



# **FUNDACIONES PROFUNDAS**

## **Parte 1**



# CIMENTACIONES PROFUNDAS – PARTE 1

## OBJETIVOS:

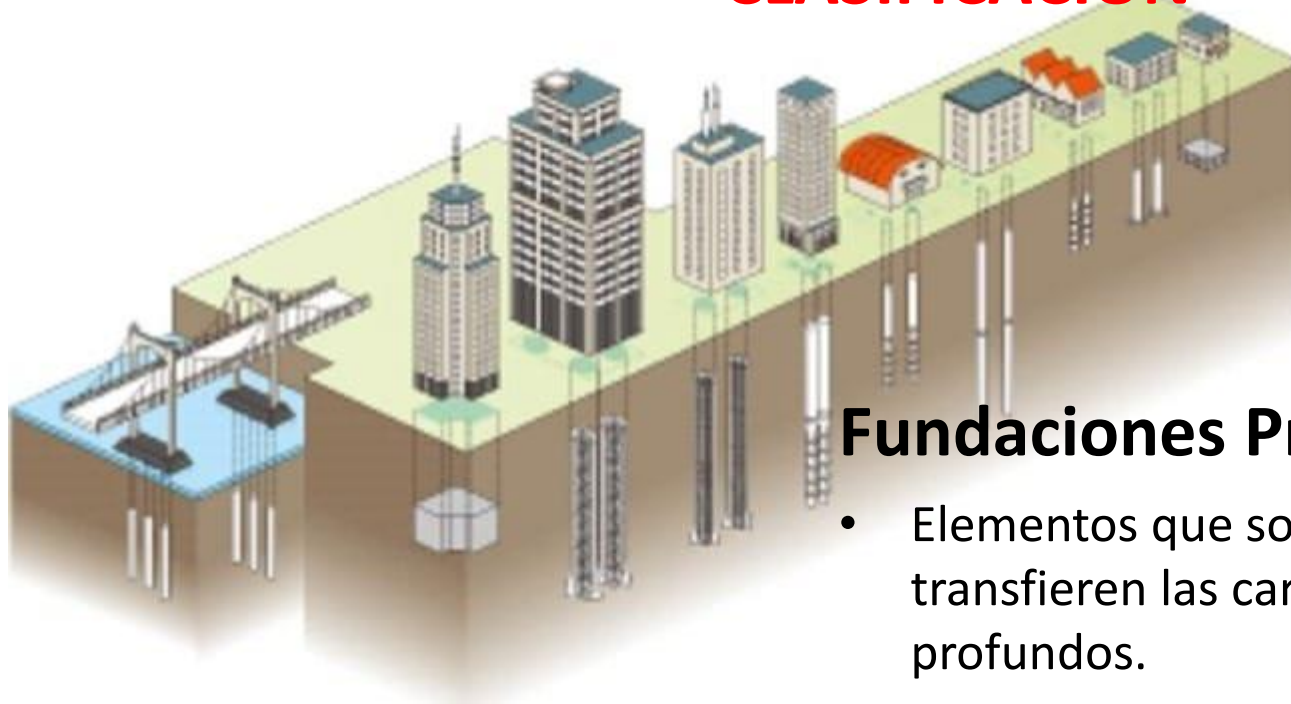
- Conceptos Generales de Cimentaciones Profundas.
- Clasificación de las Cimentaciones y Conocimientos de Procesos Constructivos.
- Revisión de Criterios de Diseño – Factores de Seguridad.
- Conceptos de Control de Calidad

## 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**

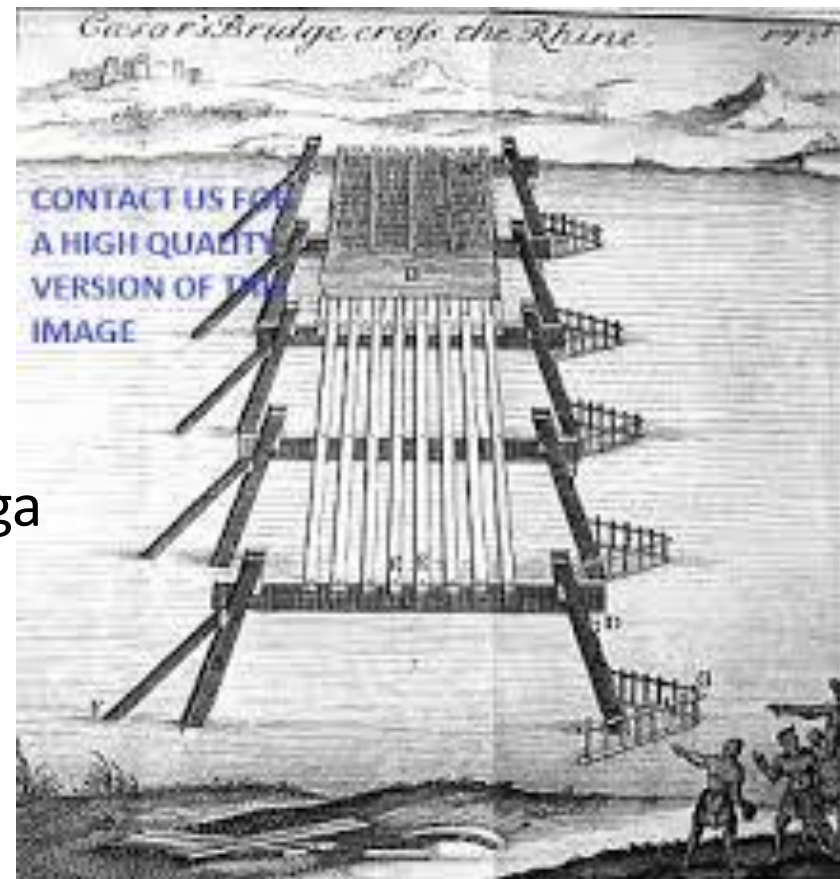
$$q_{Seg} = \frac{q_u}{FS}$$



## 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)

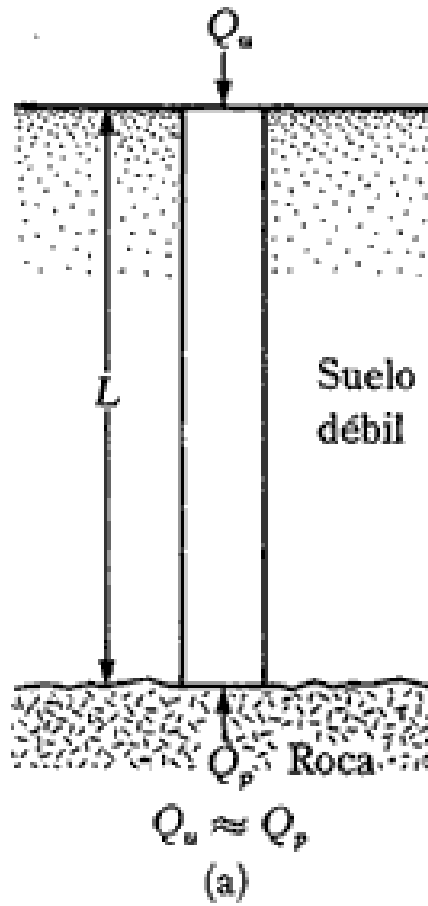
Desplazamiento (hinca)

Desplazamiento (hinca)

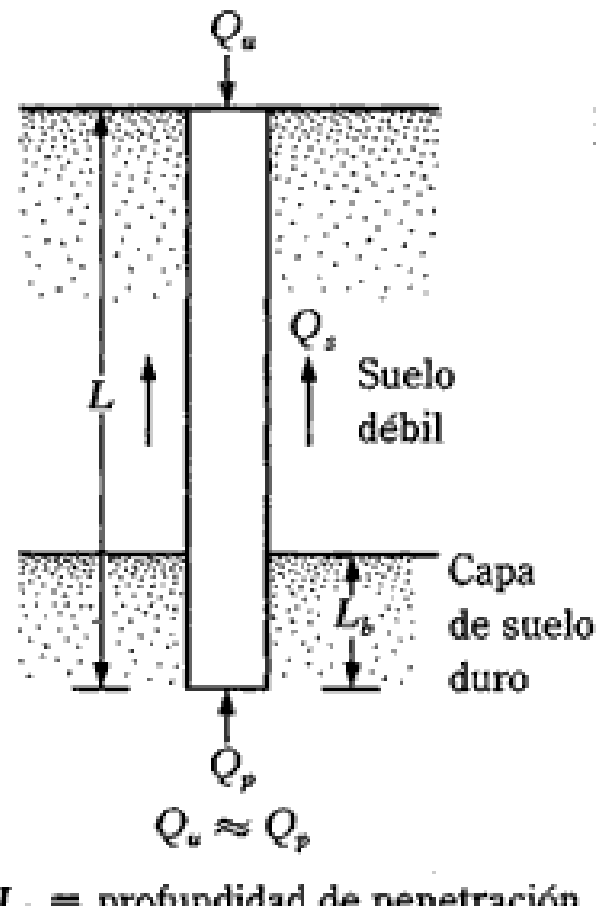


# CLASIFICACION

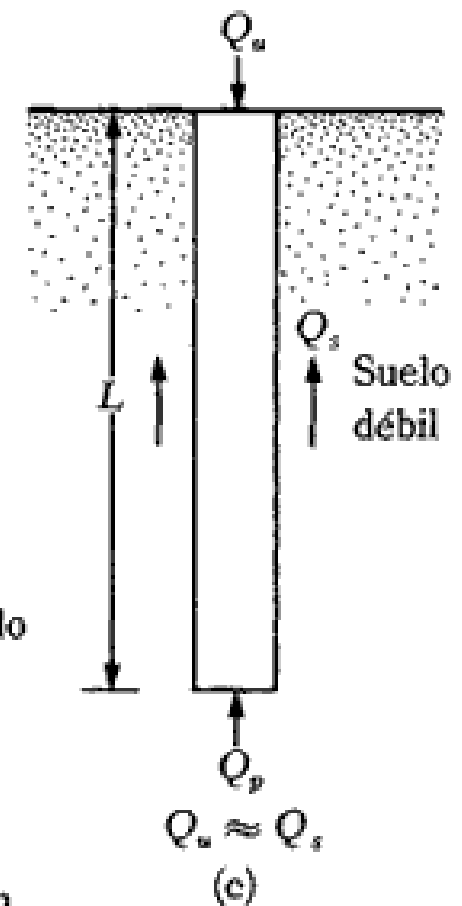
## FORMA DE TRANSFERENCIA DE CARGA



De Punta



(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.

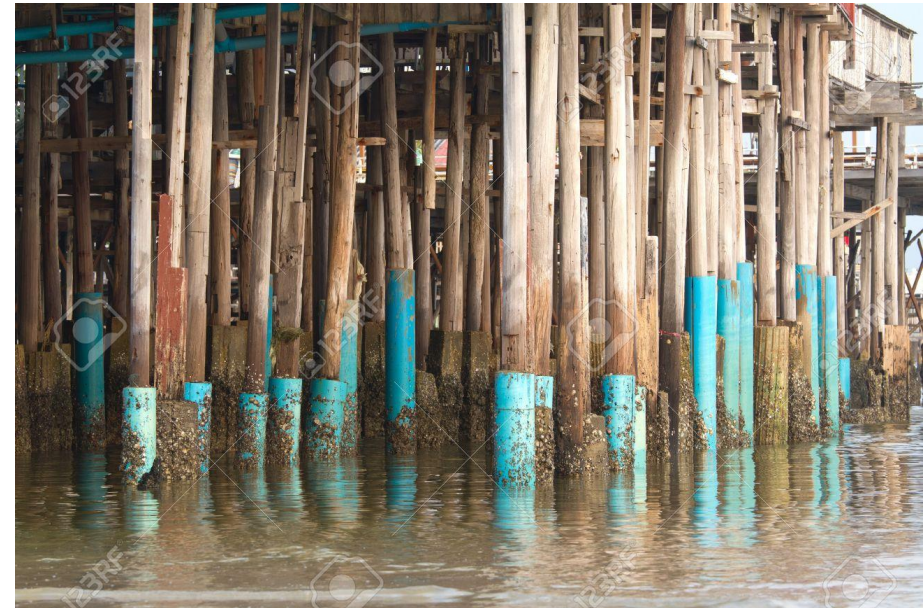
Se emplea desde el neolítico.  
Aún hoy se usa en países productores.

#### 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 ignífuga 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.

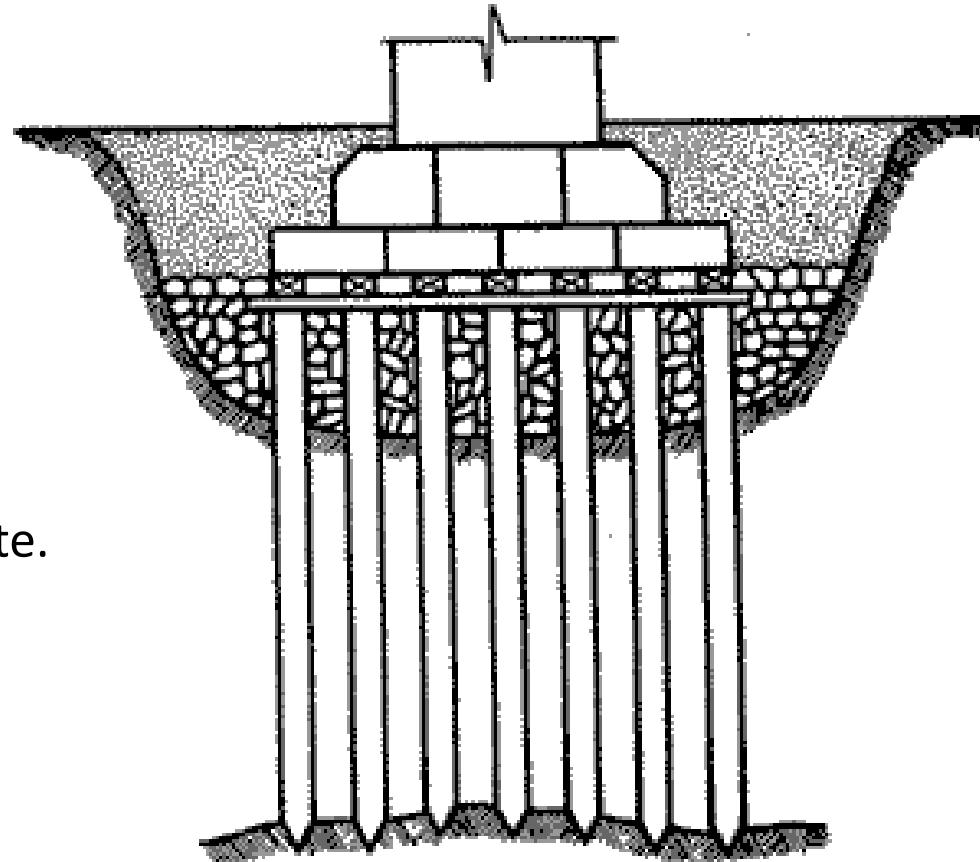
Aún hoy se usa en países productores.

