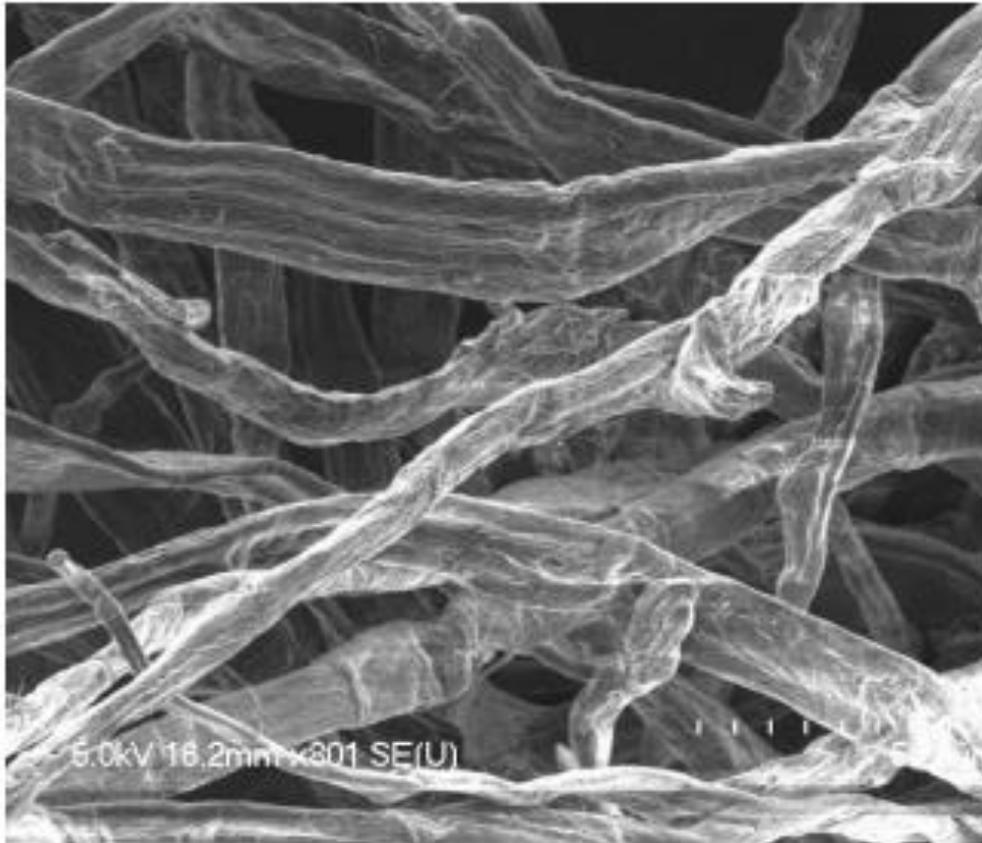
PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento
Lodos Bentoníticos



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Encamisado



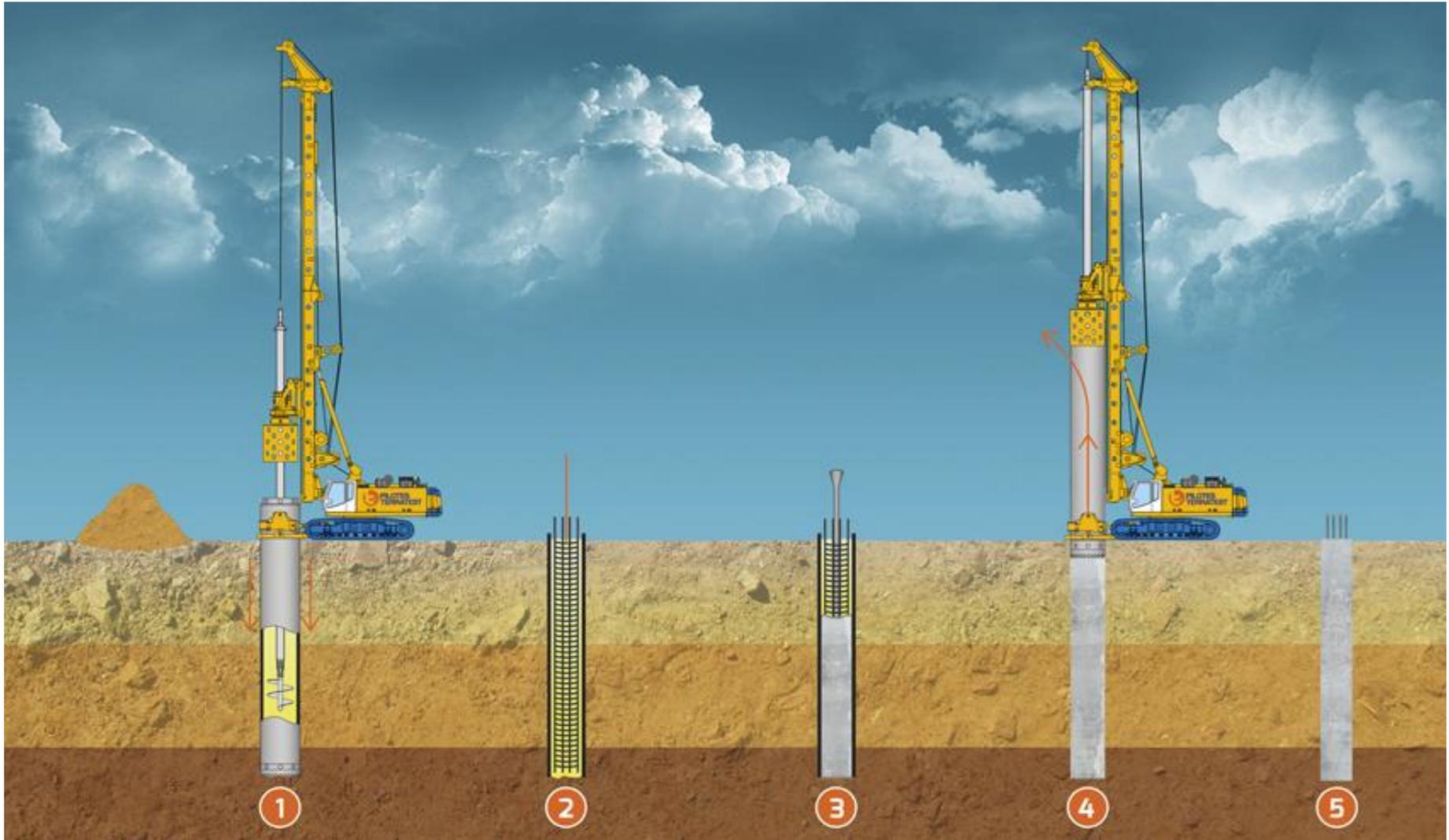
a) Scanning Electron Micrograph, 800x

b) Polymer Slurry in Use

Figure 18 Polymer Drilling Fluids (photo at left courtesy of Likos, Loehr, and Akunuri, Univ. of Missouri)

PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Encamisado



PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento Encamisado



PILOTES EXCAVADOS

ARMADURA



PILOTES EXCAVADOS

ARMADURA



PILOTES EXCAVADOS

ARMADURA



PILOTES EXCAVADOS

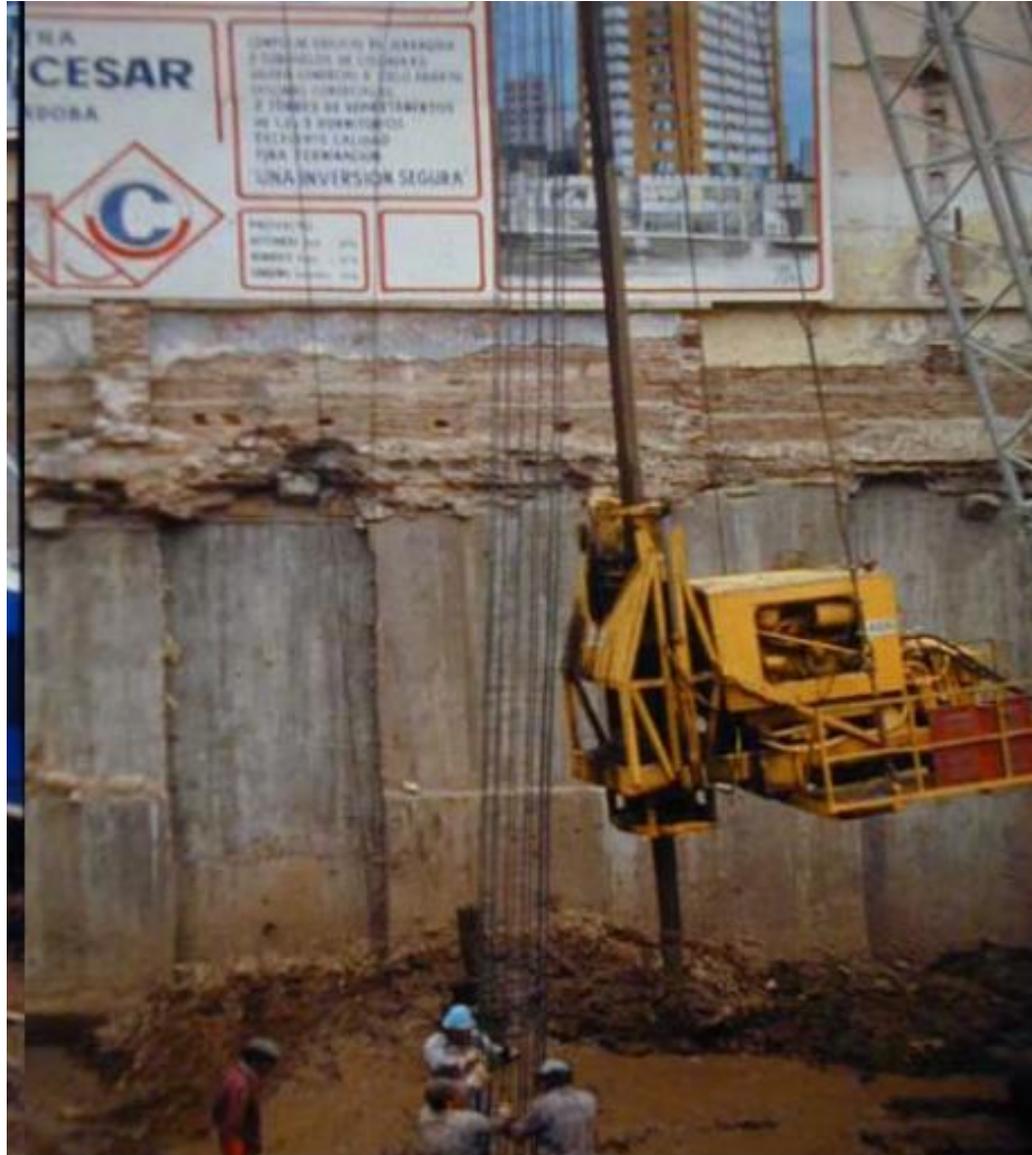


ARMADURA



PILOTES EXCAVADOS

ARMADURA



PILOTES EXCAVADOS

HORMIGONADO



PILOTES EXCAVADOS



ELIMINACION DE HORMIGON CONTAMINADO VINCULACION A LA ESTRUCTURA SUPERIOR





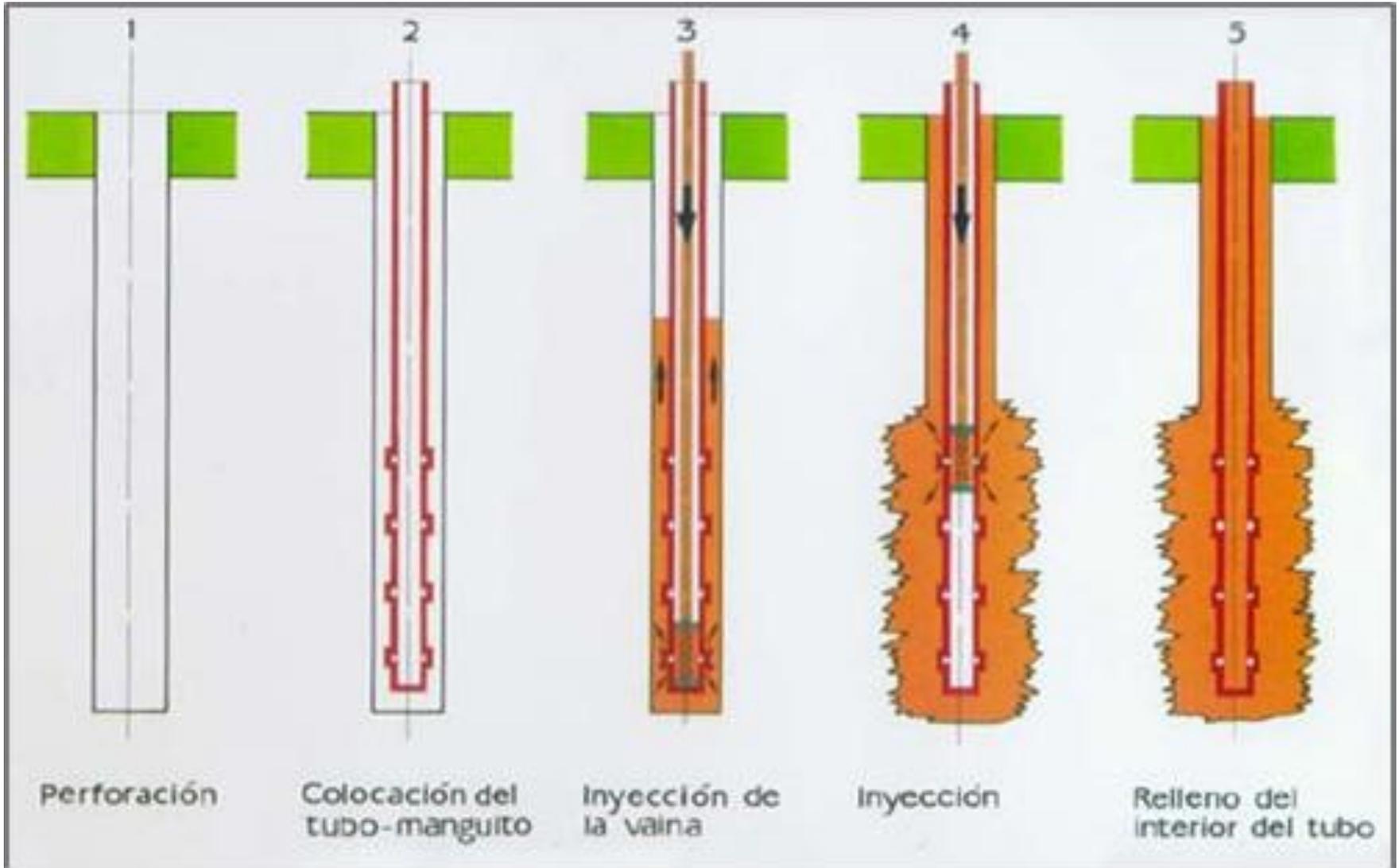
PILOTES HORMIGONADOS IN SITU

VARIEDADES ADICIONALES:

- Pilotines – micropilotes.
- Pilotes tipo raíz – Pilotes post inyectados.
- Pilotes por desplazamiento de mezcla.
- Pilotes por bulbo expansivo.
- Pilotes tipo cajón.
- Pilotes modulares.
- Pilotes con encofrados de tablestacado metálico
-

PILOTES EXCAVADOS

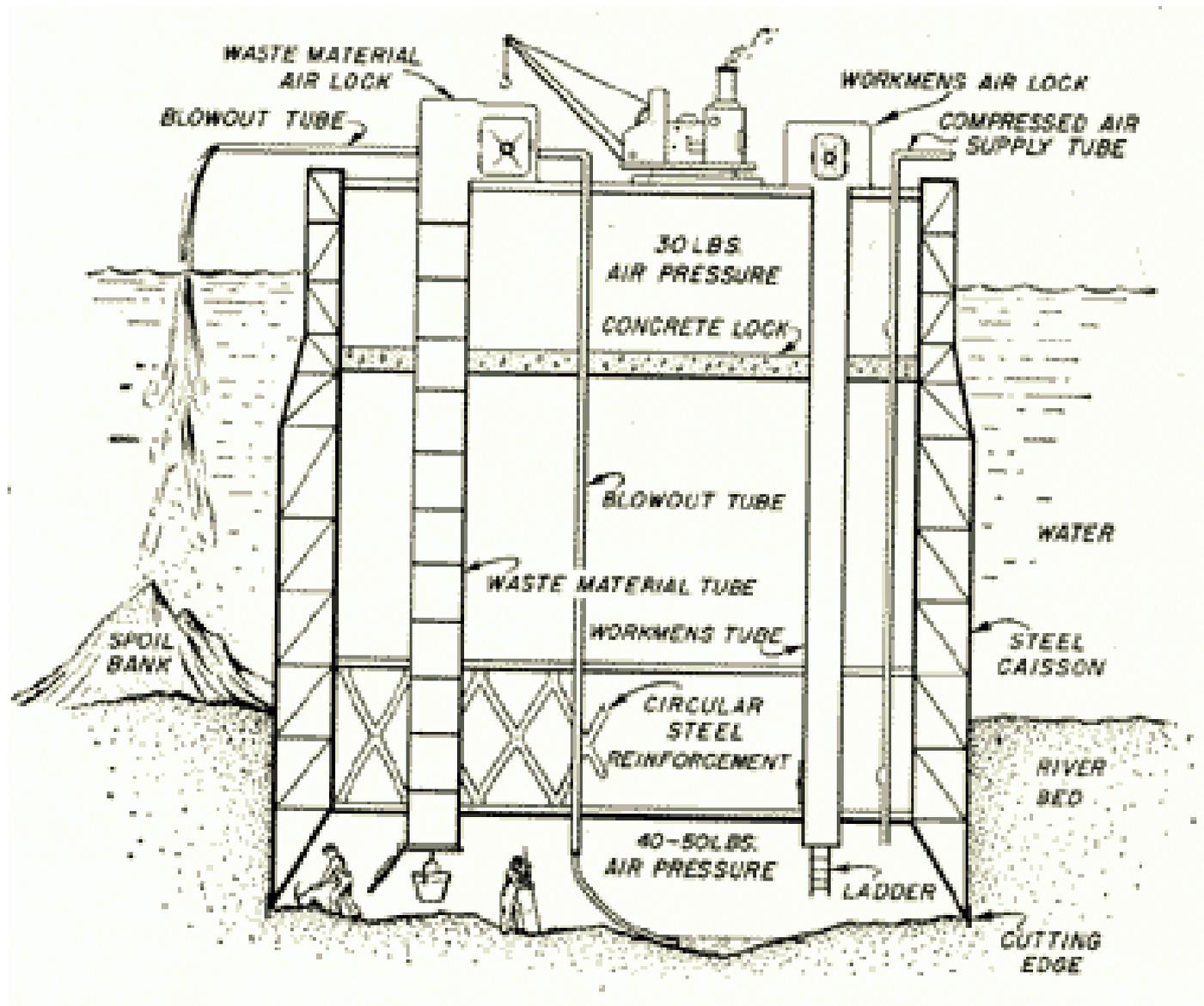
Pilotes Post Inyectados





PILOTES EXCAVADOS

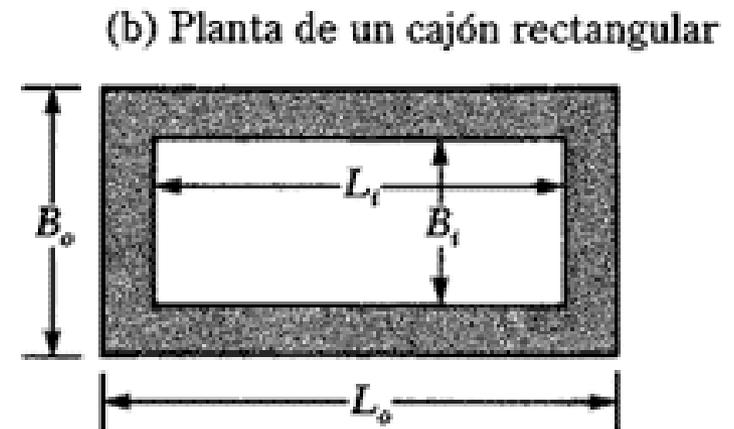
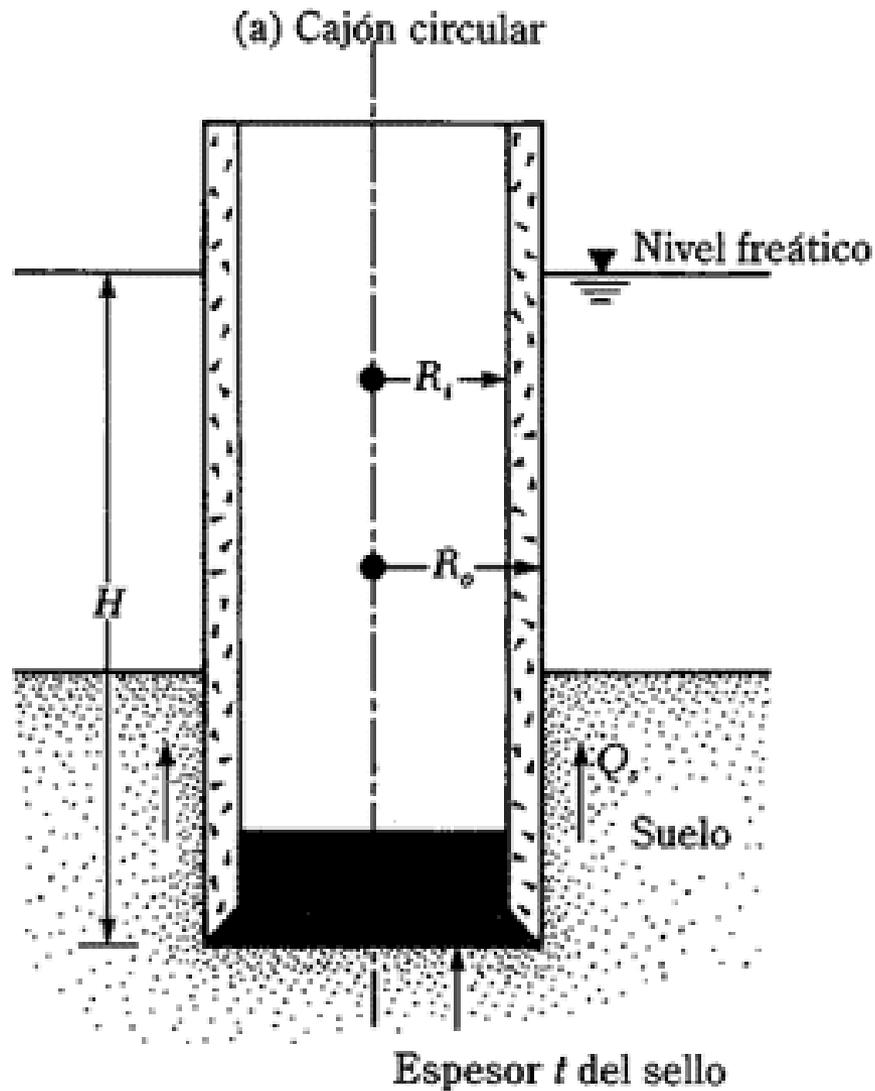
PILOTES TIPO CAJON (caisson)





PILOTES EXCAVADOS

PILOTES TIPO CAJON (caisson)



PILOTES EXCAVADOS



PILOTES TIPO CAJON (caisson)





CLASIFICACION

MATERIALES

1.- Madera

2.- Metálicos

3.- Hormigón (mampostería)

a. Excavados

- Sin sostenimiento
- Con sostenimiento

b. Hincados

- Elaborado en Fábrica
- Elaborado en Obra

PILOTES HINCADOS

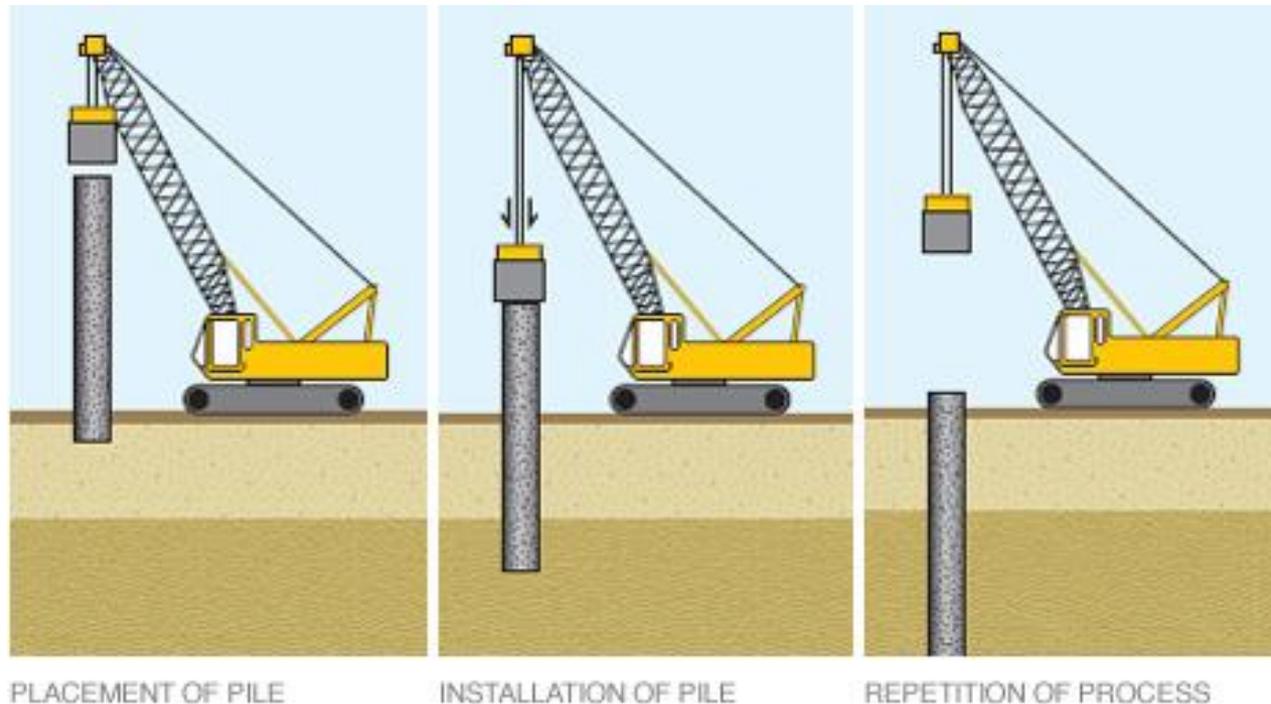
Secuencia



Hormigón Armado:

Pilotes hincados:

- Desde fines del siglo XIX.
- Resistencia intermedia.
- Peso elevado.
- Buena protección contra agresividad.
- Control de calidad.
- Empalmes complicados.
- Puede moldearse en obra.
- Recortes y descabezado.