#### 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.

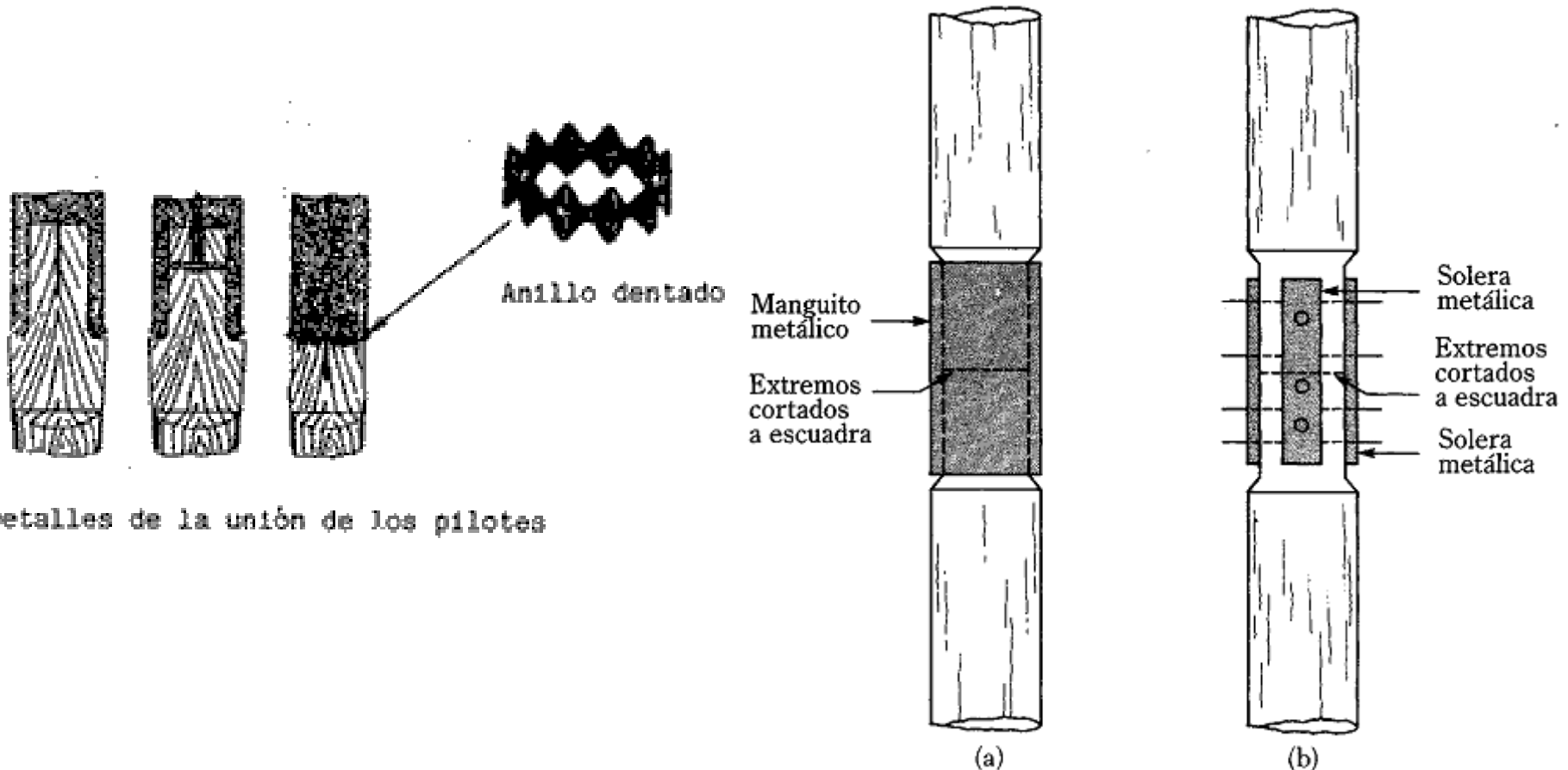




## CLASIFICACION

### 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

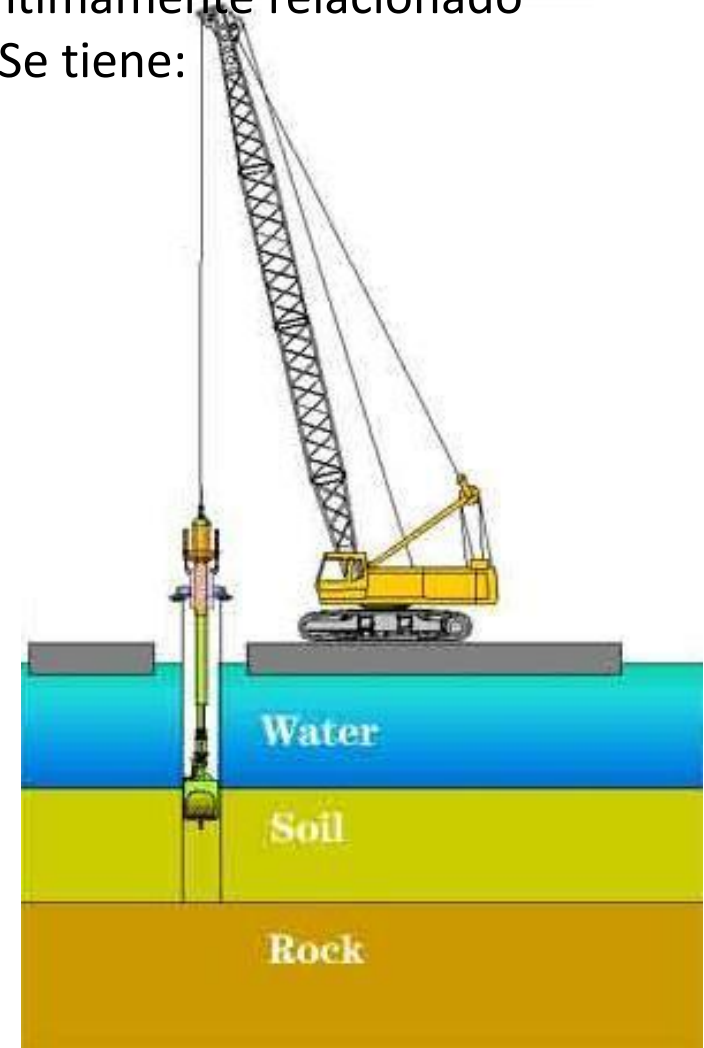
### Materiales Constitutivos

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

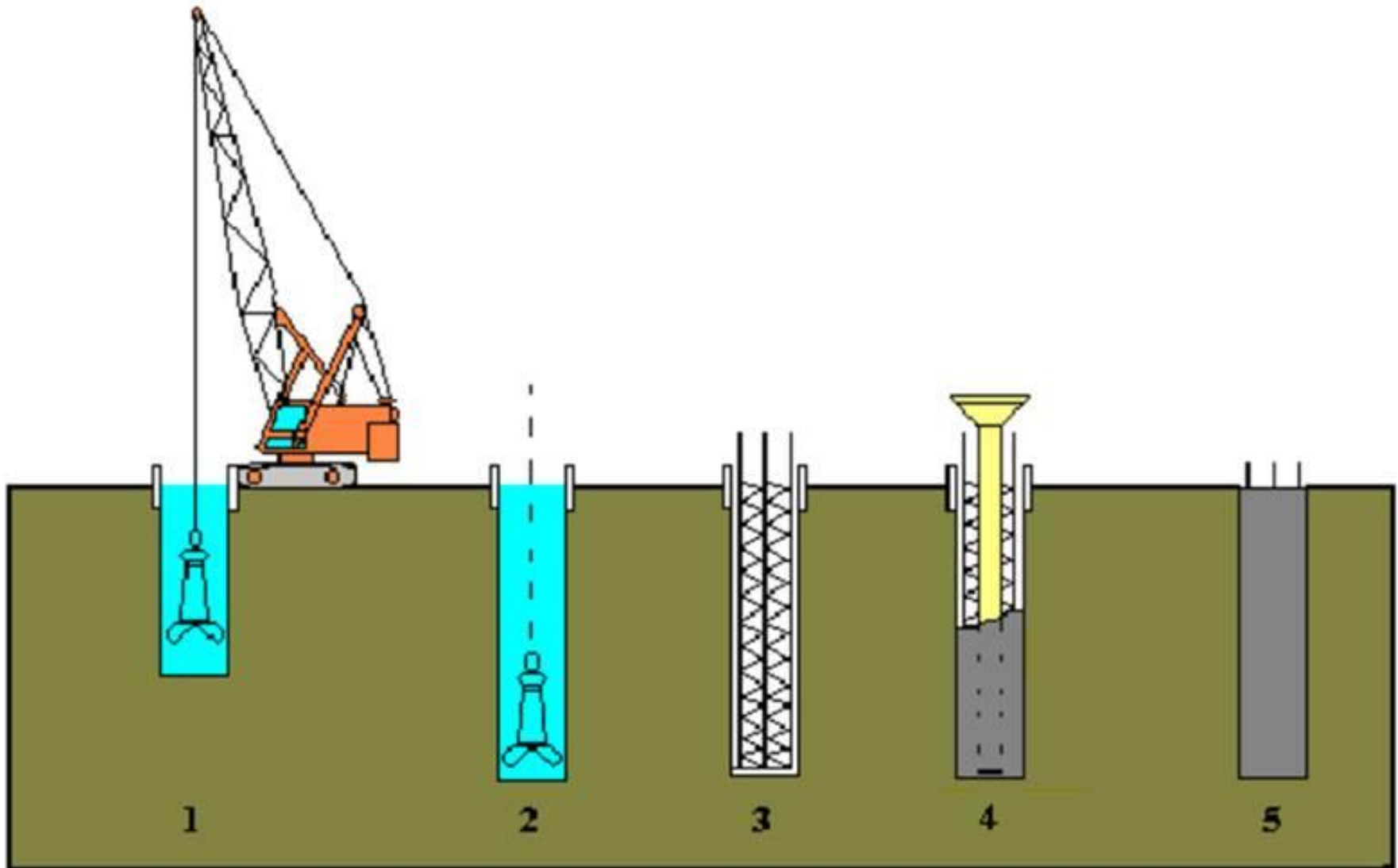
## Pilotes excavados con sostenimiento Excavación Manual





# 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**

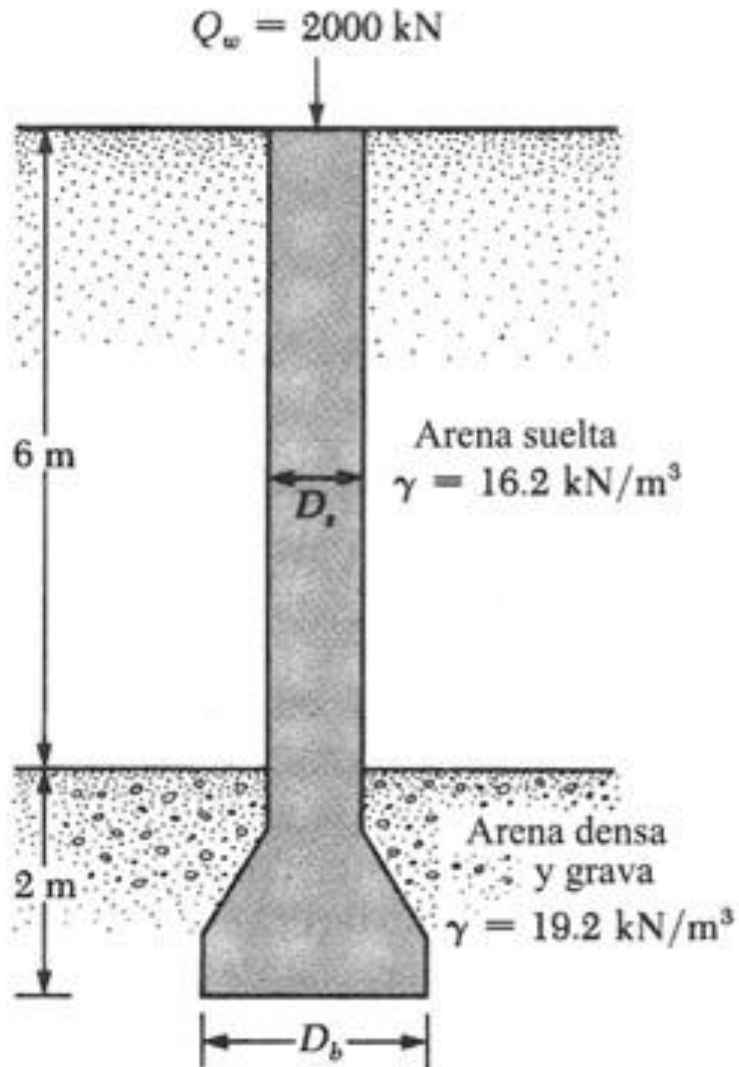


**b) Full Face Drilling Tool**



# PILOTES EXCAVADOS

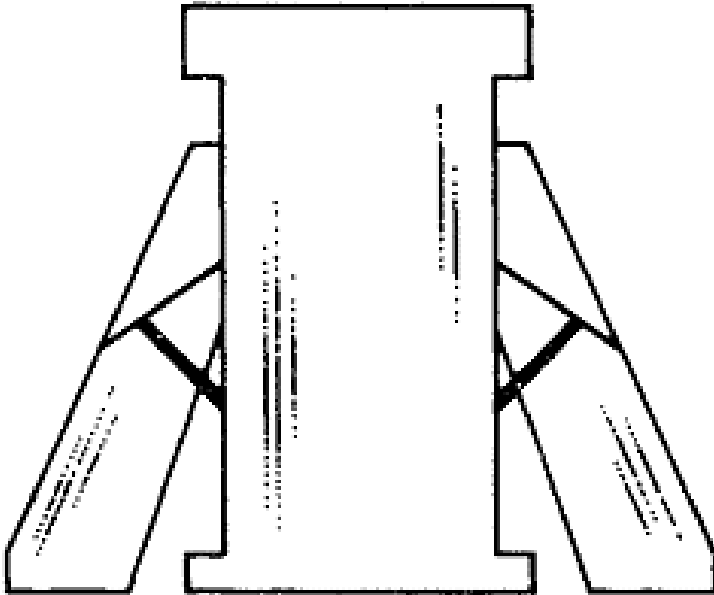
## Pilotes excavados sin sostenimiento PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA



# PILOTES EXCAVADOS



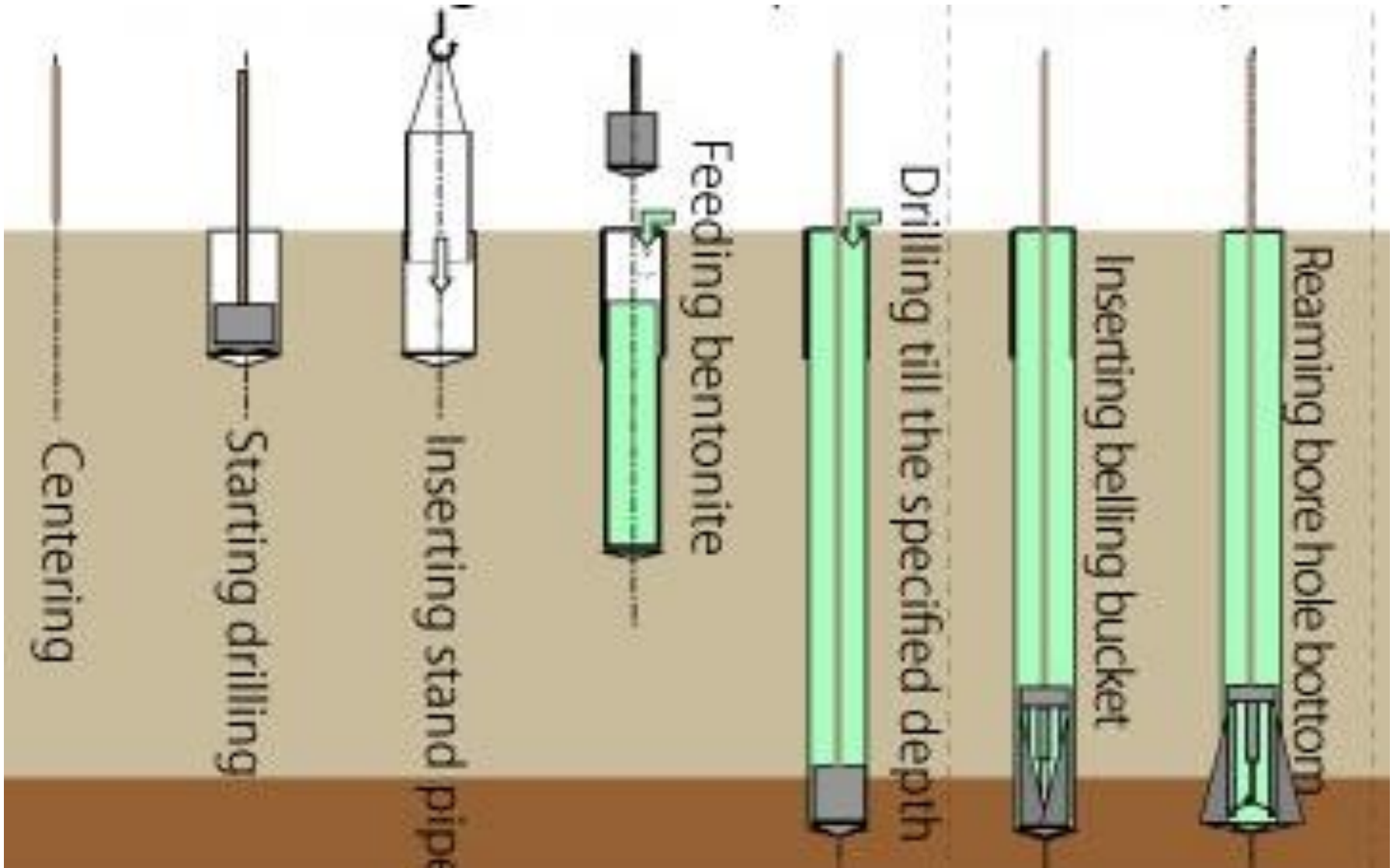
Pilotes excavados sin sostenimiento  
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA





# PILOTES EXCAVADOS

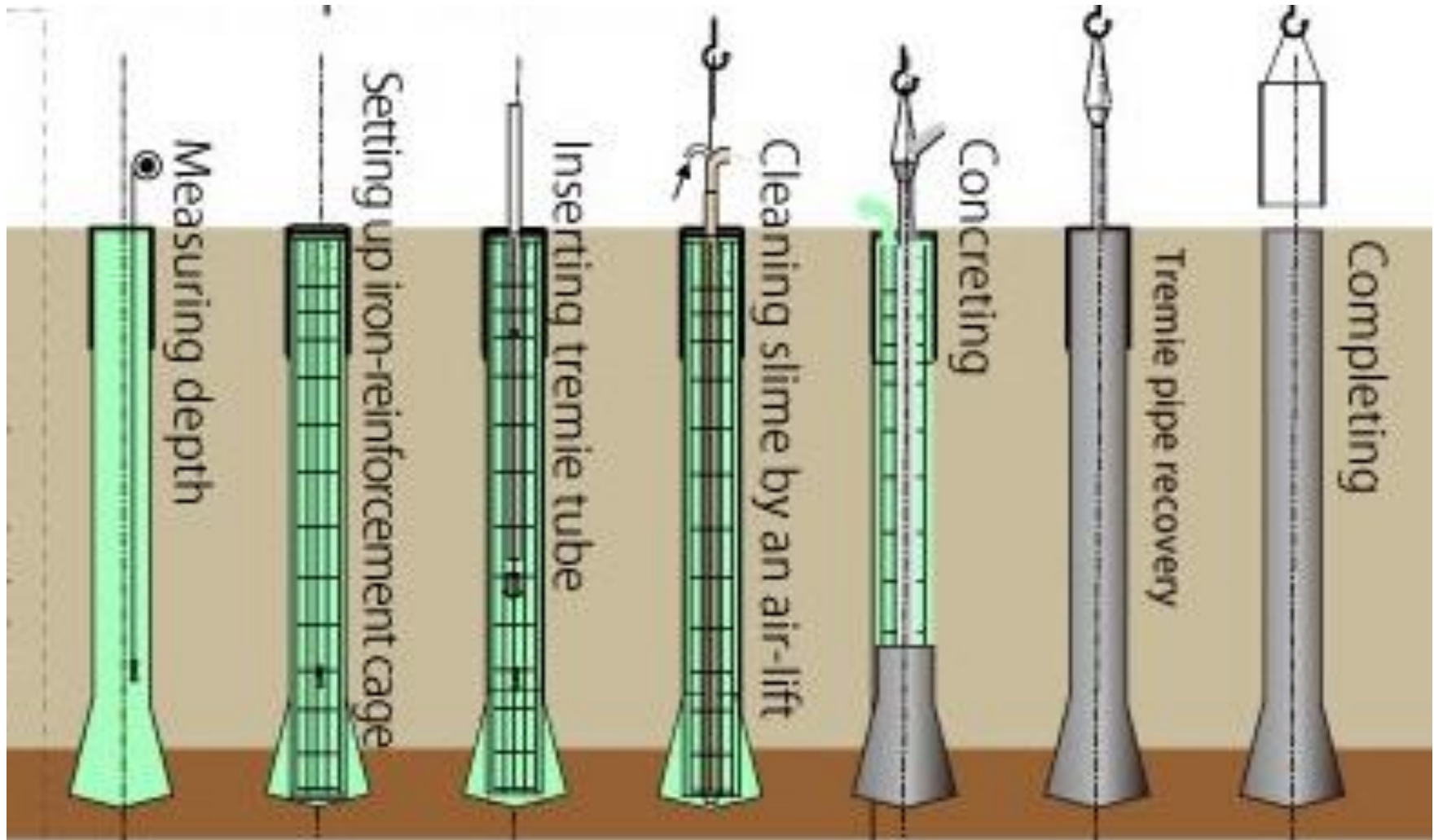
Pilotes excavados sin sostenimiento  
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA





# PILOTES EXCAVADOS

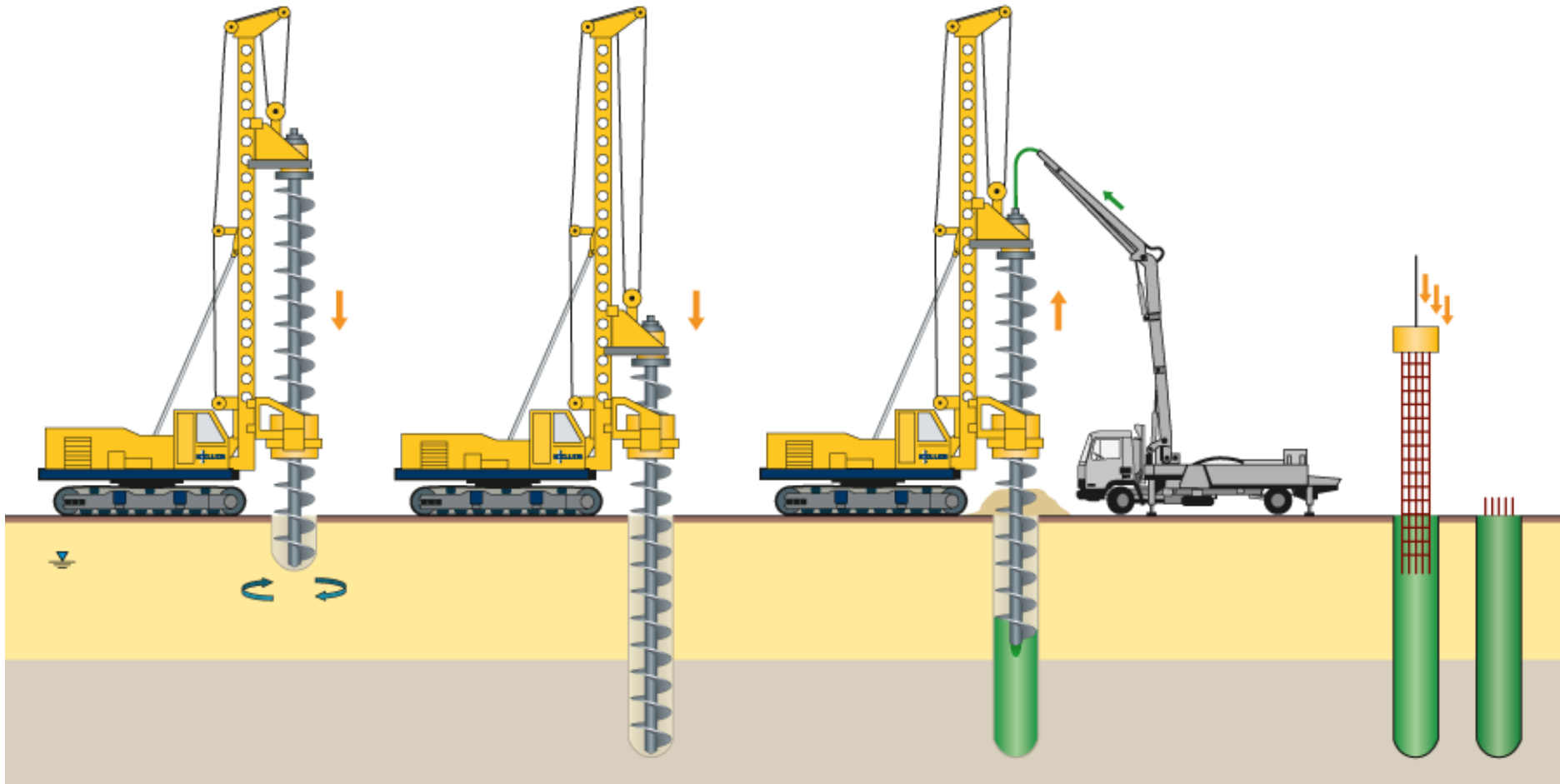
Pilotes excavados sin sostenimiento  
PILOTES CON ENSANCHE EN LA PUNTA



# PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento

Excavación con Equipo de Perforación Continua  
(CFA)



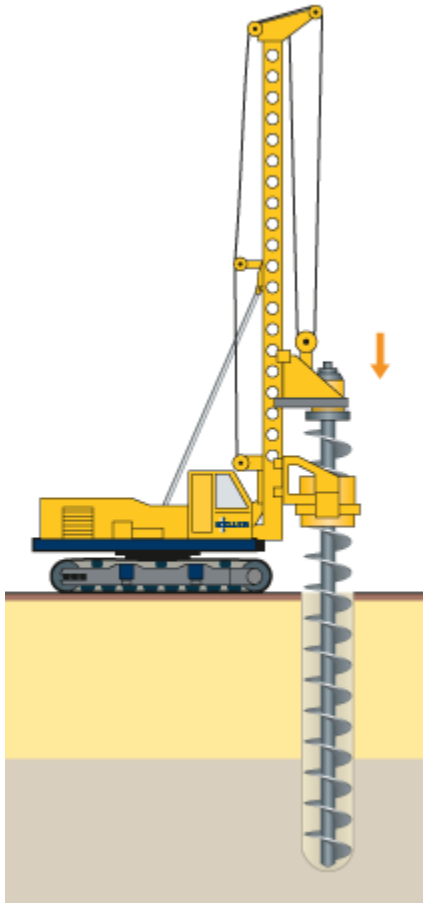


# PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados sin sostenimiento

Excavación con Equipo de Perforación Continua (CFA)

Excavación con Equipo de Perforación

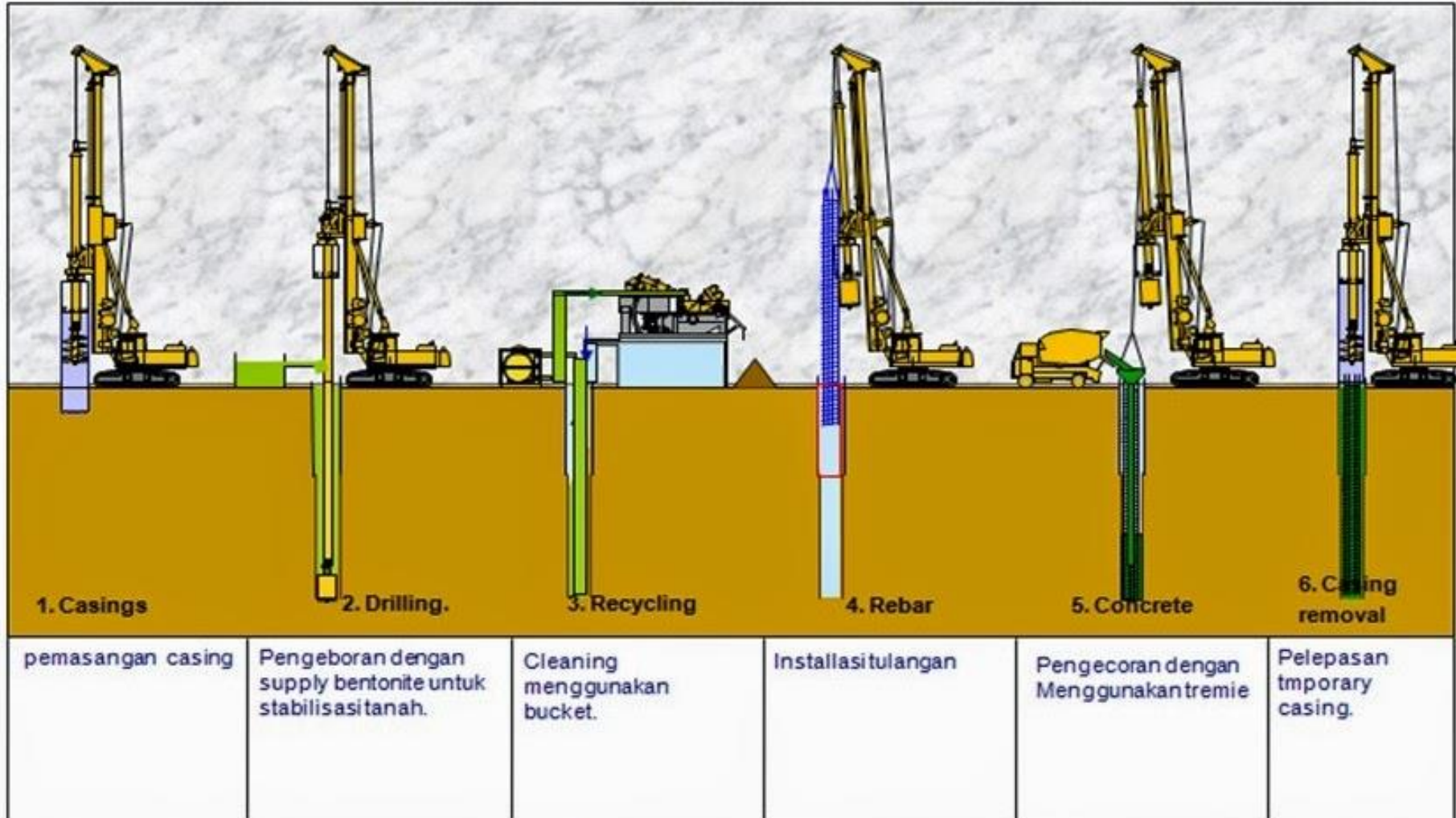




# PILOTES EXCAVADOS

## 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



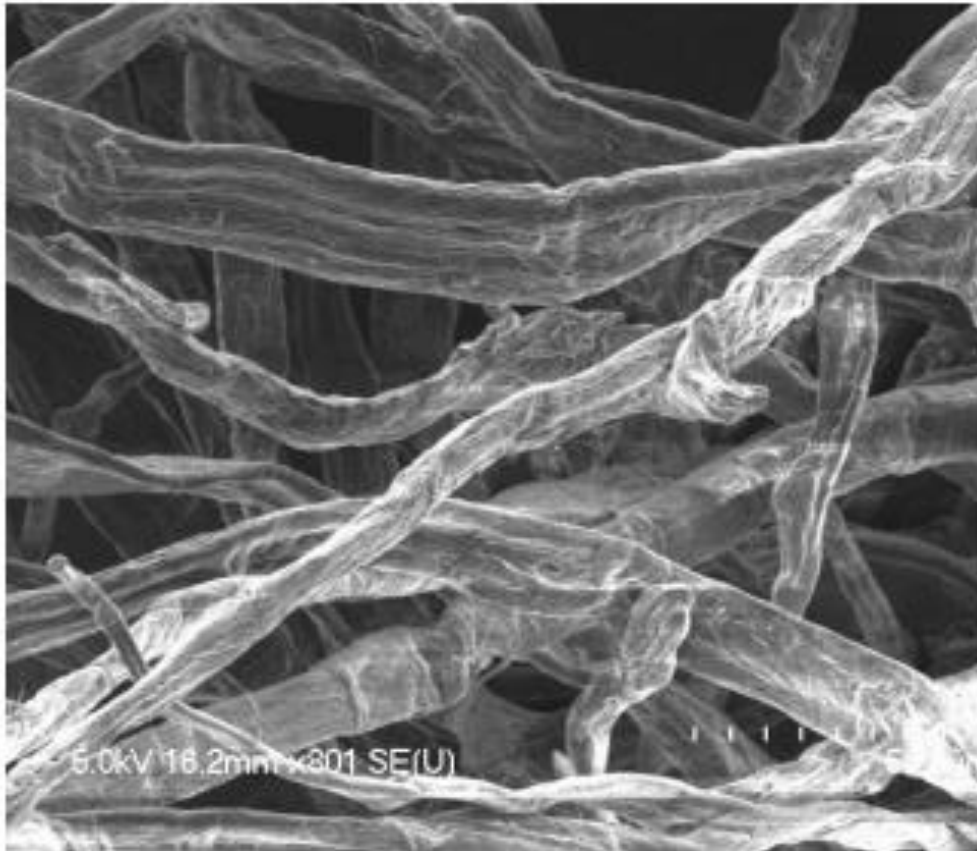
# PILOTES EXCAVADOS

Pilotes excavados con sostenimiento  
Lodos Bentoníticos



# PILOTES EXCAVADOS

## Pilotes excavados con sostenimiento Encamisado



a) Scanning Electron Micrograph, 800x

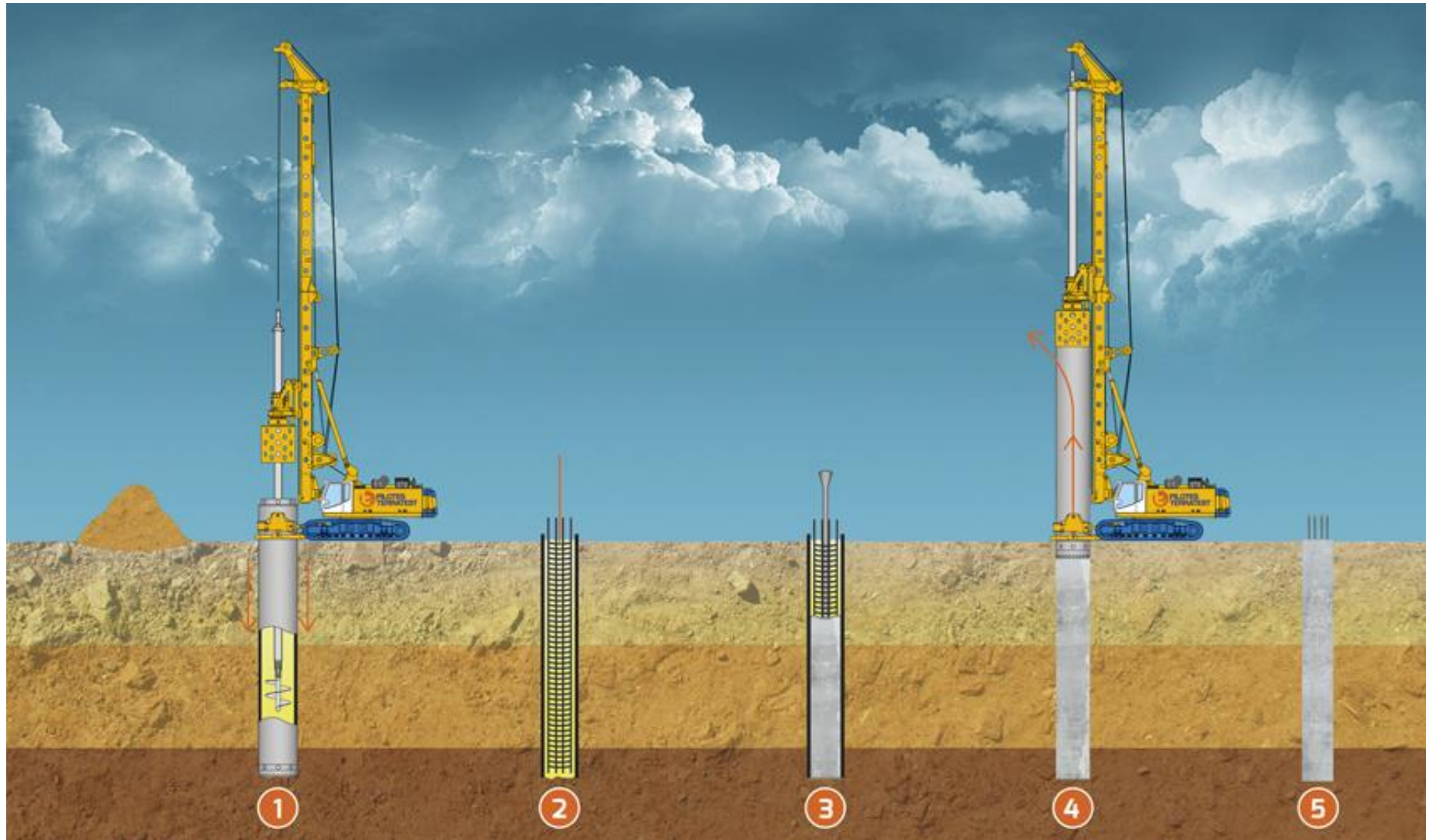