PILOTES HINCADOS

Elaborado en Fabrica



PILOTES HINCADOS

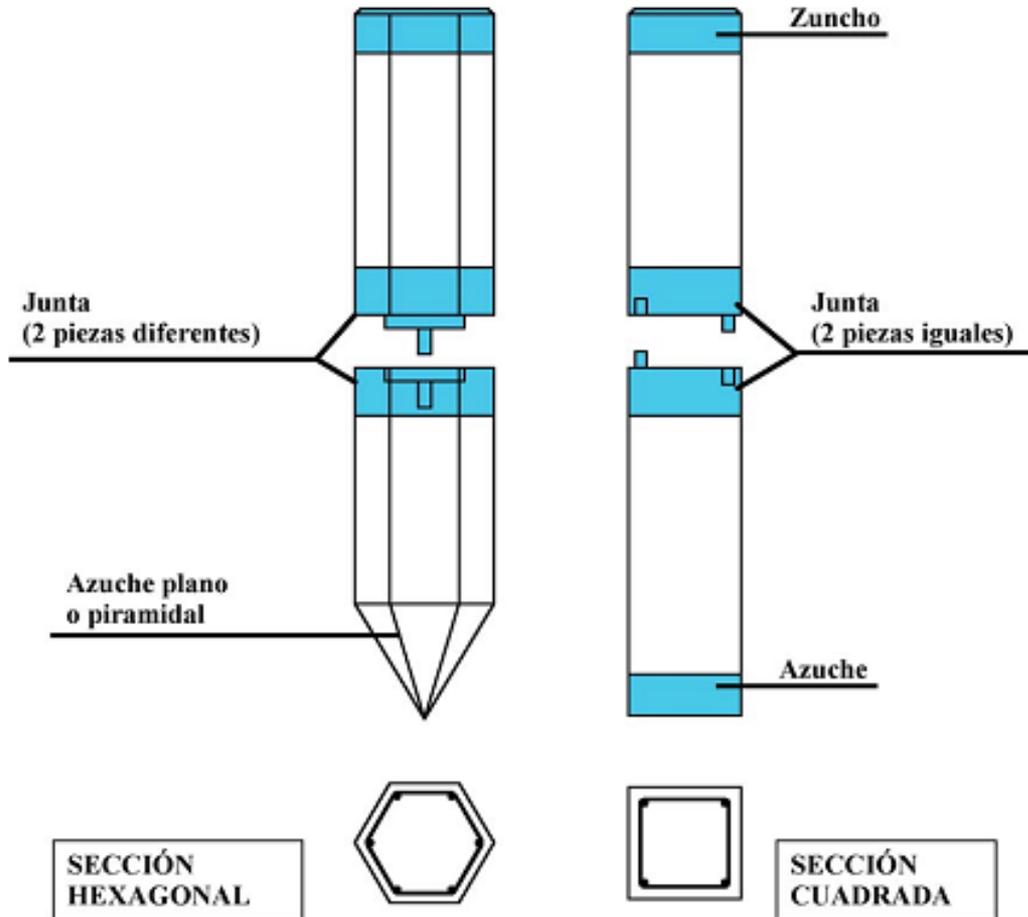
Elaborado en Obra





PILOTES HINCADOS

Componentes



PILOTES HINCADOS

Instalación



PILOTES HINCADOS

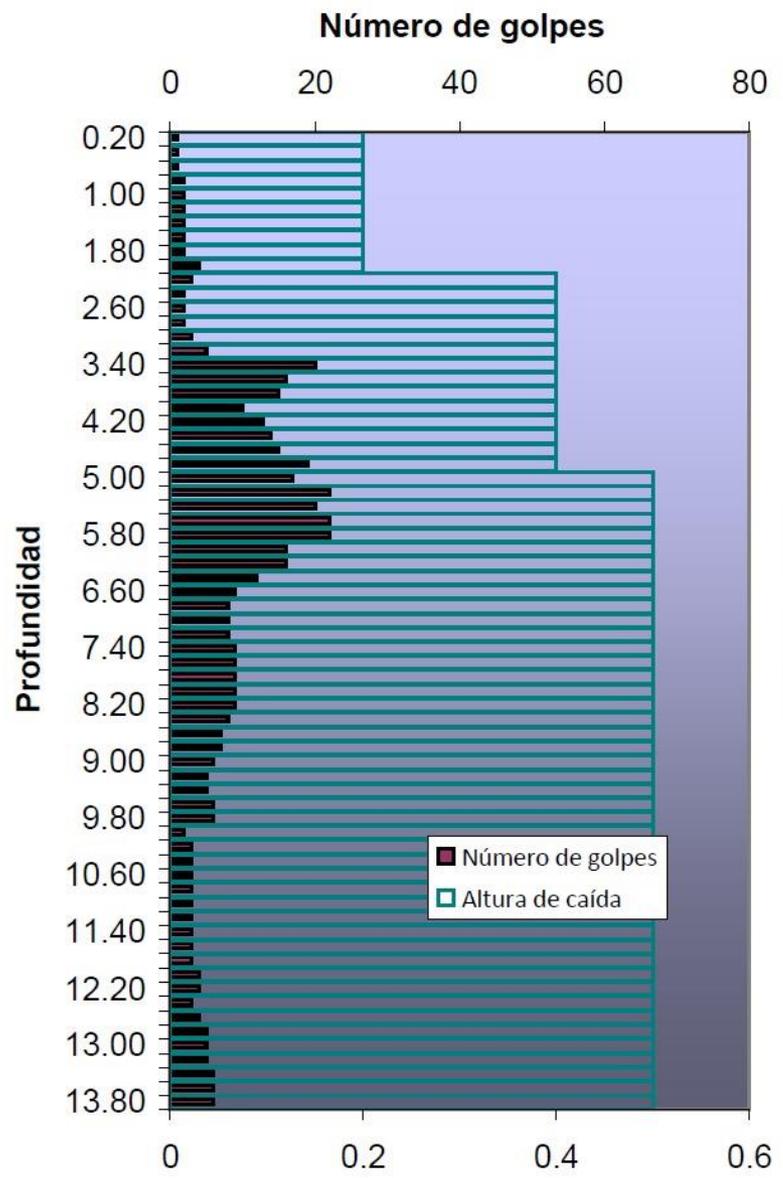
Instalación



PILOTES HINCADOS



Instalación



PILOTES HINCADOS

Instalación

Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

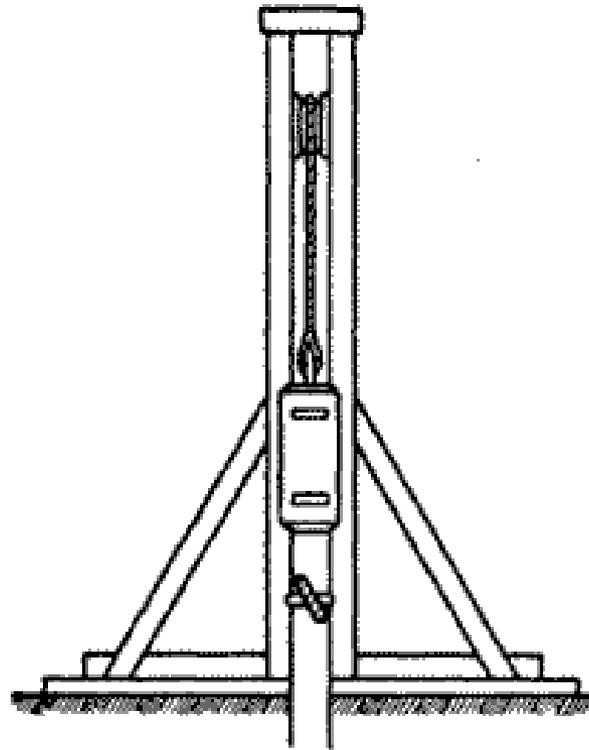


Figura 150

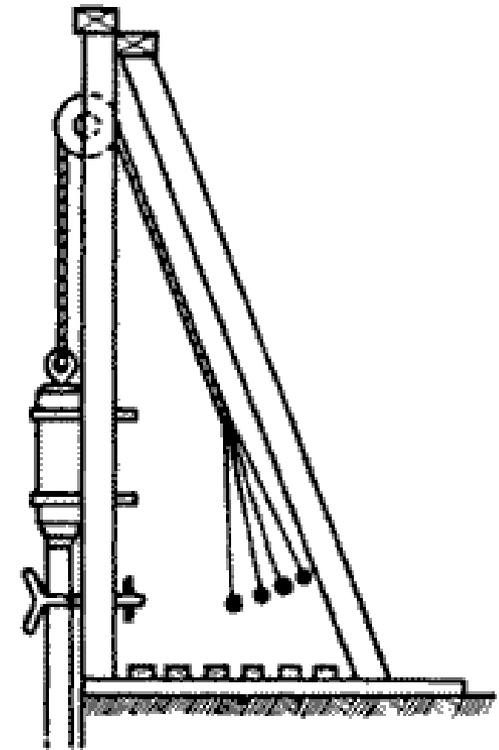
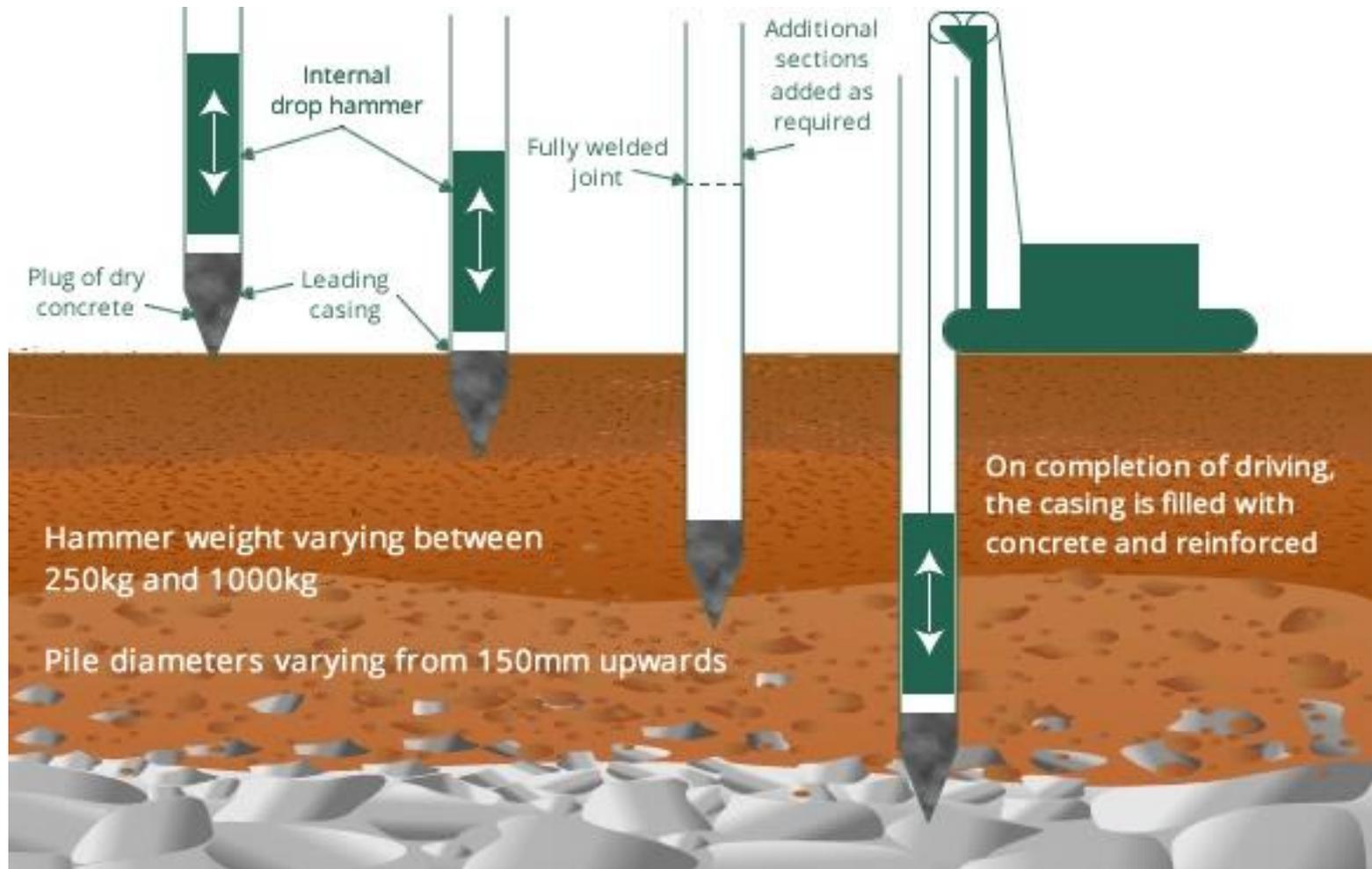


Figura 151

PILOTES HINCADOS

Instalación

Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

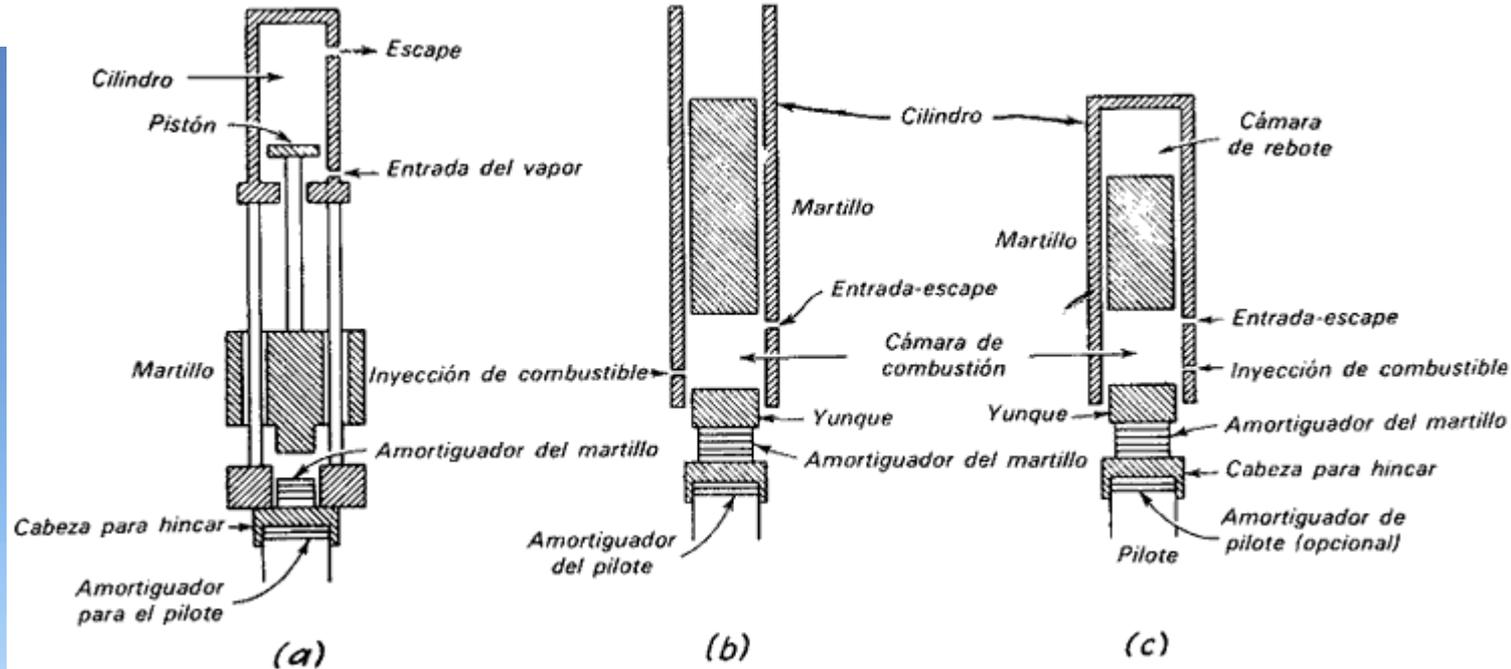
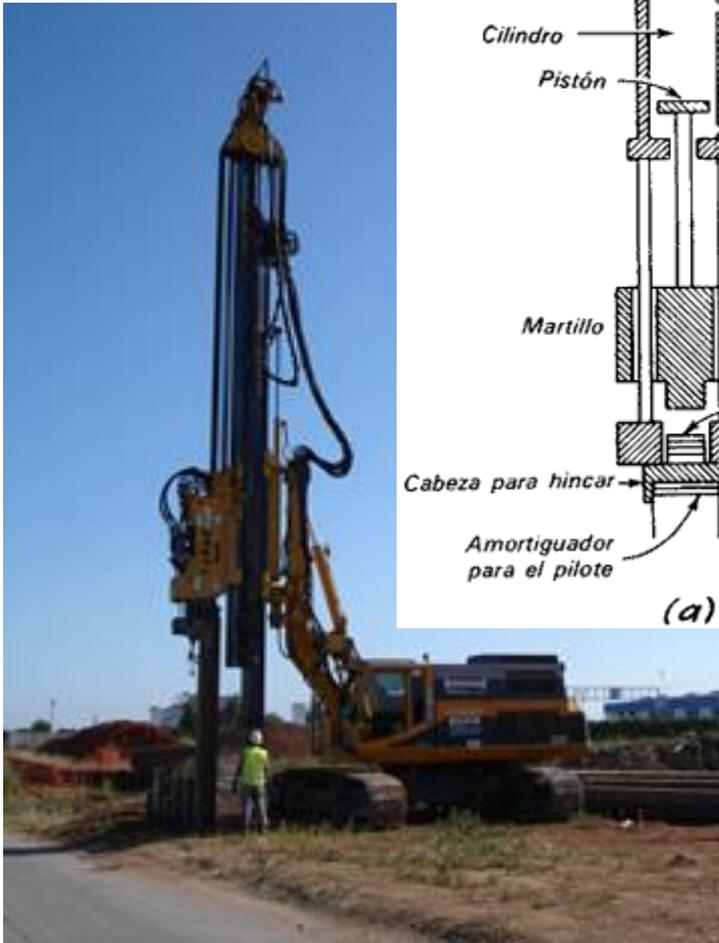