b) Polymer Slurry in Use

**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





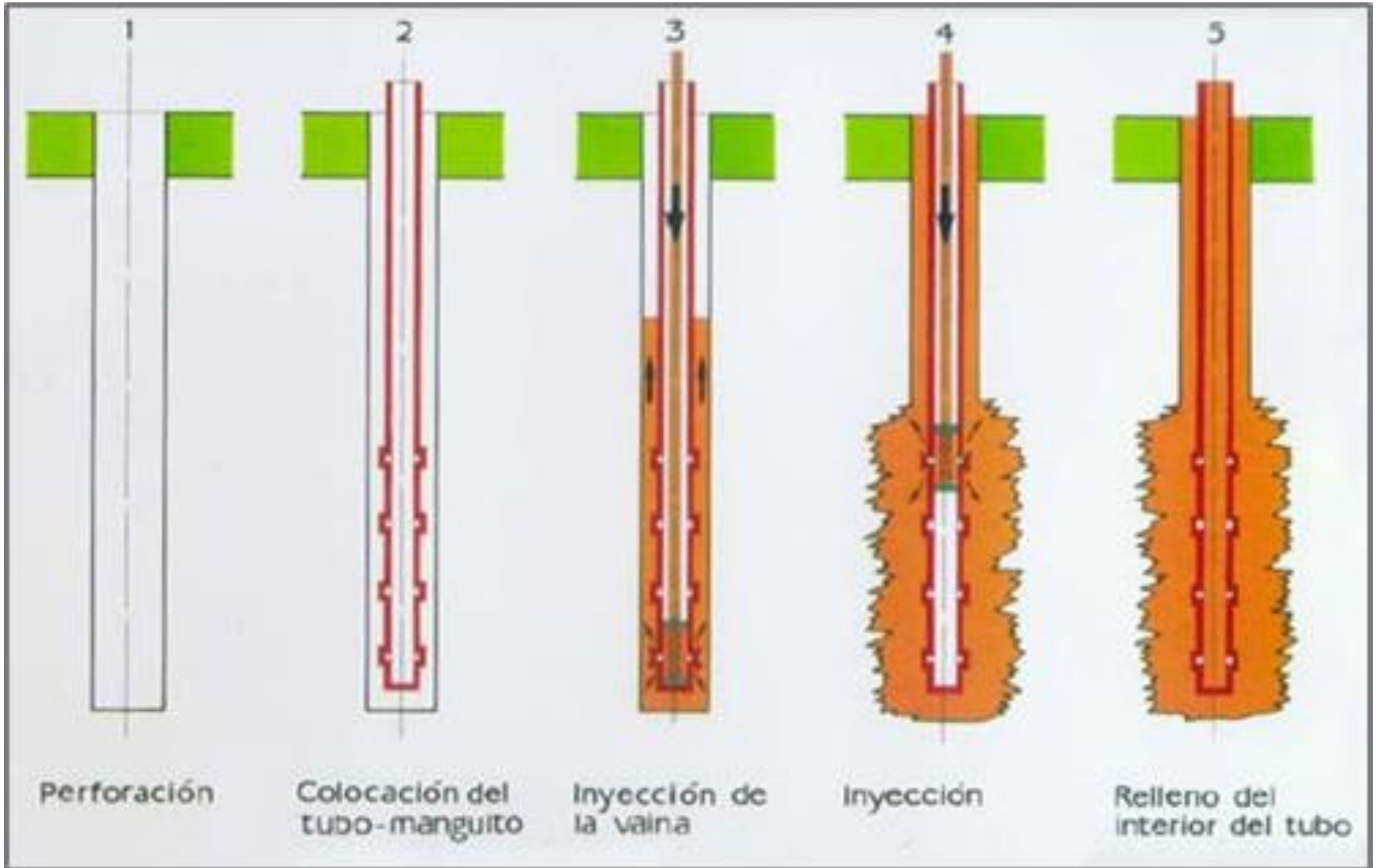
## PILOTES HORMIGONADOS IN SITU

### **VARIETADES 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

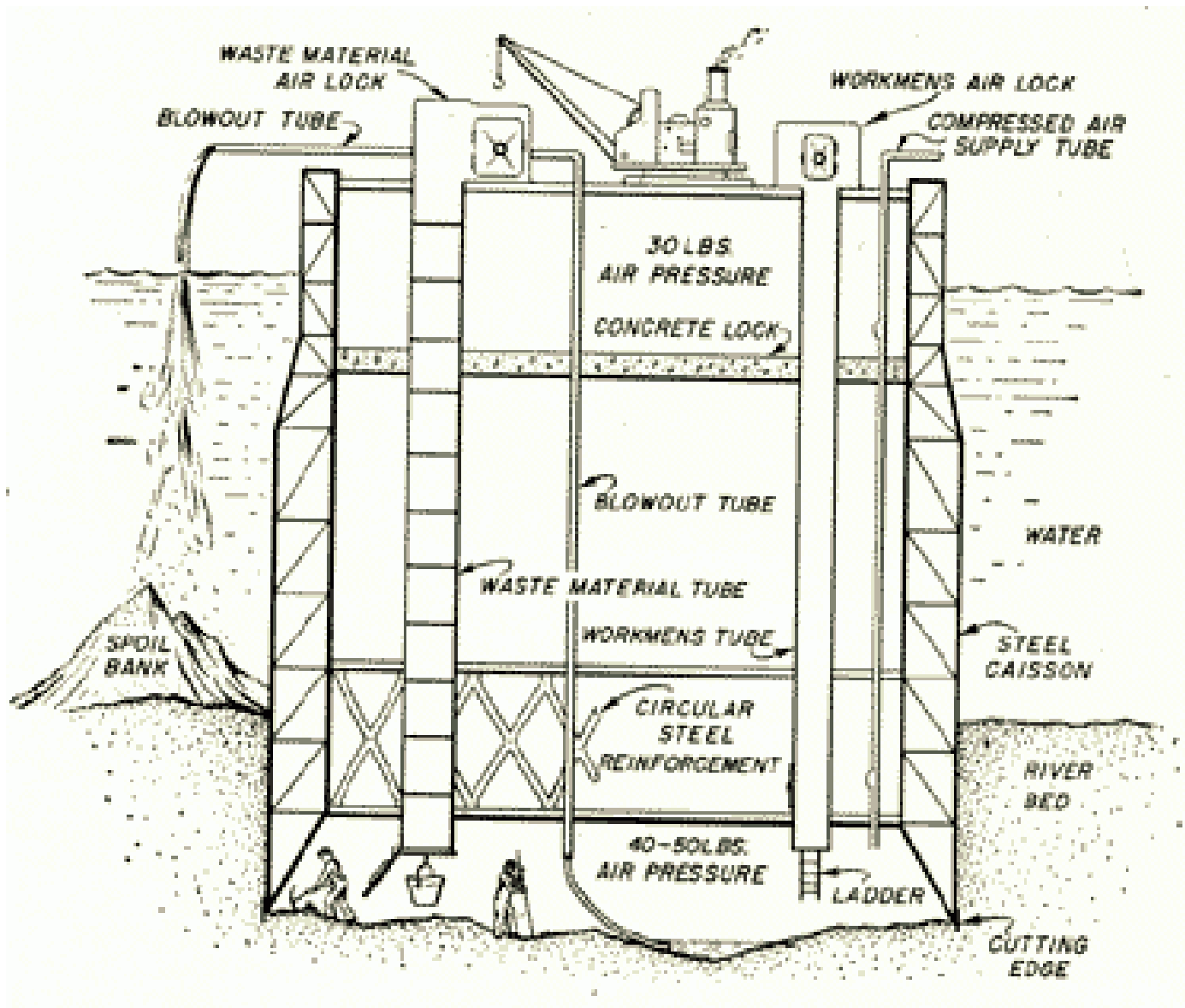
## Pilotes Post Inyectados





# PILOTES EXCAVADOS

## PILOTES TIPO CAJON (caisson)

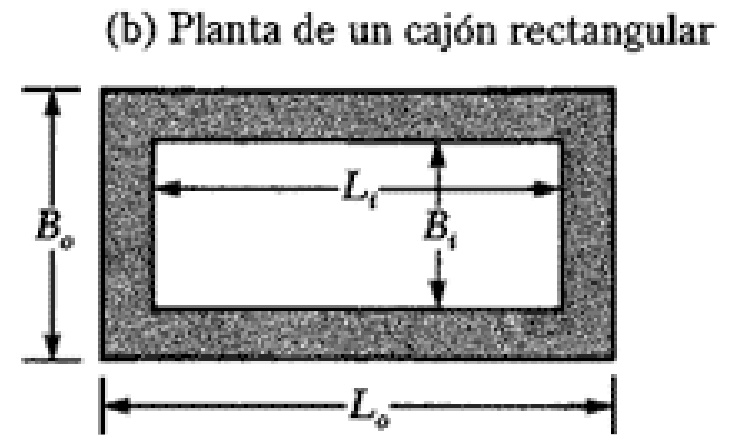
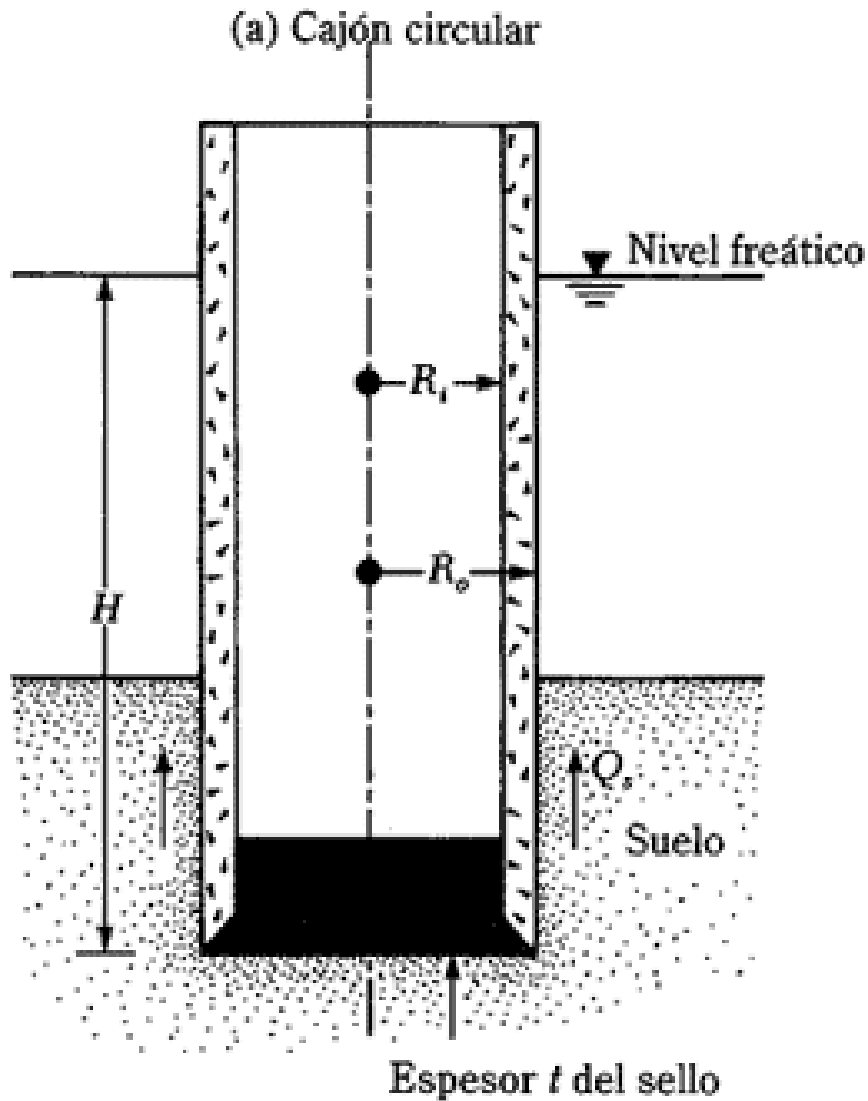






# PILOTES EXCAVADOS

## 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

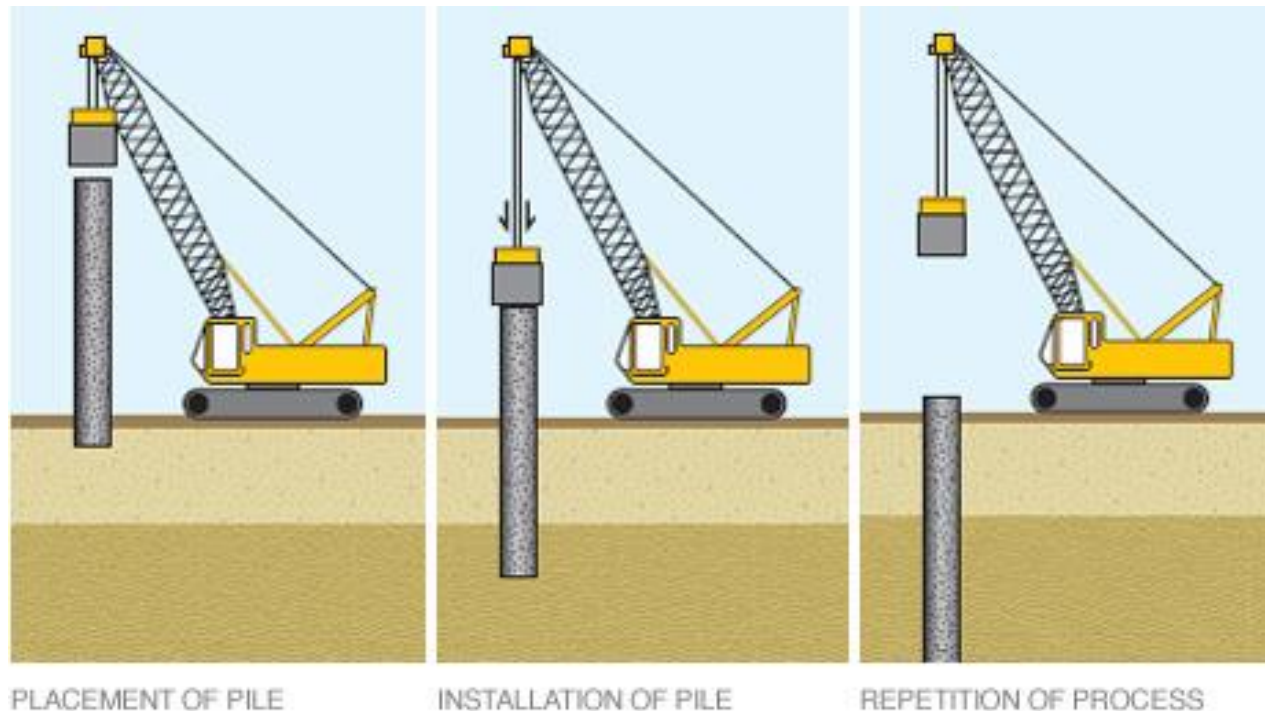
## Secuencia



### 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

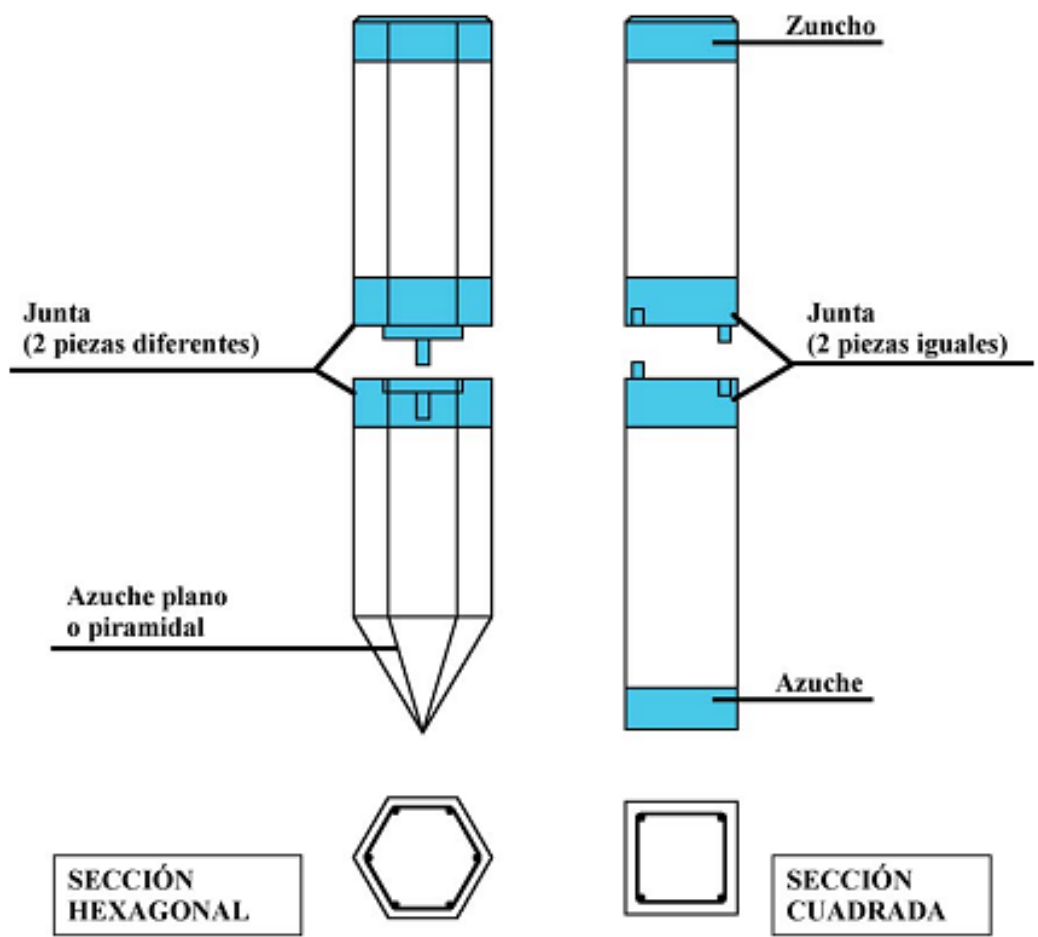
## Elaborado en Obra





# PILOTES HINCADOS

## Componentes



# PILOTES HINCADOS

## Instalación





# PILOTES HINCADOS

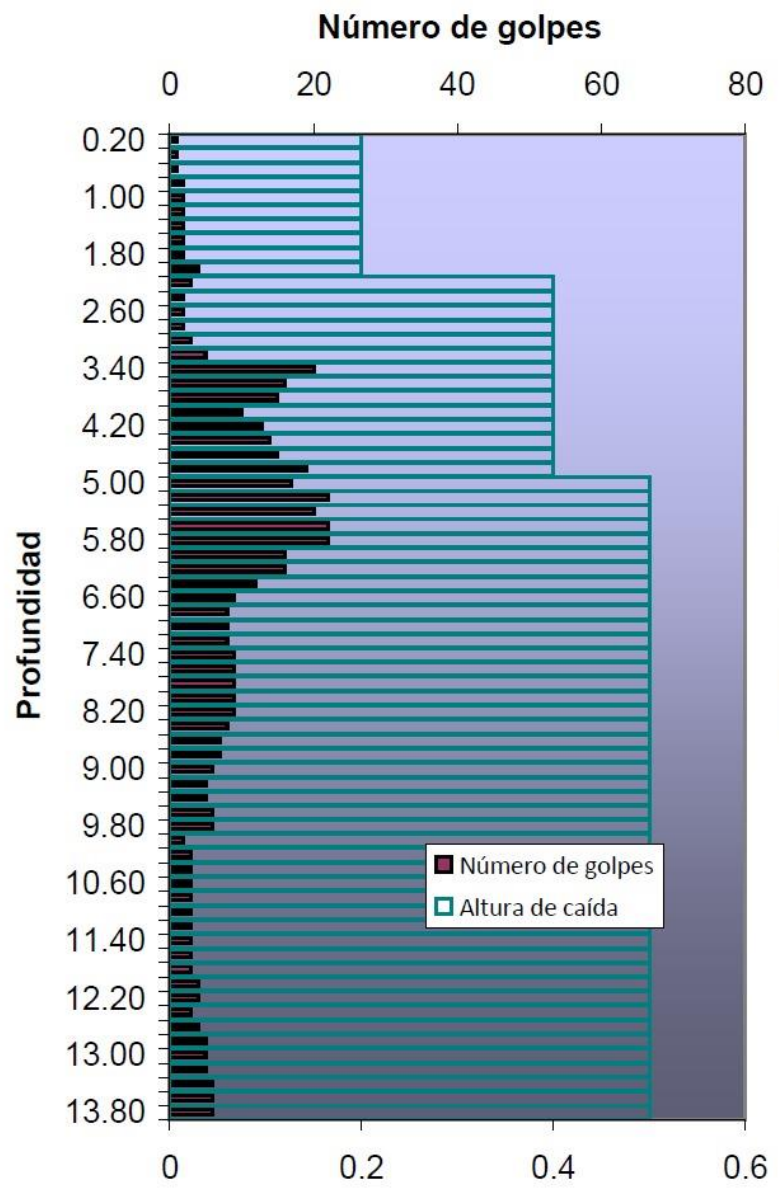
## Instalación



# PILOTES HINCADOS



## Instalación



# PILOTES HINCADOS

## Instalación

Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

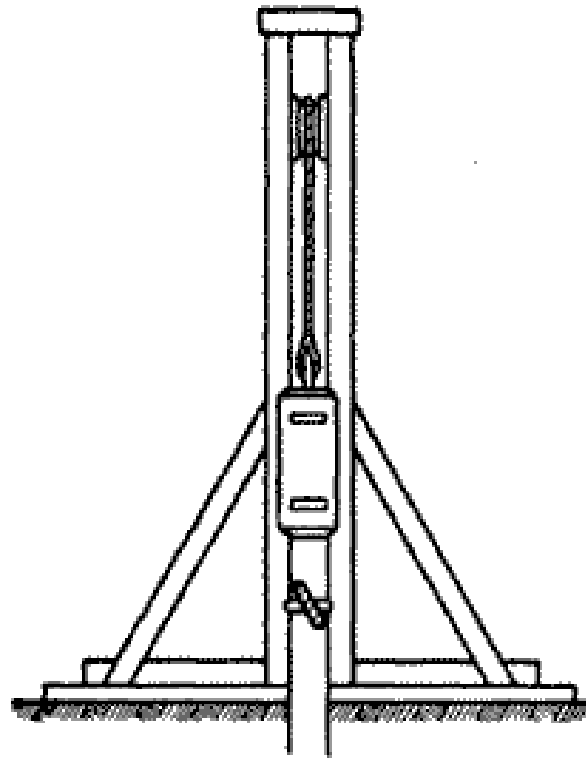


Figura 150

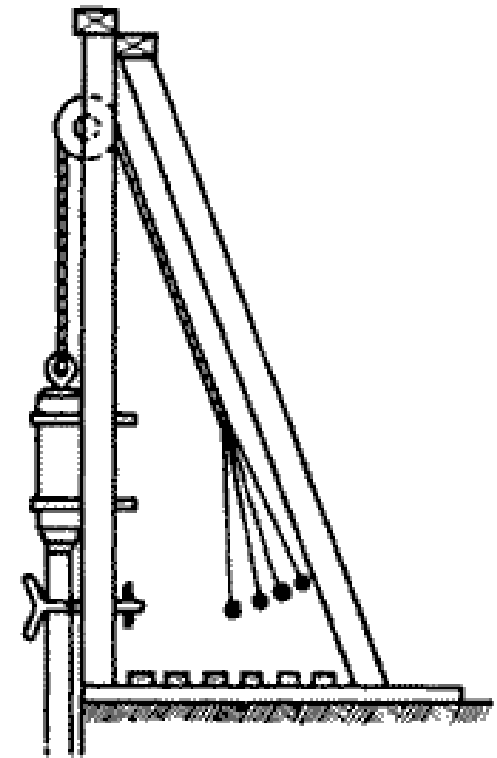
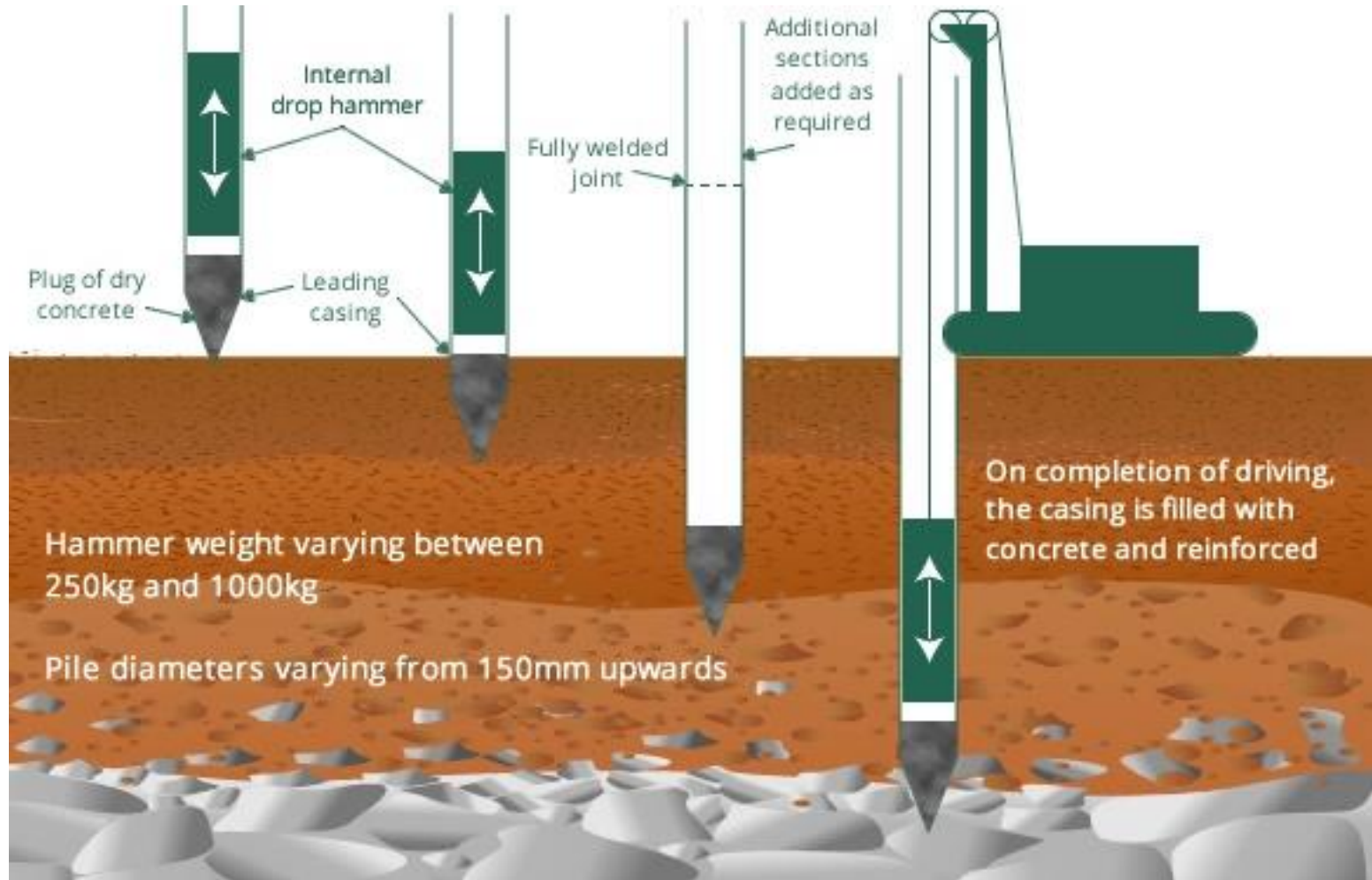


Figura 151

# PILOTES HINCADOS

## Instalación

### Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

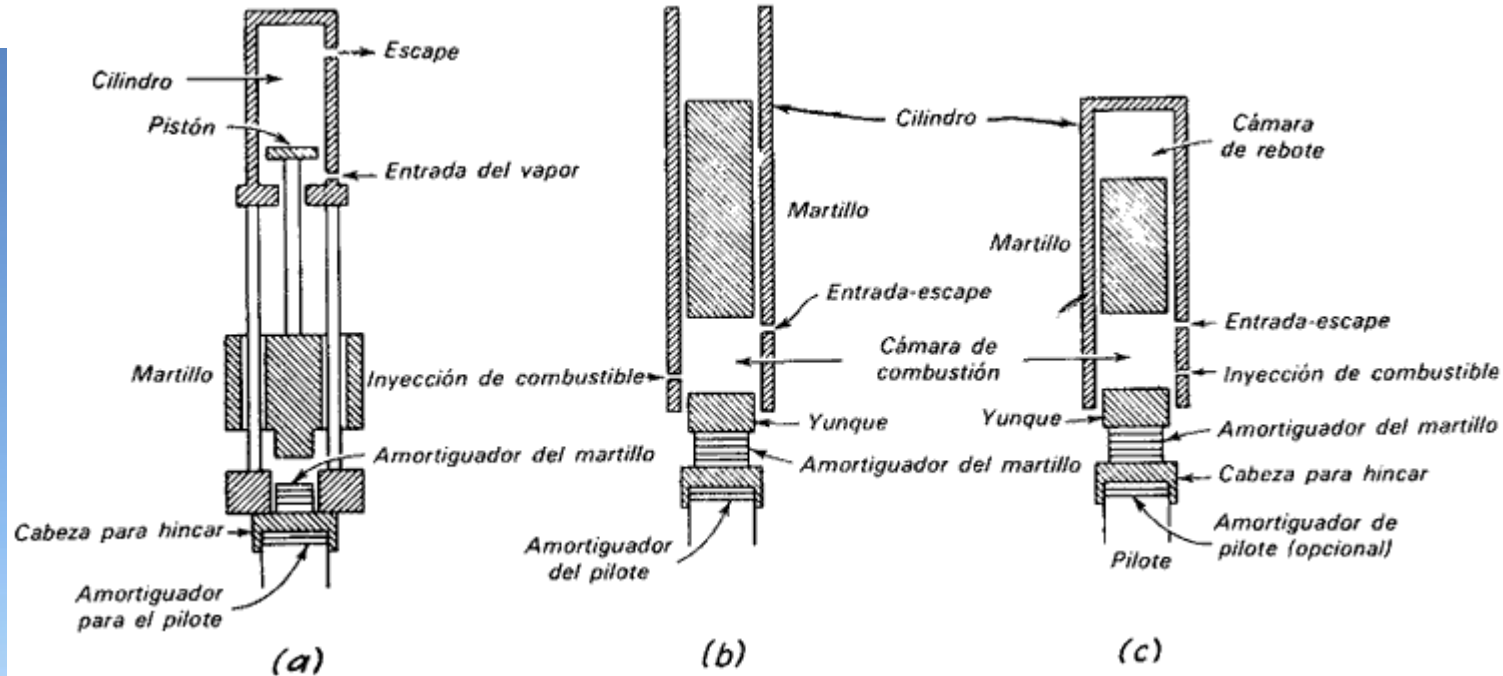
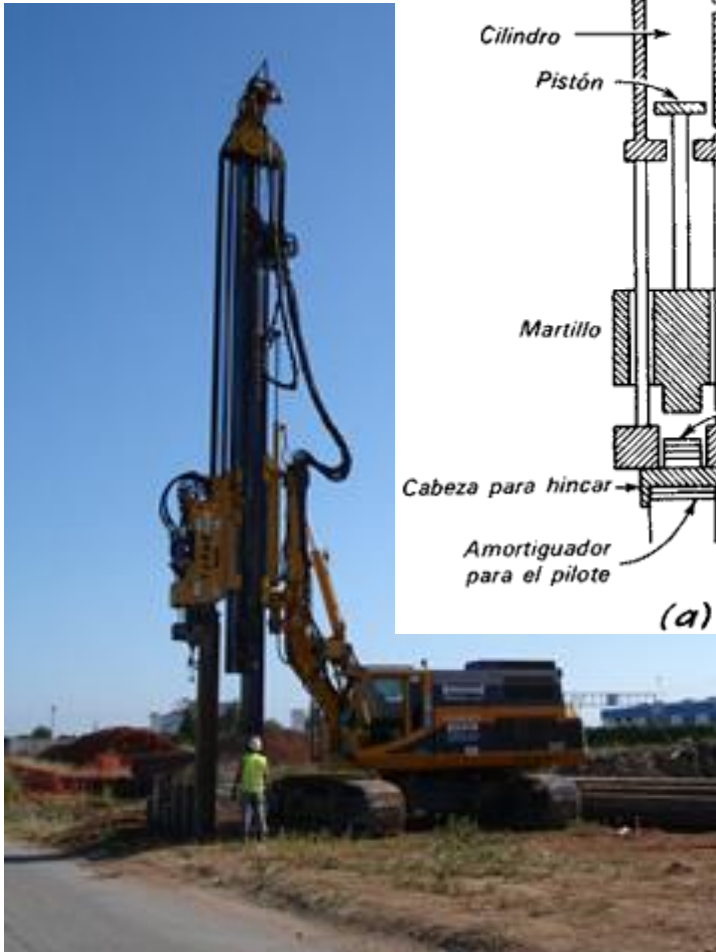