PILOTES HINCADOS

Instalación

Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)



PILOTES HINCADOS

Instalación



Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

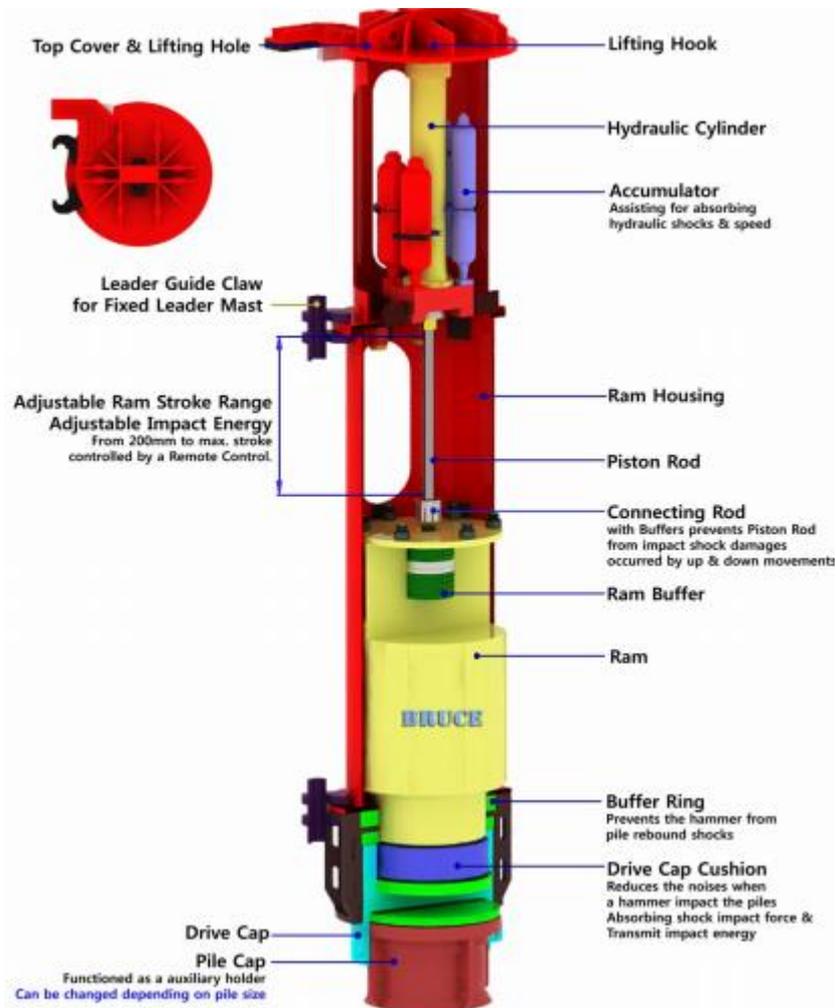


PILOTES HINCADOS



Instalación

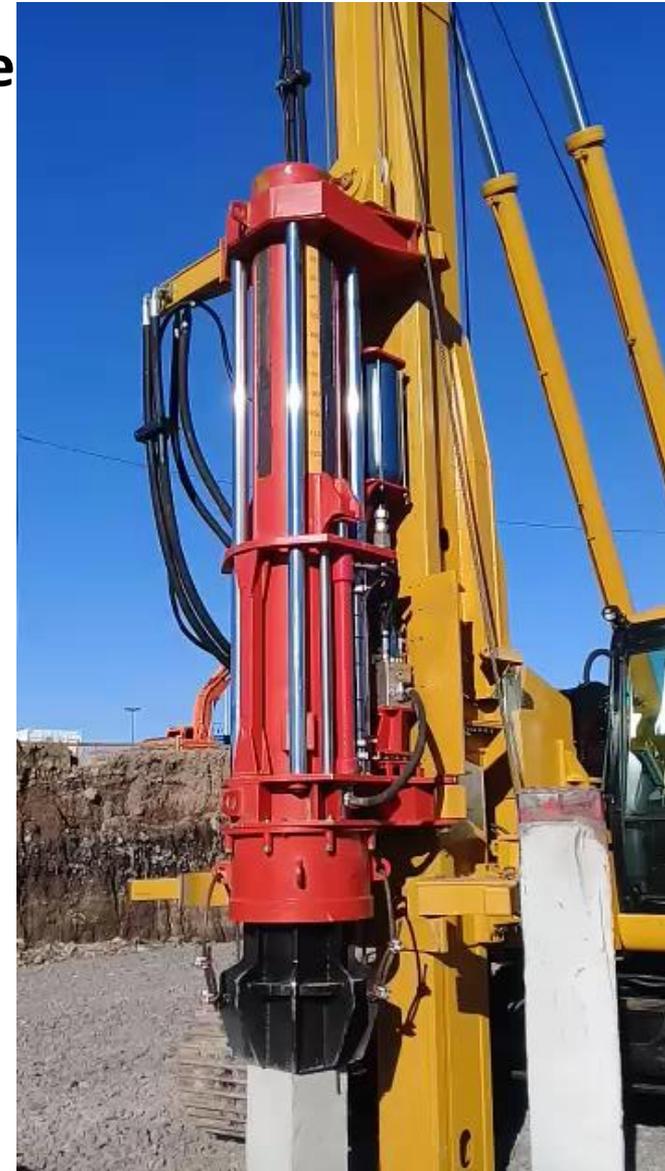
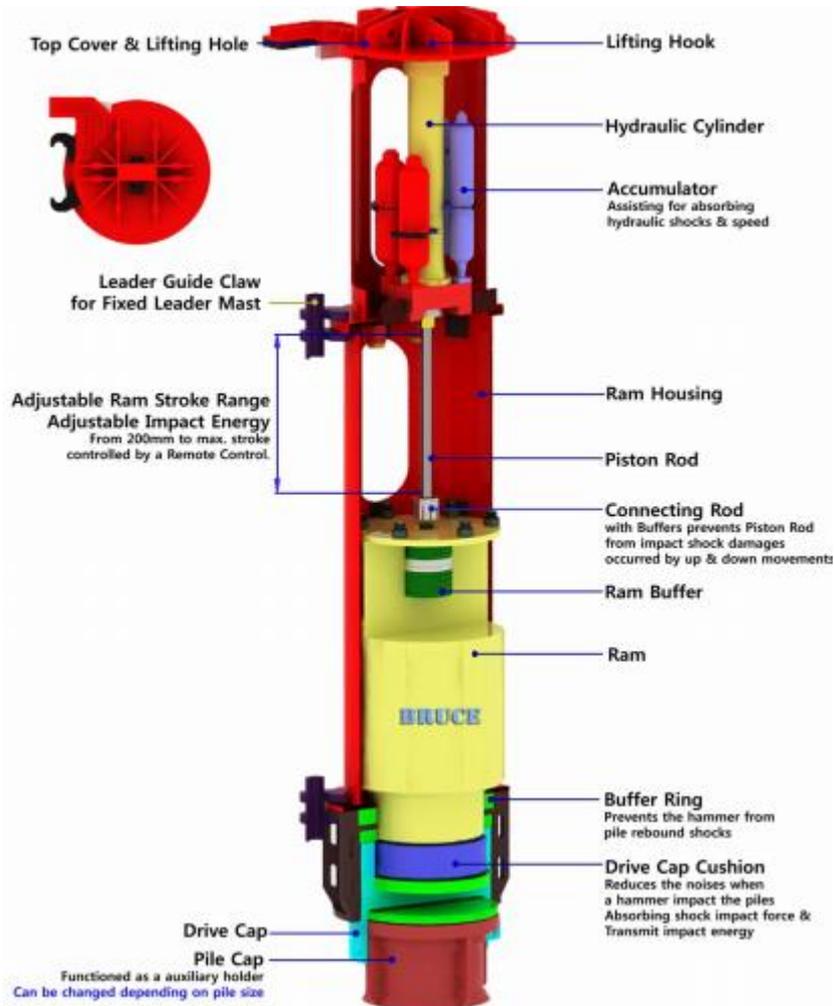
Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)





Instalación

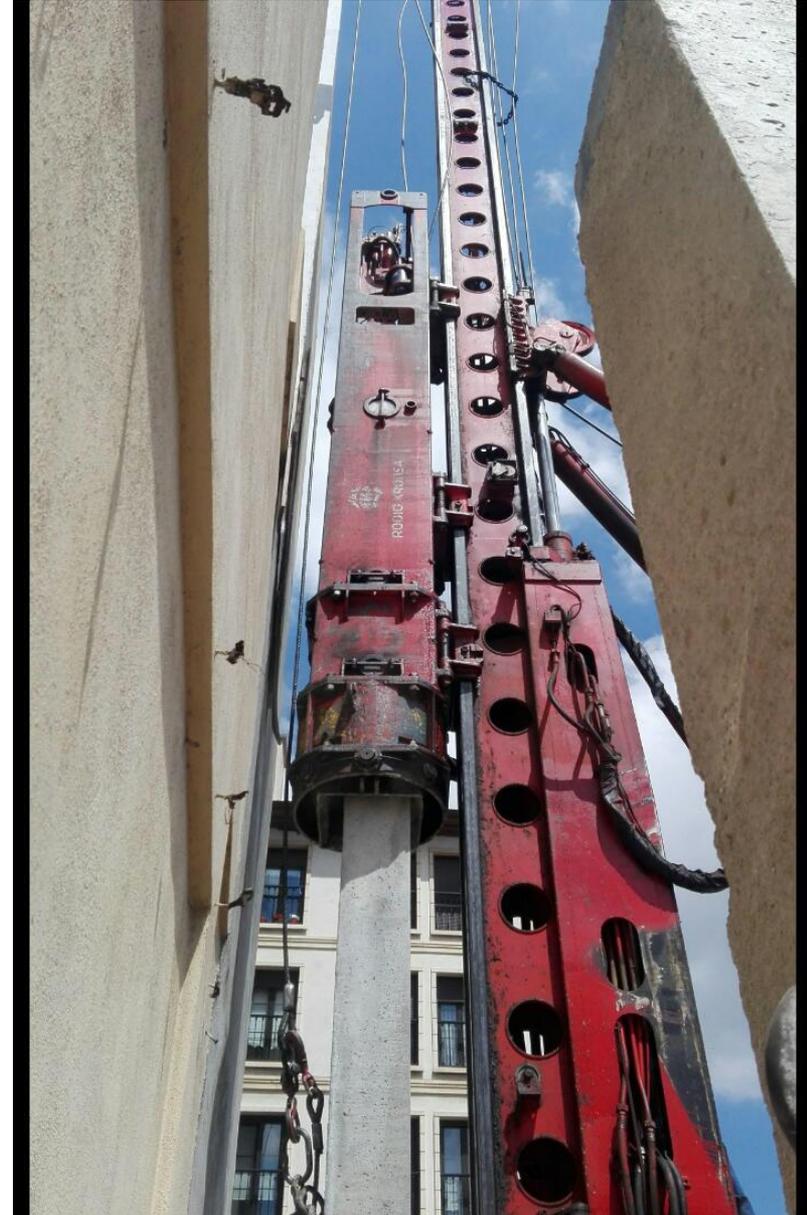
Pilotes hincados prefabricados – e



PILOTES HINCADOS



Instalación





PILOTES HORMIGONADOS IN SITU

VARIEDADES ADICIONALES:

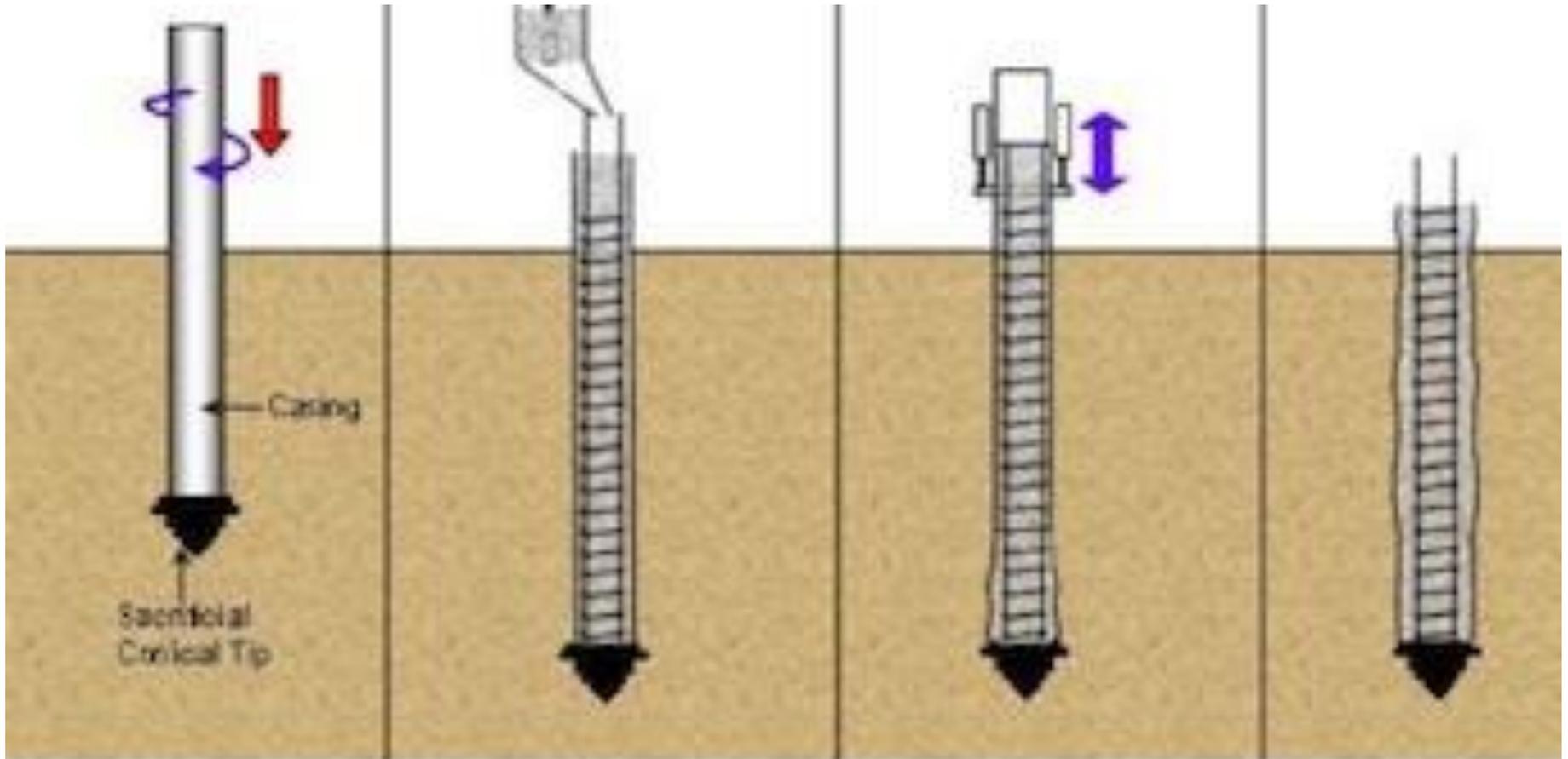
- Pilotes con camisa vibrante - desplazamiento.
- Pilotes tipo Franki.
- Pilotes con bulbo de desplazamiento.
-