# PILOTES HINCADOS

## Instalación

### Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)



# PILOTES HINCADOS

## Instalación



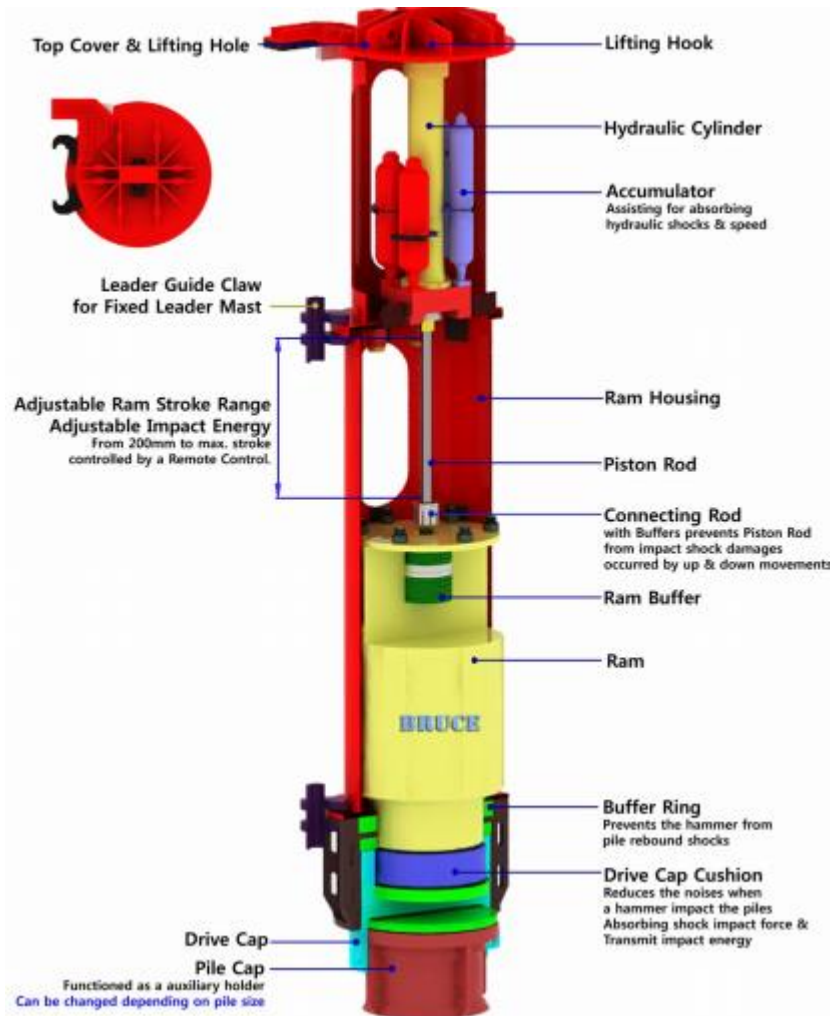
Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)





## Instalación

### Pilotes hincados prefabricados – equipo de hinca (martinete)

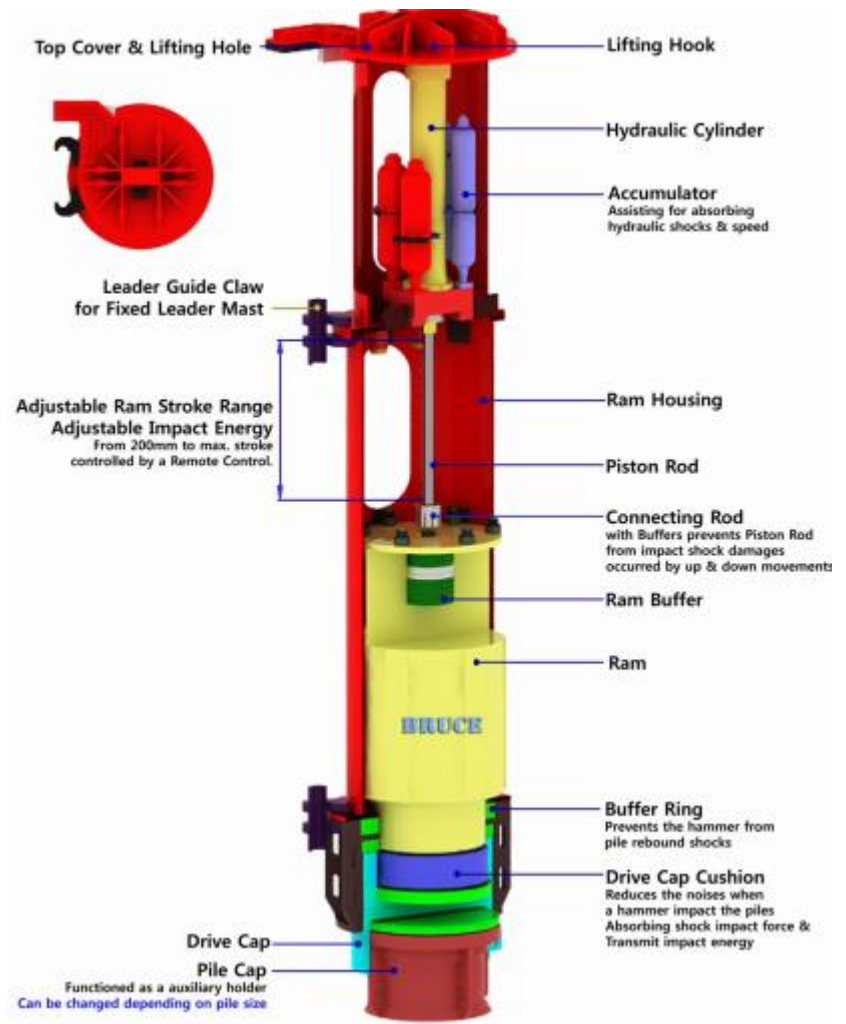


# PILOTES HINCADOS



## Instalación

### Pilotes hincados prefabricados – e

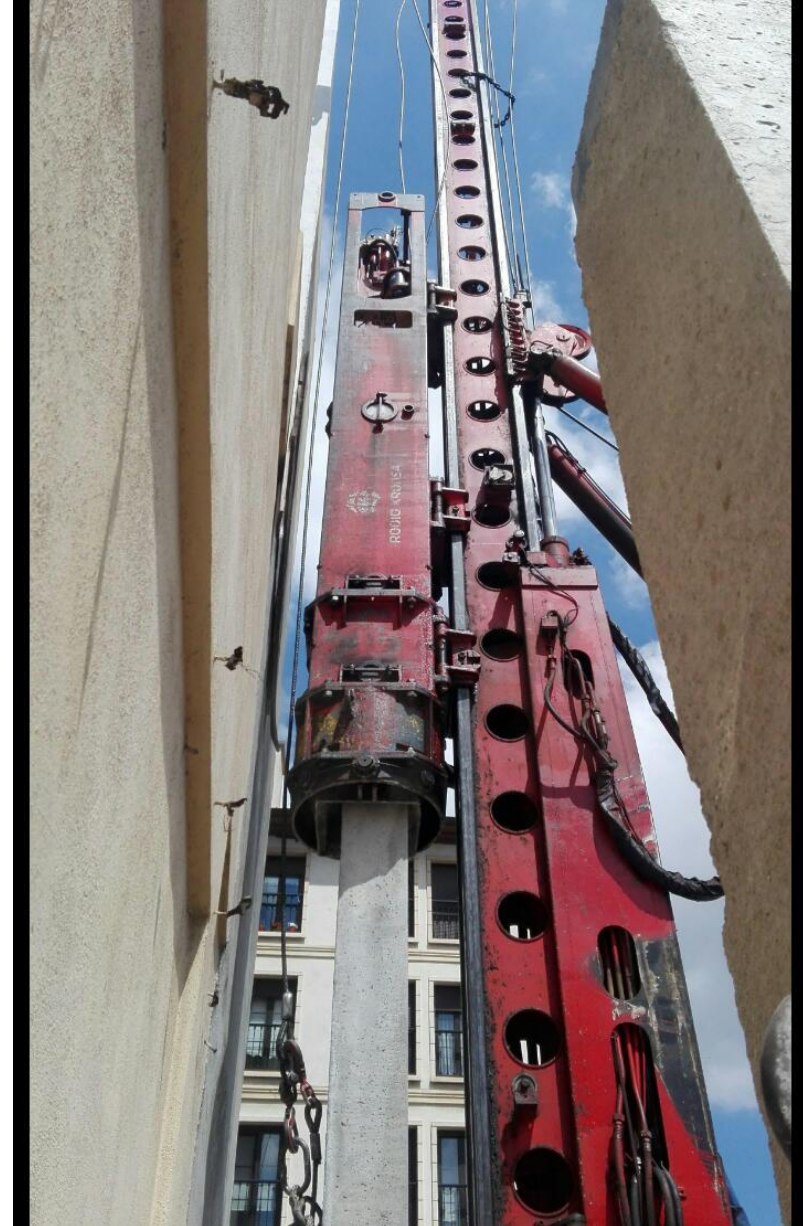




# PILOTES HINCADOS



## Instalación





## PILOTES HORMIGONADOS IN SITU

### **VARIEDADES ADICIONALES:**

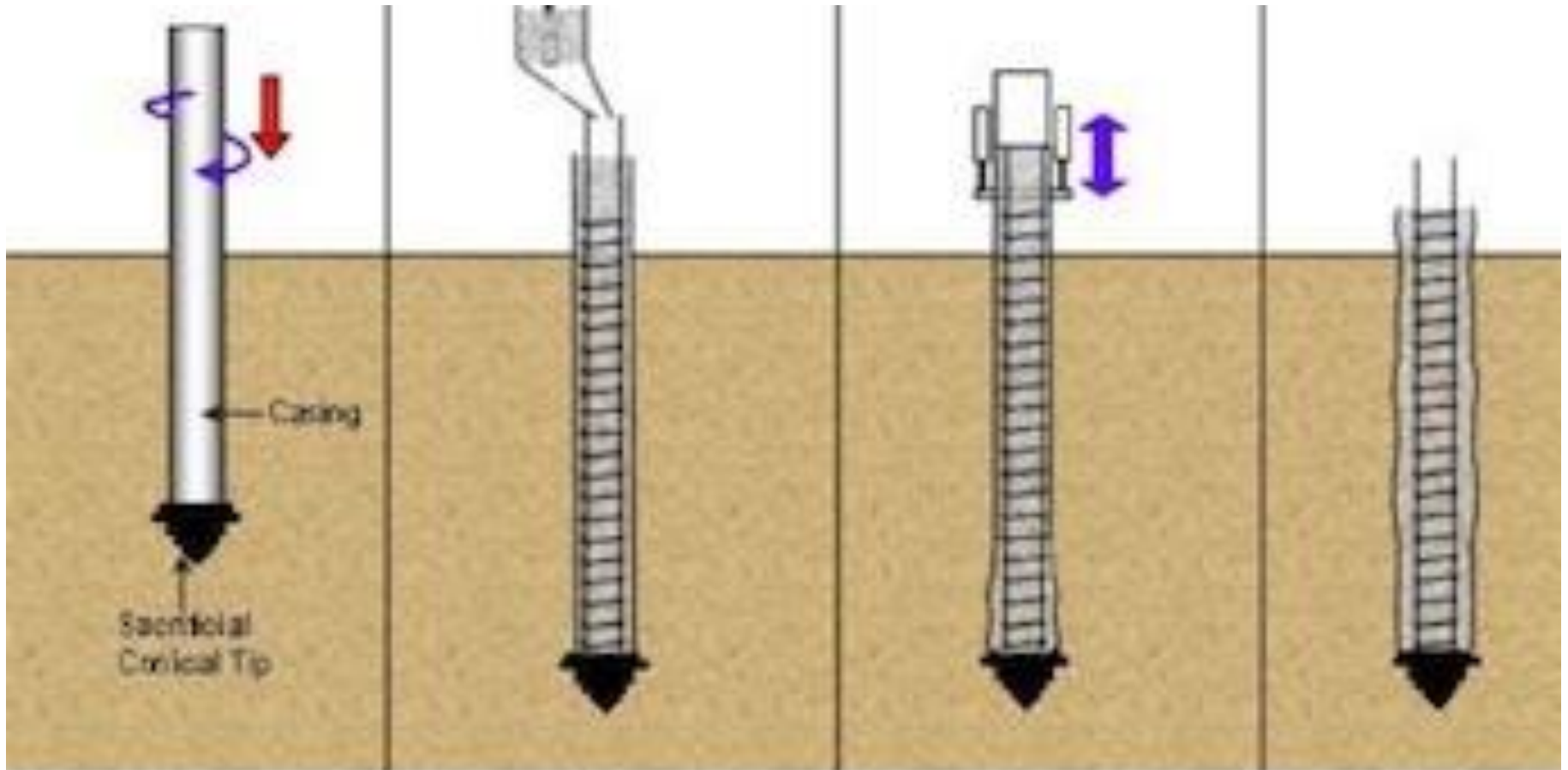
- Pilotes con camisa vibrante - desplazamiento.
- Pilotes tipo Franki.
- Pilotes con bulbo de desplazamiento.
- .....