PILOTES HINCADOS

Instalación



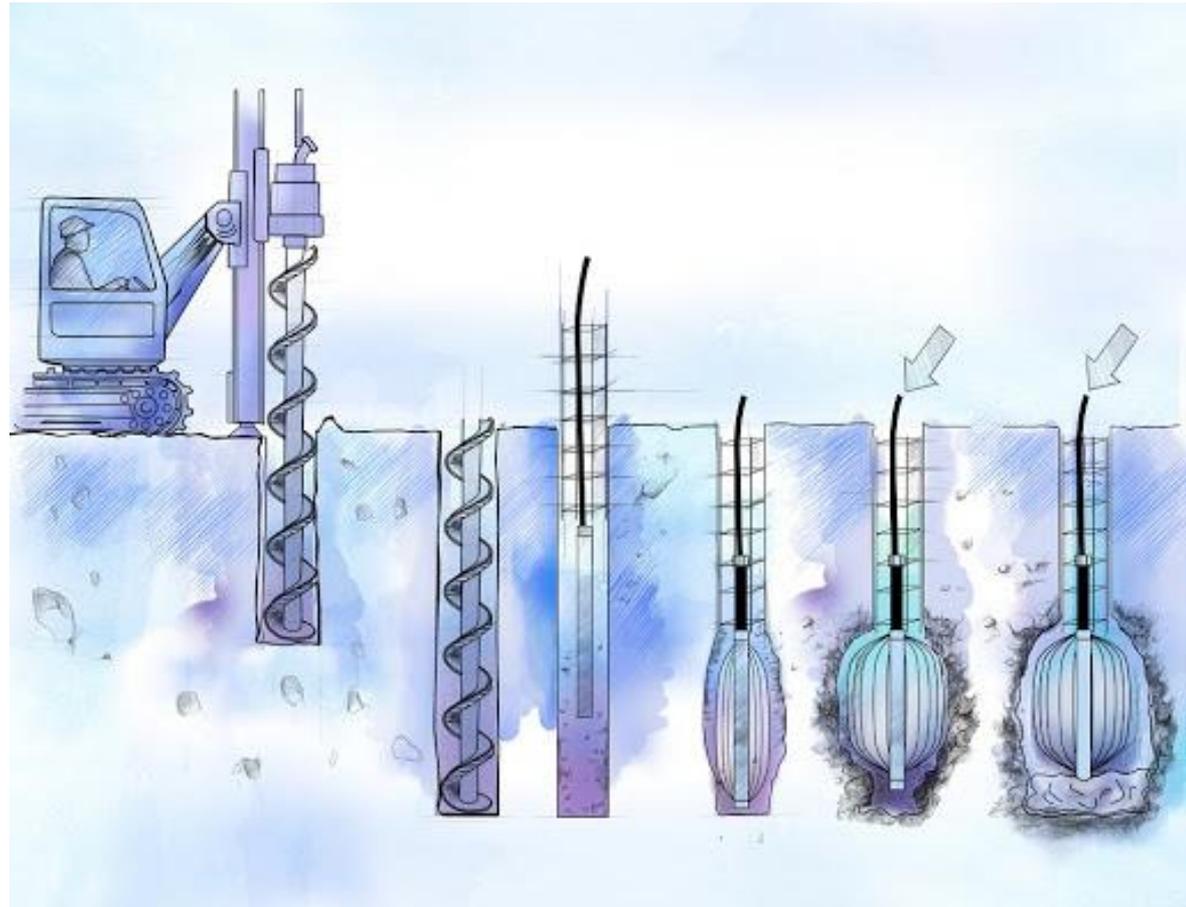
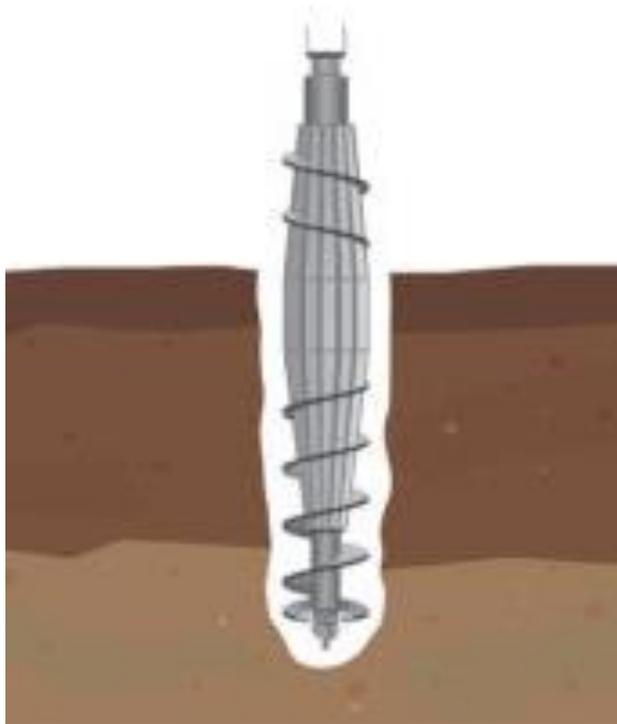
Pilotes de camisa hincada y hormigonado in situ



PILOTES HINCADOS

Instalación

Pilotes con bulbo de desplazamiento

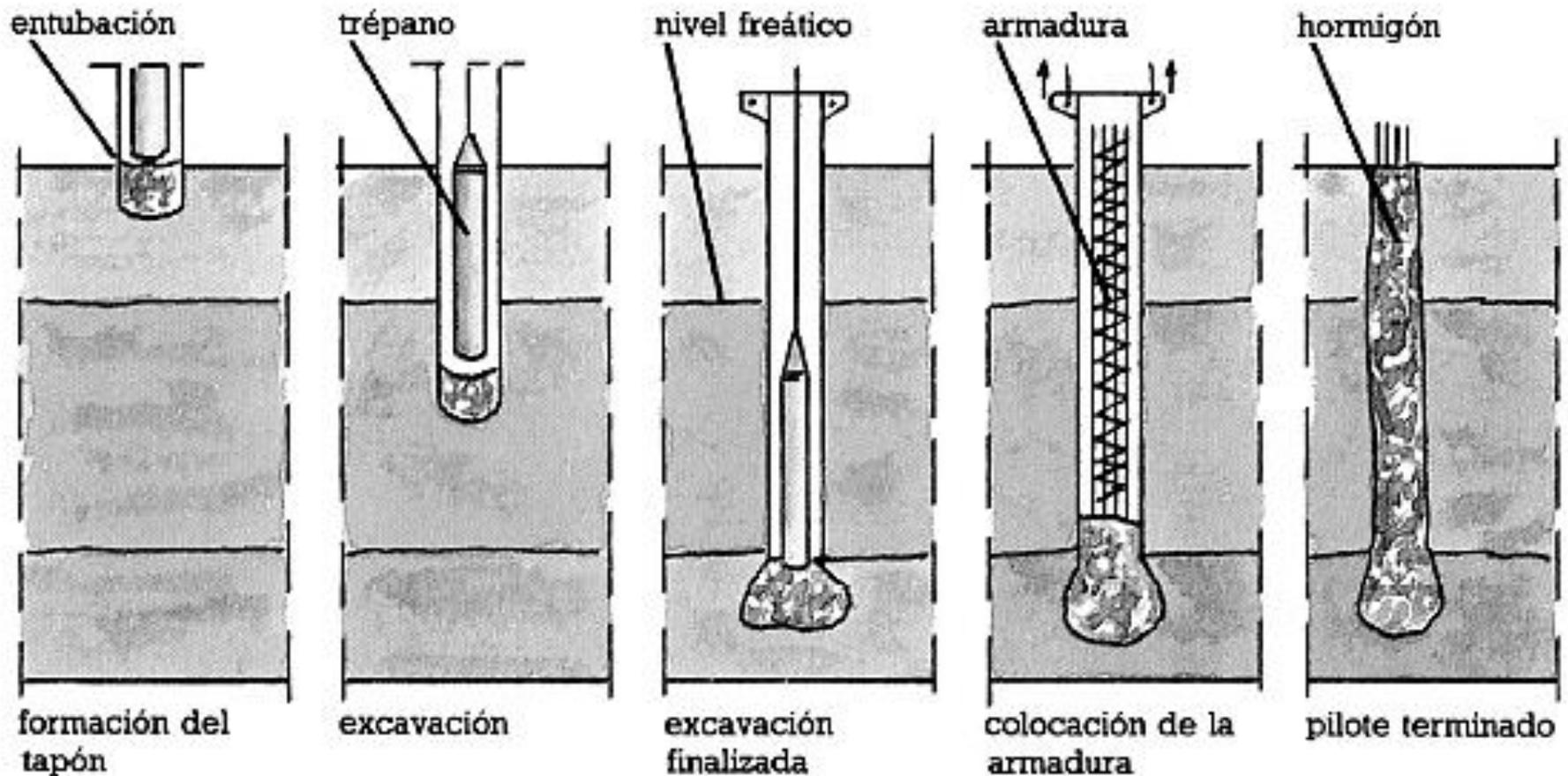




PILOTES HINCADOS

Instalación

Pilotes hincado tipo Franki





TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes

Capacidad de Carga y Condiciones de Trabajo del Pilote



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga

Ecuaciones según criterio de rotura

Resistencia Lateral

$$q_{f(n)} = \alpha \cdot C + \left[\left(\sum_{i=1}^{i=n-1} \gamma_i \cdot z_i + 0,5 \cdot \gamma_n \cdot z_n \right) K_{an} \cdot \text{tg } \delta_n \right] \quad \text{y} \quad q_{fadm} = \frac{q_{fn}}{v}$$

Resistencia Punta

$$q_{un} = 1,3 \cdot N_c \cdot C_{un} + \left(\sum_{i=1}^{i=n-1} \gamma_i \cdot z_i \right) \cdot N_q \quad \text{y} \quad q_{adm} = \frac{q_u}{v}$$



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga

Ecuaciones empíricas (SPT)

Capacidad friccional

$$\sigma_{adm}^{fricción} [t / m^2] \cong \left[\left(\frac{\overline{N_{SPT}}}{3} \right) + 1 \right] / 1,3$$

Capacidad de punta

$$\sigma_{adm}^{punta} [t / m^2] \cong \frac{\psi \cdot N_{SPT}}{\beta \cdot \eta}$$

Suelo	Arenas Gruesas	Arenas finas	Limos arenosos	Arcillas
ψ	40	30	20	12

Tipo de pilote	β	η
Excavado	3	4
Hincado	1	2



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga

Ecuaciones para hincas de pilotes

Criterio general

$$E_{\text{externa}} - \text{Pérdidas} = \text{Trabajo} = Q_d \cdot e$$

Fórmula Holandesa $Q_d = \frac{P^2 \cdot h}{e \cdot (W + P)}$ y $Q_{adm} = \frac{Q_d}{v} - P_p$

Siendo

- Q_d = resistencia dinámica última
- Q_{adm} = capacidad de carga estática admisible
- P = peso del pilón
- h = altura de caída del pilón
- W = peso propio del elemento hincado
- e = rechazo = penetración para un golpe
- v = coeficiente de seguridad = 6



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga

Ecuaciones para hinca de pilotes

Fórmula Delmag - diesel

$$Q_d = \frac{E.W}{(e + c.L_a).(W + P)} \therefore e = \frac{E.W}{Q_d(W + P)} - c.L_a \quad \text{y} \quad Q_{adm} = \frac{Q_d}{v} \therefore Q_d = Q_{adm} \cdot v$$

Siendo:

- Q_{adm} = capacidad de carga admisible (t)
- Q_d = resistencia dinámica a la penetración (t)
- E = energía del martinete (kgm)
- W = peso del pistón de hinca (kg)
- P = peso propio del pilote (kg)
- e = rechazo (mm)
- L_a = longitud activa = $\xi \cdot L \rightarrow \xi = 0,95$ (pilotes de punta) y $\xi = 0,6 \leftrightarrow 0,8$ (Fricc.)



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote por Desplazamiento

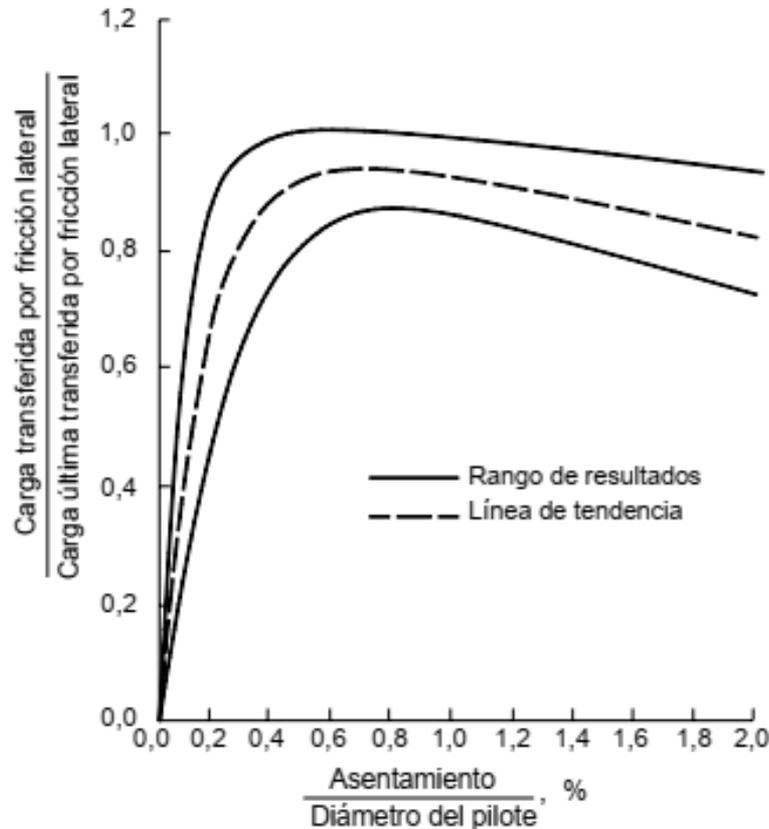


Figura C10.8.2.3.2-1 - Transferencia de carga por fricción lateral (normalizada) en función del asentamiento - Suelos cohesivos (Reese y O'Neill 1988)

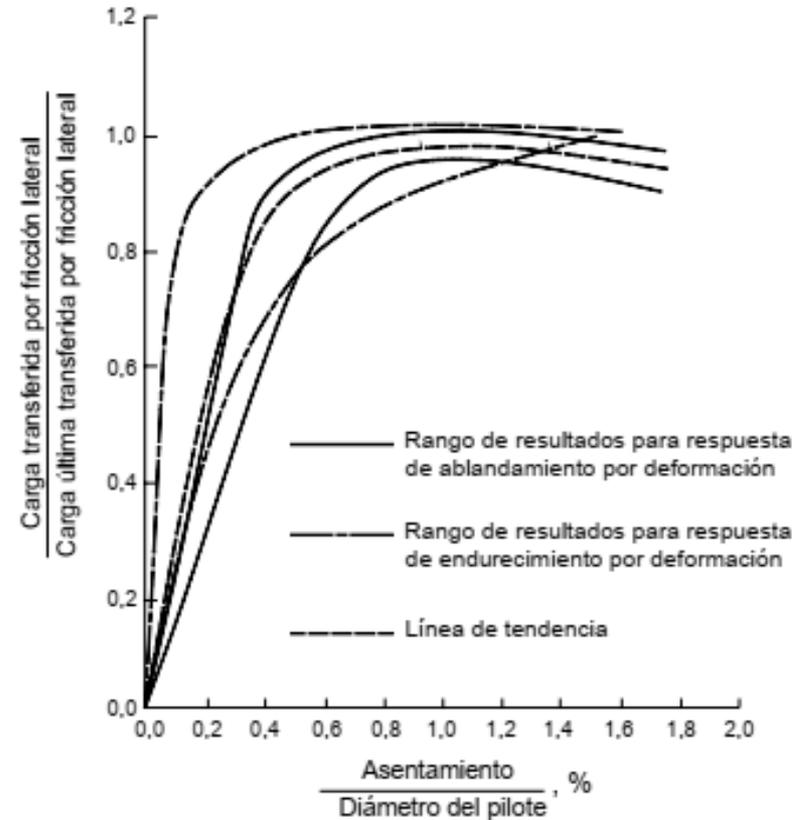


Figura C10.8.2.3.2-3 - Transferencia de carga por fricción lateral (normalizada) en función del asentamiento - Suelo no cohesivo (Reese y O'Neill 1988)



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote por Desplazamiento

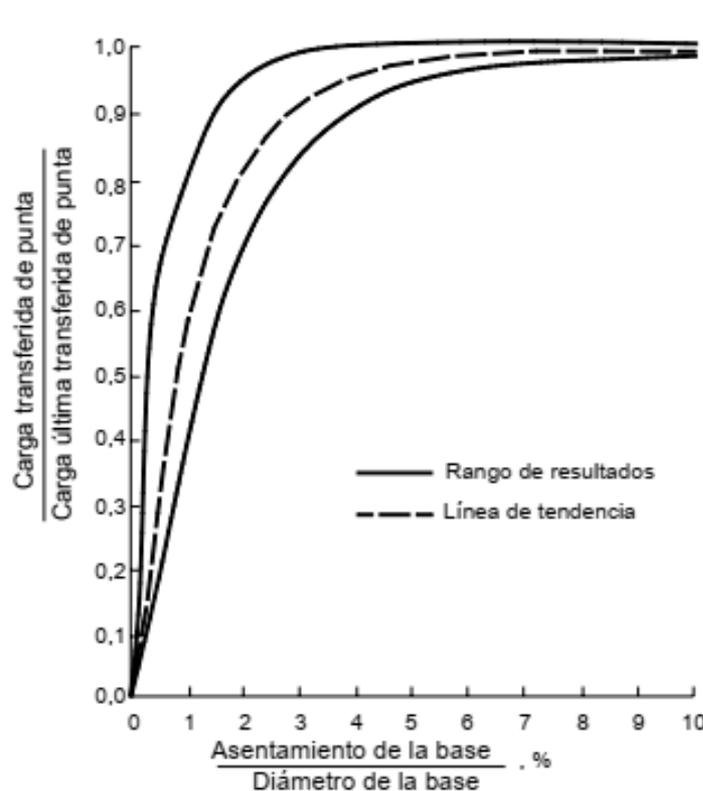


Figura C10.8.2.3.2-2 - Transferencia de carga de punta (normalizada) en función del asentamiento - Suelos cohesivos (Reese y O'Neill 1988)

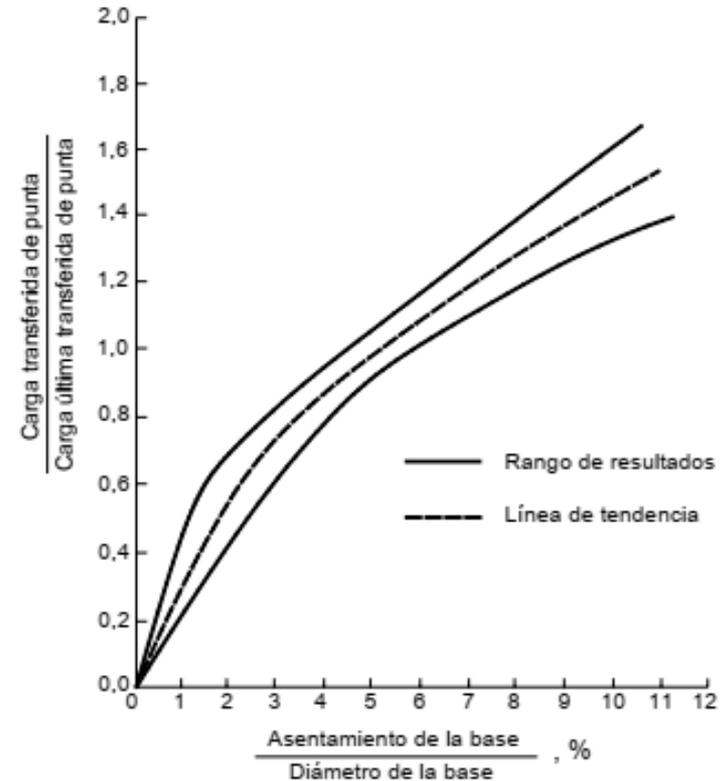
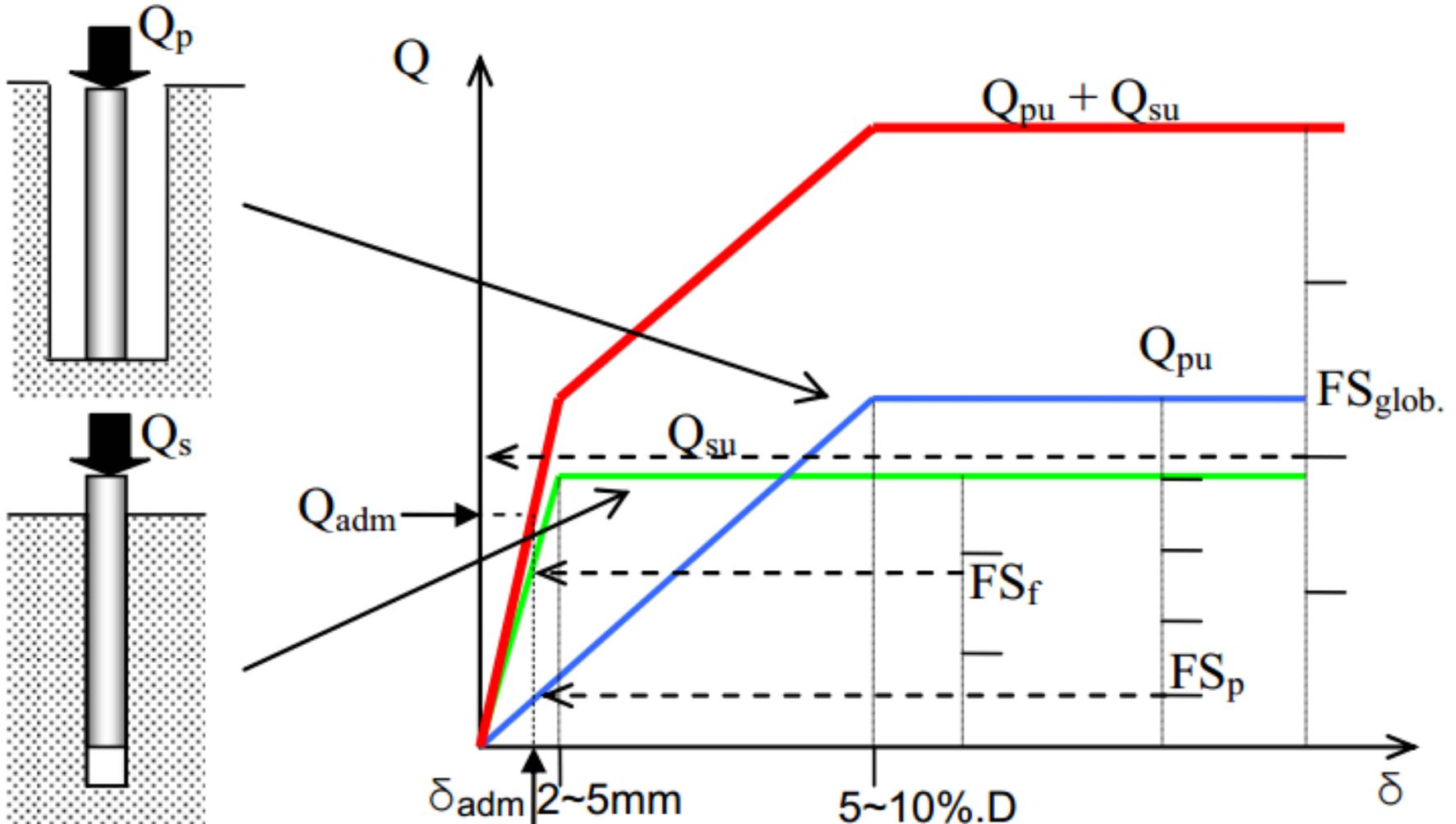


Figura C10.8.2.3.2-4 - Transferencia de carga de punta (normalizada) en función del asentamiento - Suelo no cohesivo (Reese y O'Neill 1988)



TRANSFERENCIA DE CARGA

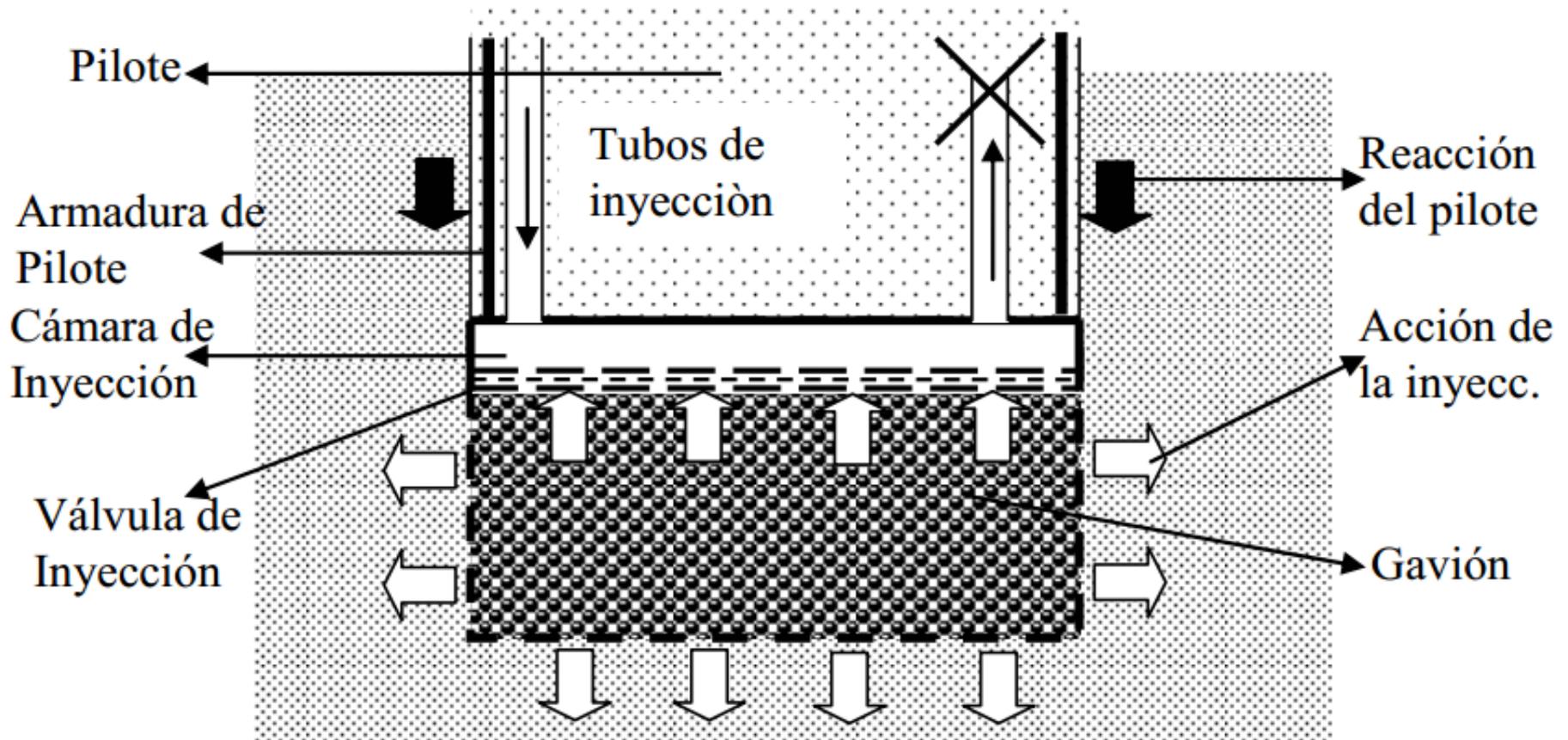
Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote por Desplazamiento





TRANSFERENCIA DE CARGA

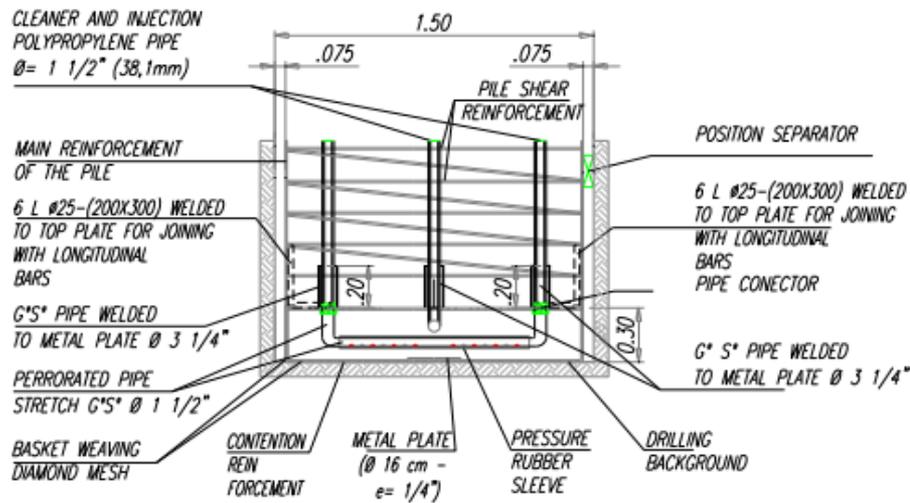
Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga





TRANSFERENCIA DE CARGA

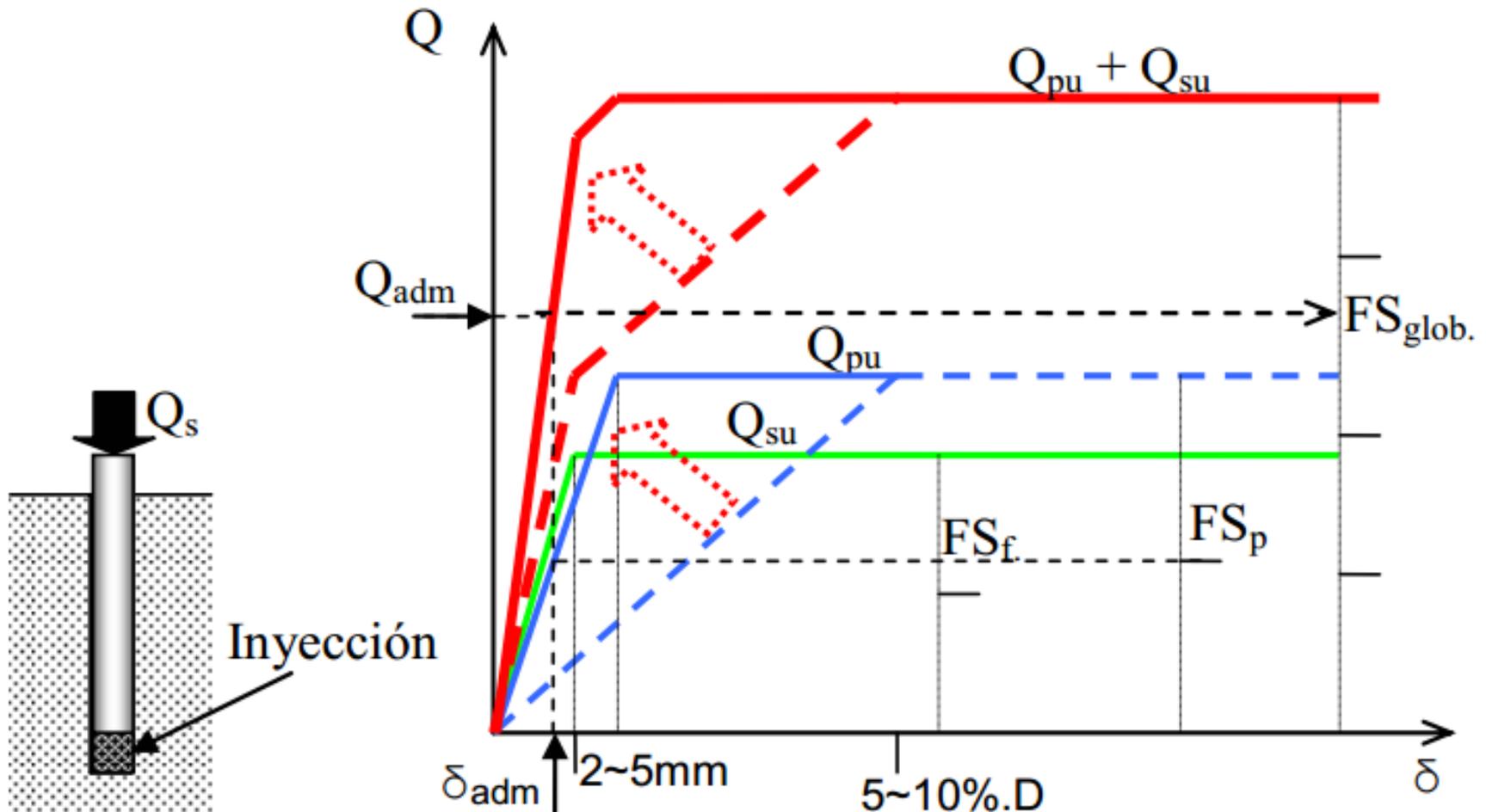
Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga





TRANSFERENCIA DE CARGA

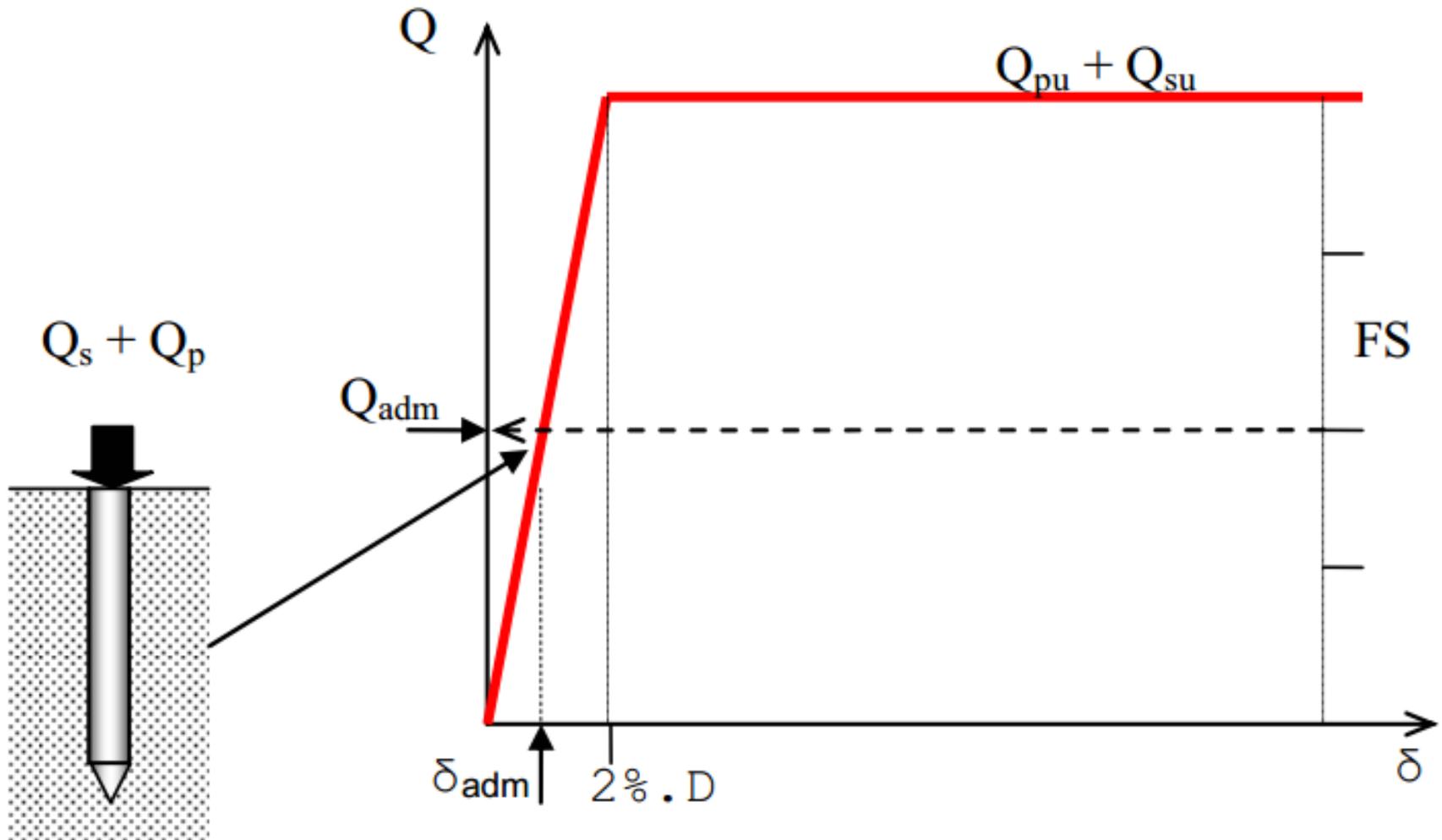
Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga





TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote Hincado





TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Ec. de Transferencia

Modelos para simulación del comportamiento suelo-pilote: resistencia de fuste y punta.

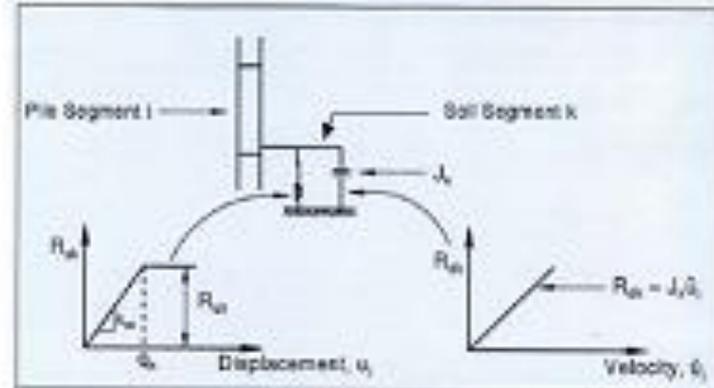
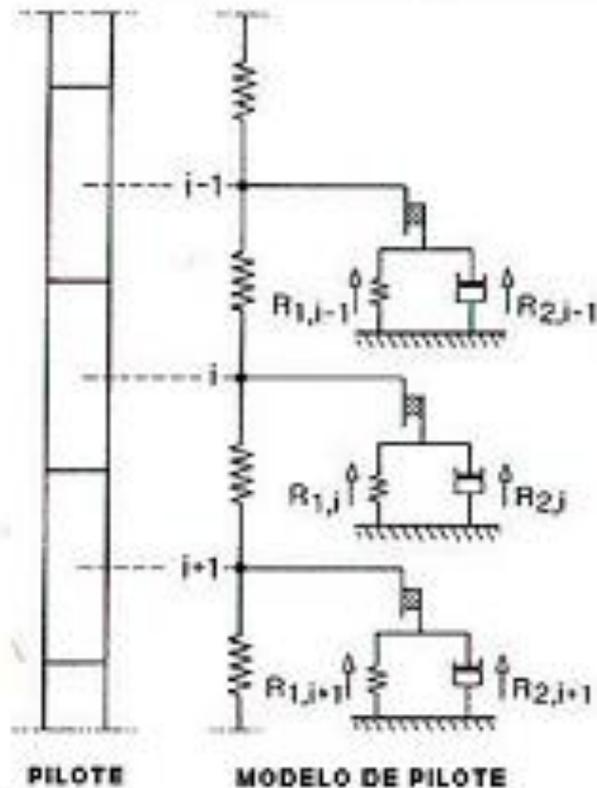


Figure 2.2.1. The Smith soil resistance model (without damping model instead of a strict Smith-damping is shown)

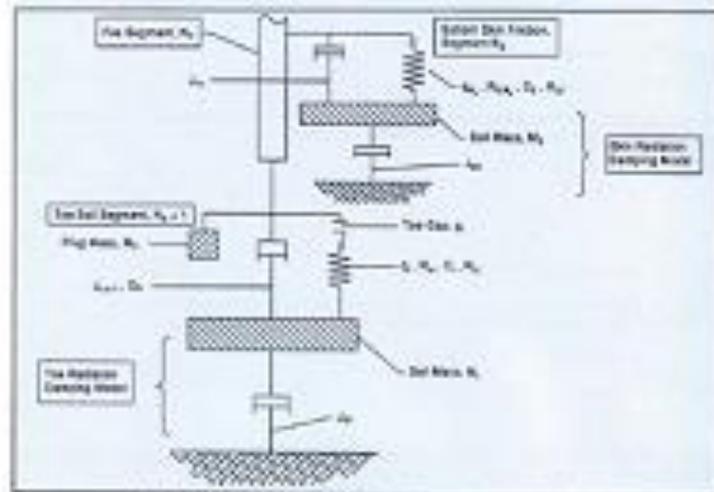
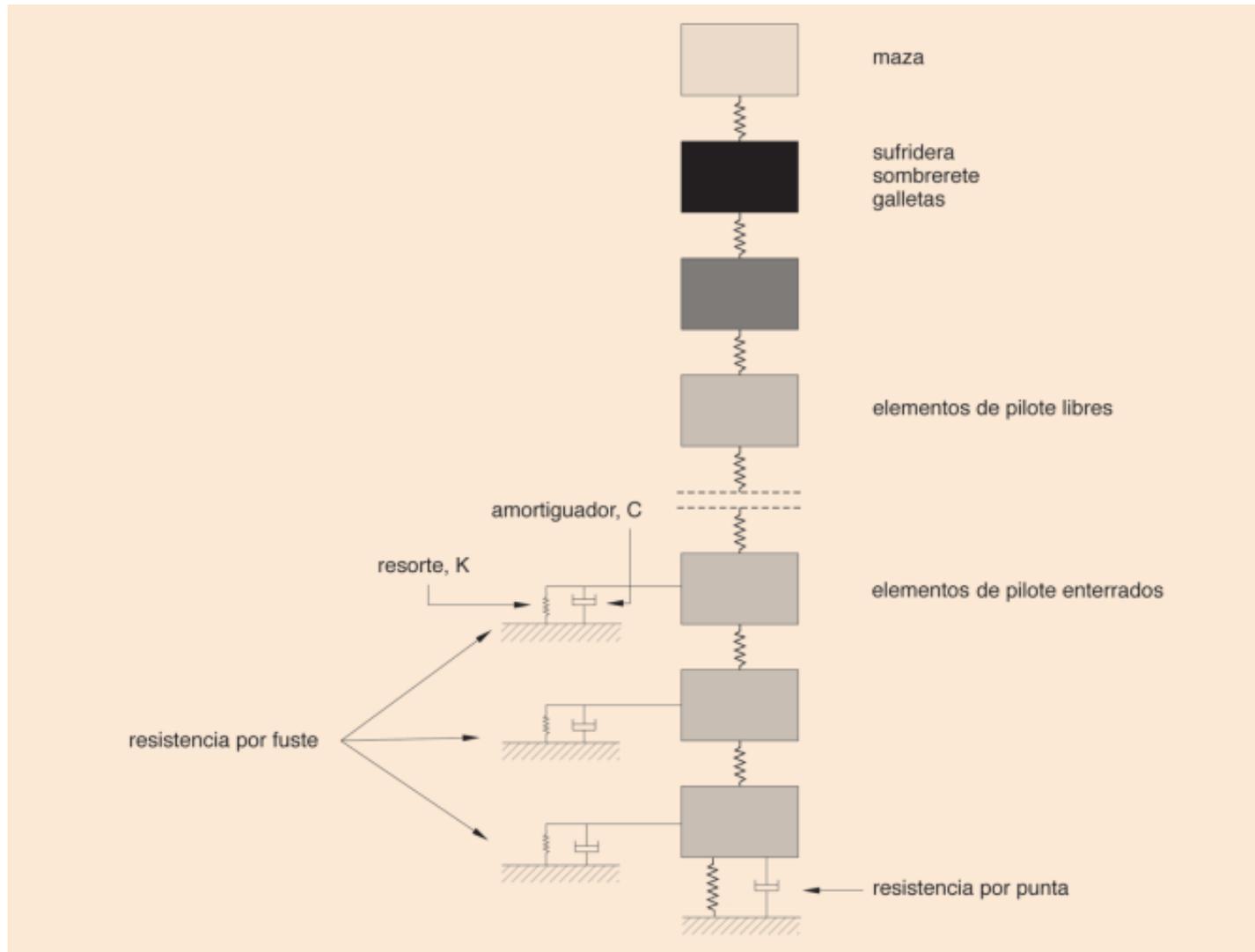


Figure 2.2.2. The extended CAPDM soil resistance model (a) shaft (b) toe



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Ec. de Transferencia

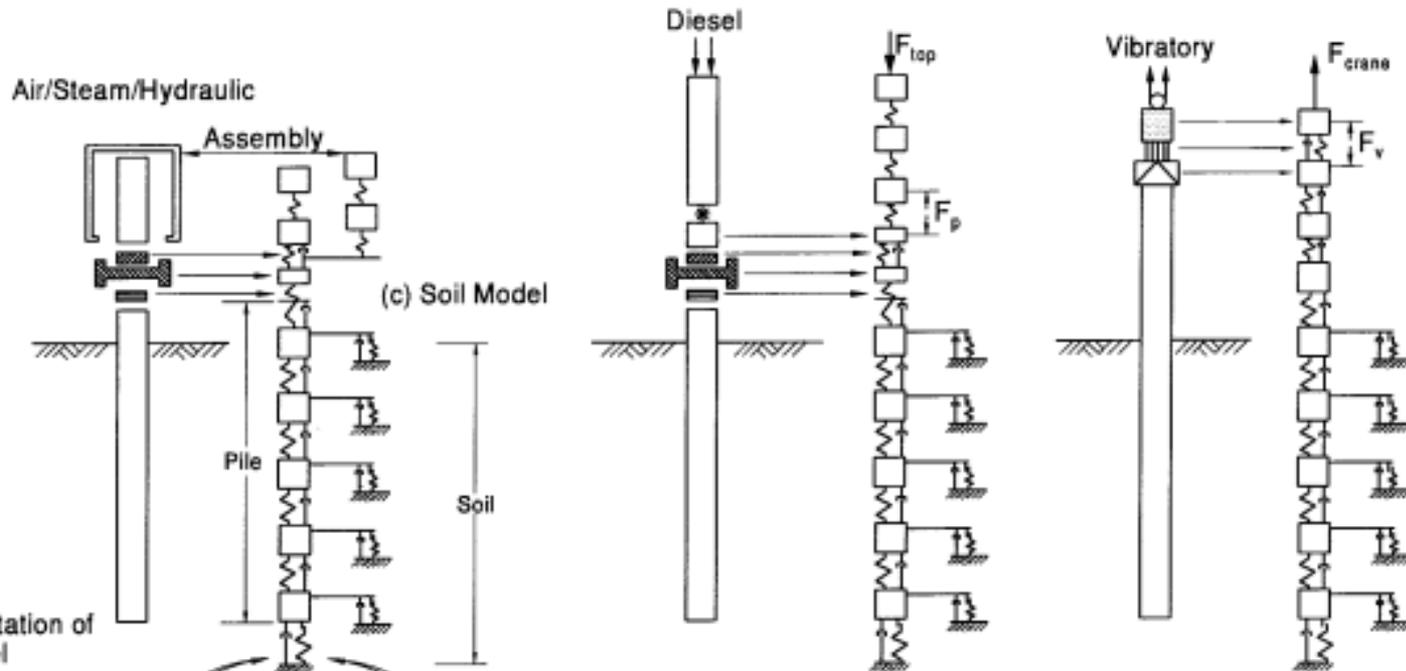




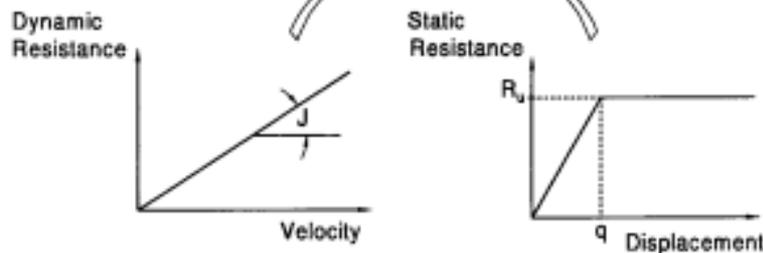
TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes – Capacidad de Carga – Ec. de Transferencia

(a) Schematic of System (b) Model



l) Representation of Soil Model



- Hammer Cushion
- Helmet
- Pile Cushion
- Elastic Connection
- Vibrator and Jaws
- Vibration Isolator



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes

Control de Calidad



TRANSFERENCIA DE CARGA

Pilotes

Control de Calidad

- **Posicionamiento topográfico**
- **Excavación (cota de punta de pilote)**
- **Condición de final de excavación**
- **Colocación de la armadura**
- **Hormigonado**
- **Desquinche de nivel superior**
- **Postconstructivo**

CONTROL DE CALIDAD

PILOTES TIPO CAJON (caisson)



CONTROL DE CALIDAD

EXCAVACION Y COTA DE APOYO





CONTROL DE CALIDAD

DEFECTOS DE HORMIGONADO





CONTROL DE CALIDAD

DEFECTOS DE HORMIGONADO





CONTROL DE CALIDAD

DEFECTOS DE HORMIGONADO





CONTROL DE CALIDAD

DEFECTOS DE HORMIGONADO





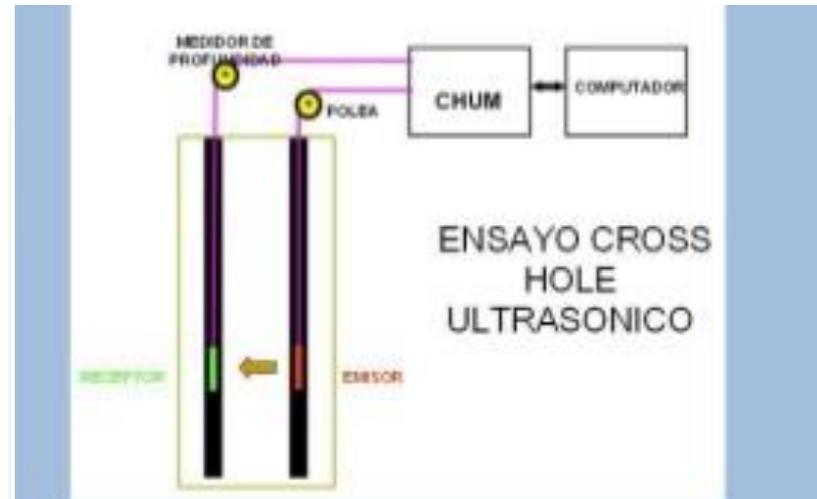
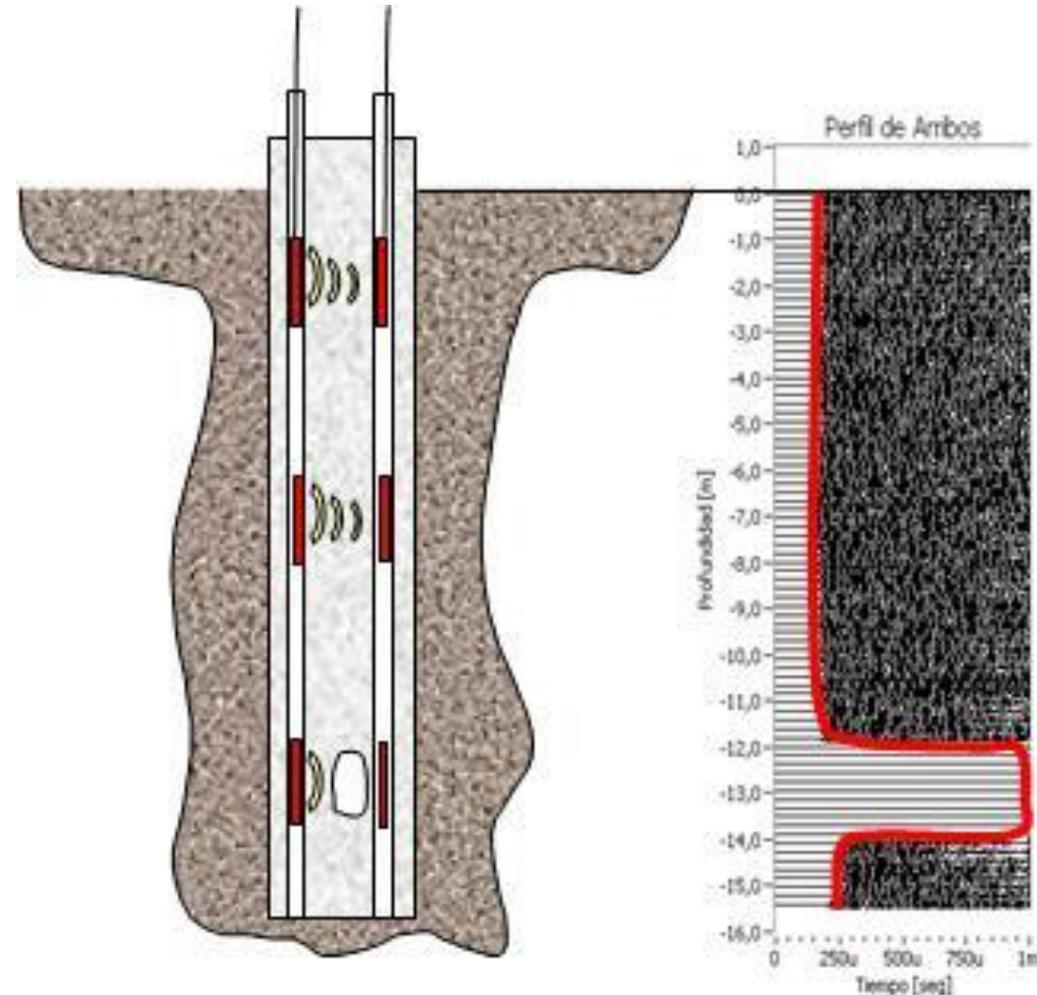
CONTROL DE CALIDAD

DEFECTOS DE HORMIGONADO

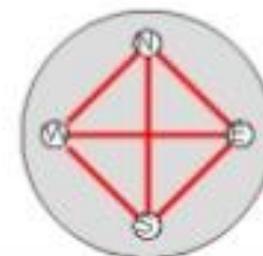




CONTROL DE CALIDAD INTEGRIDAD POR CROSS HOLE



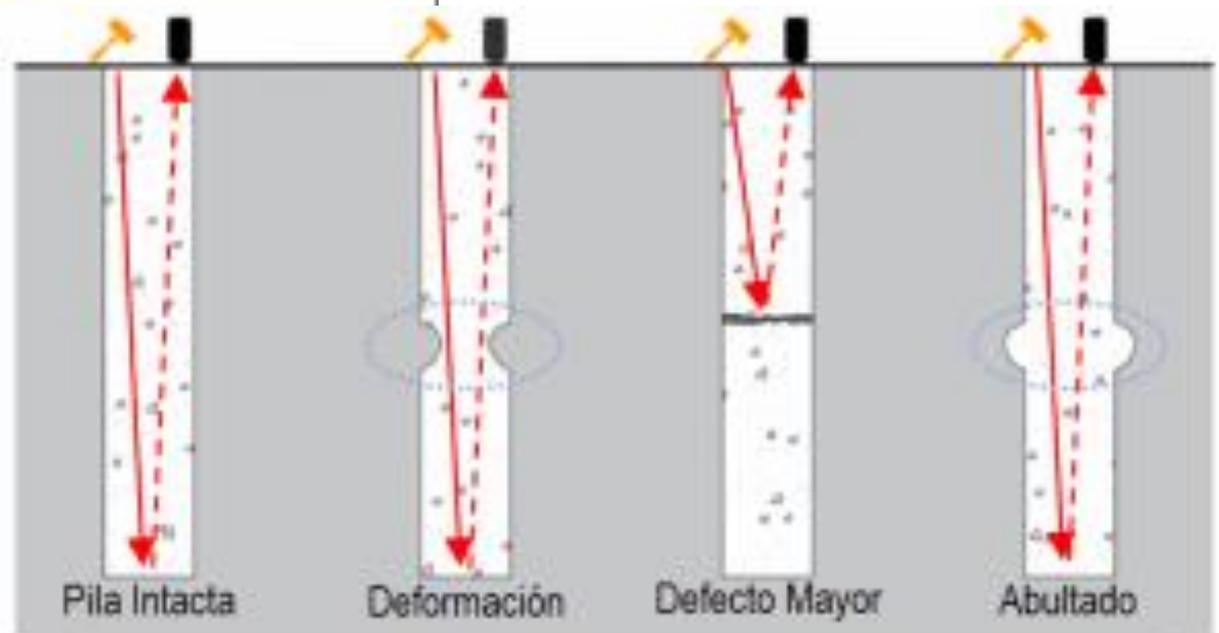
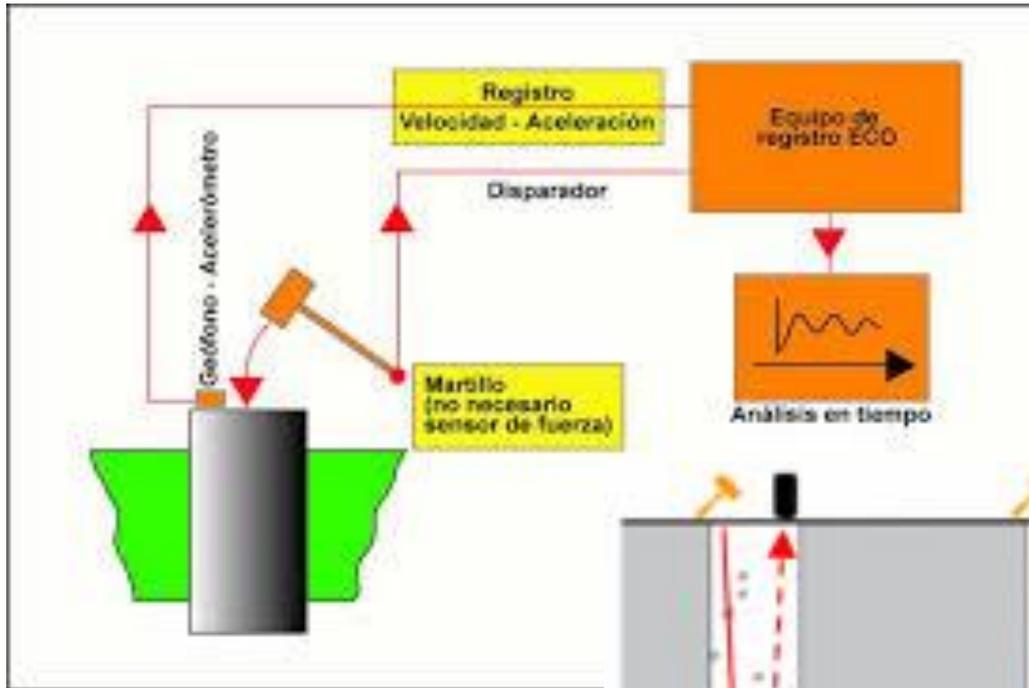
COLOCACIÓN DE LOS TUBOS DE ACCESO





CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO DE INTEGRIDAD





CONTROL DE CALIDAD

Registro de Hinca