# PILOTES HINCADOS

## Instalación



### Pilotes de camisa hincada y hormigonado in situ

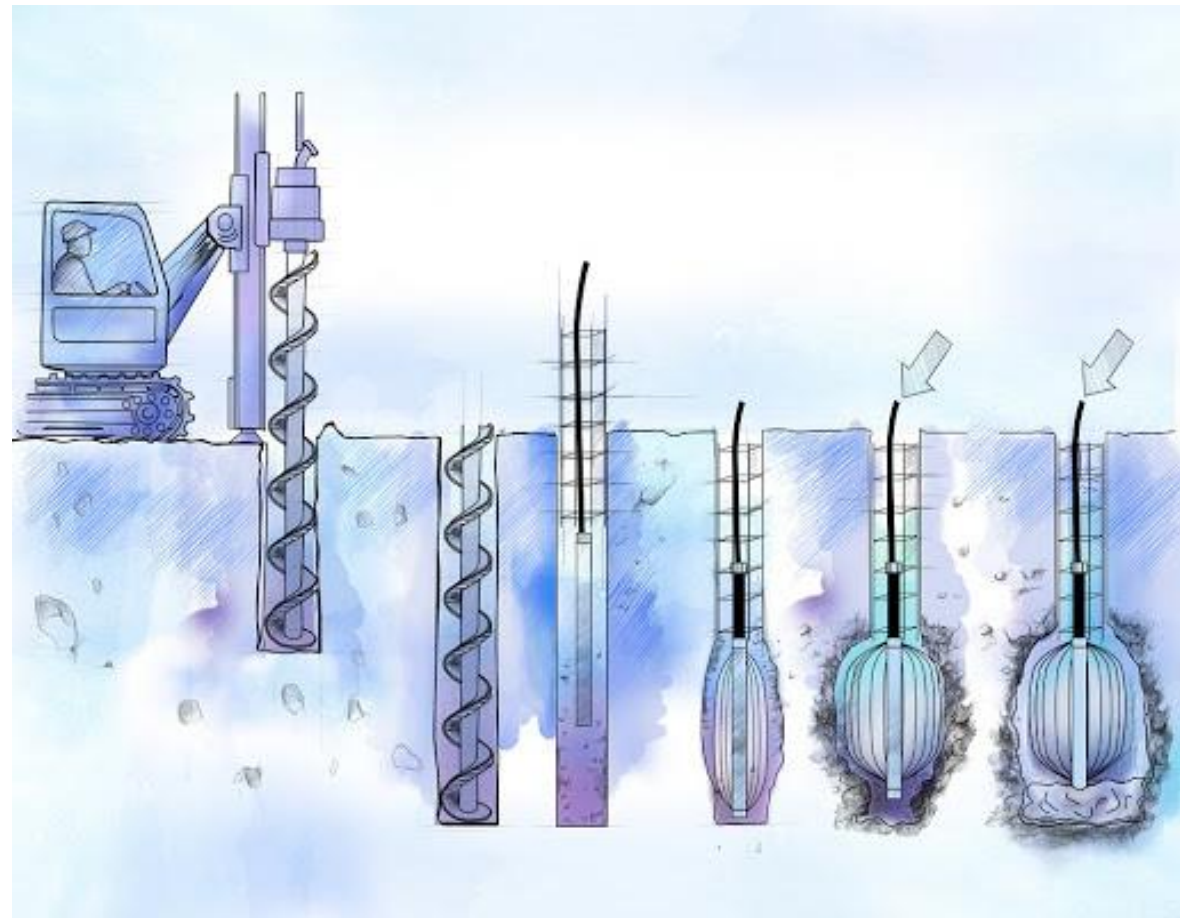
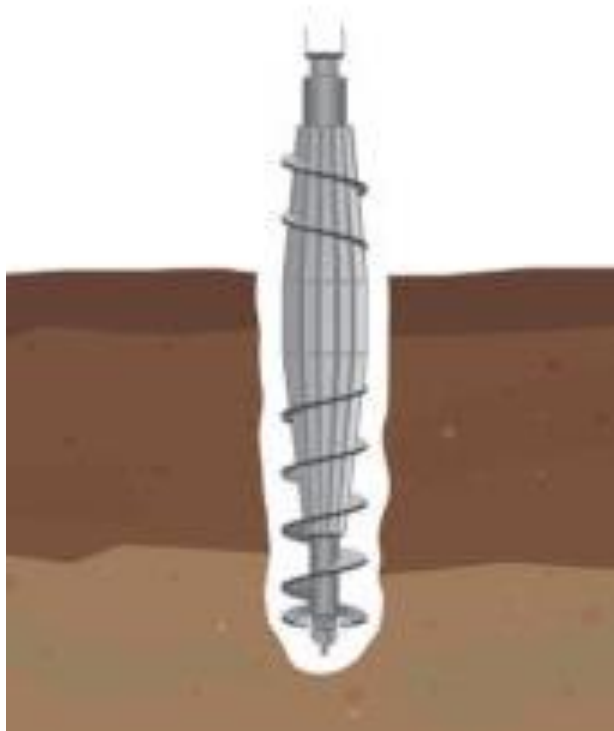




# PILOTES HINCADOS

## Instalación

### Pilotes con bulbo de desplazamiento

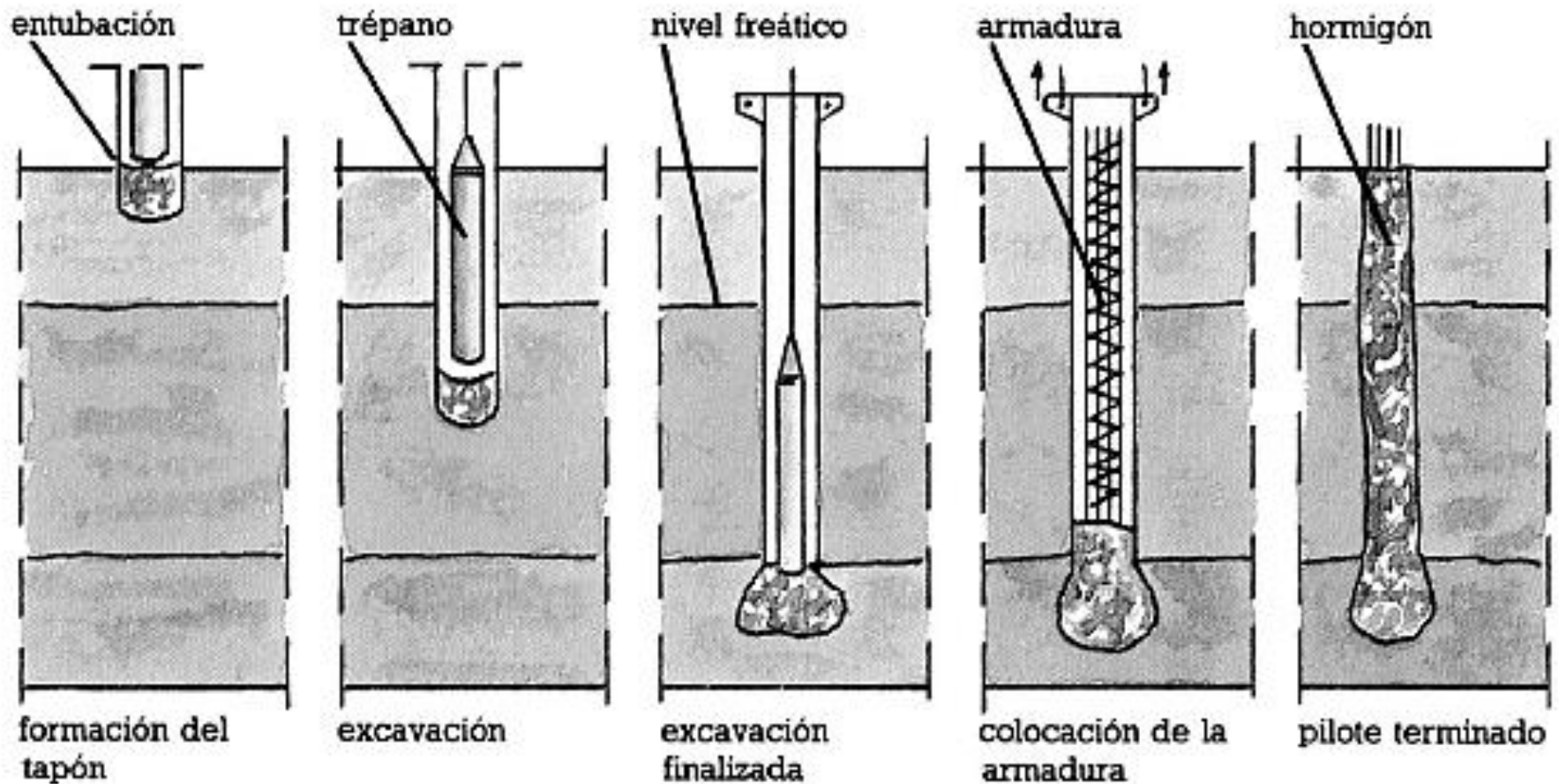




# PILOTES HINCADOS

## 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
$\psi$	40	30	20	12

Tipo de pilote	$\beta$	$\eta$
Excavado	3	4
Hincado	1	2





# TRANSFERENCIA DE CARGA

## Pilotes – Capacidad de Carga

### Ecuaciones para hincado 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

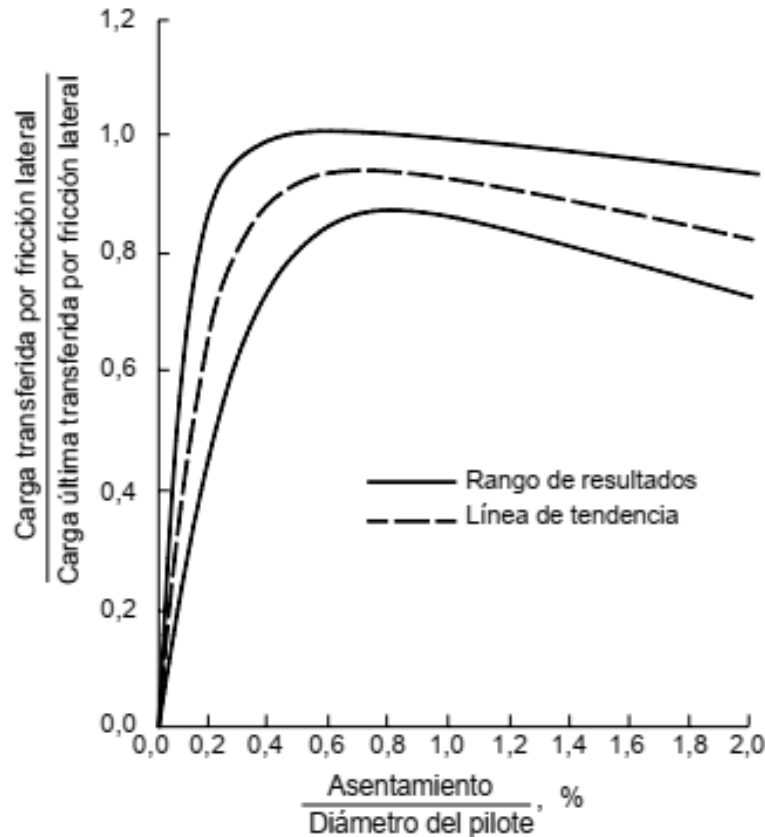


Figura C10.8.2.3.2-1 - Transferencia de carga por fricción lateral (normalizada) en función del asentamiento - Suelos cohesivos (Reese y O'Neill 1988)

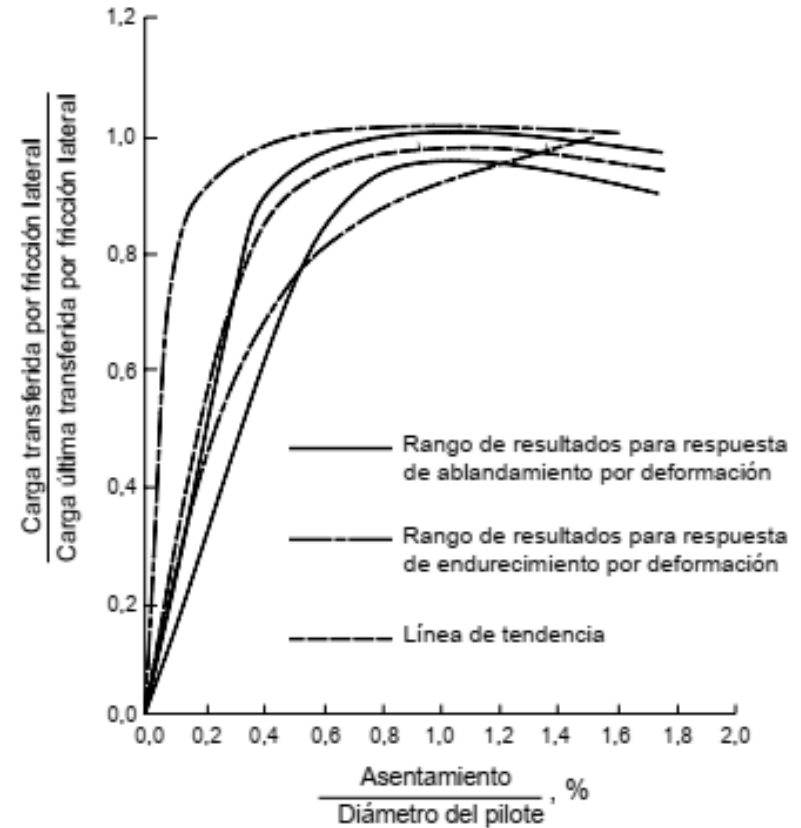


Figura C10.8.2.3.2-3 - Transferencia de carga por fricción lateral (normalizada) en función del asentamiento - Suelo no cohesivo (Reese y O'Neill 1988)



## TRANSFERENCIA DE CARGA

### Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote por Desplazamiento

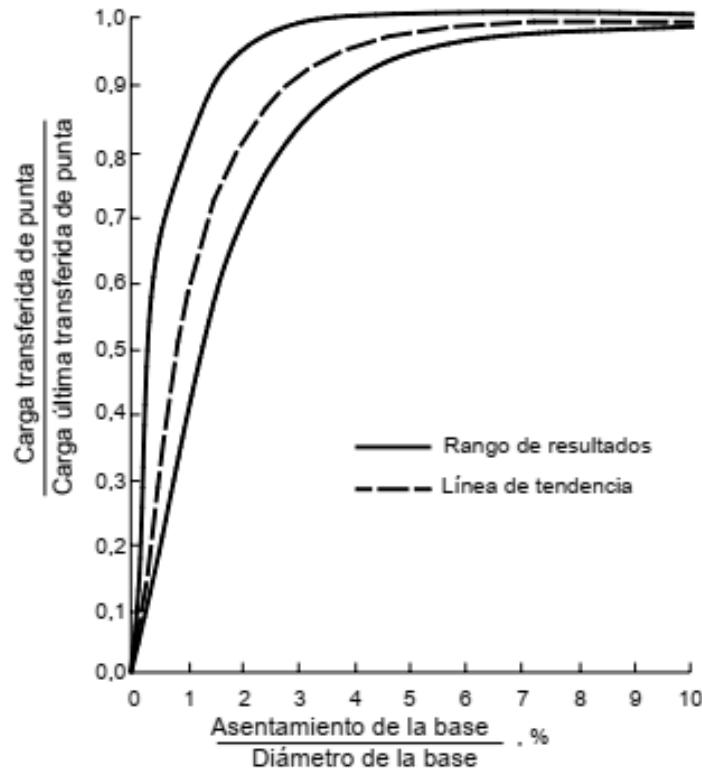


Figura C10.8.2.3.2-2 - Transferencia de carga de punta (normalizada) en función del asentamiento - Suelos cohesivos (Reese y O'Neill 1988)

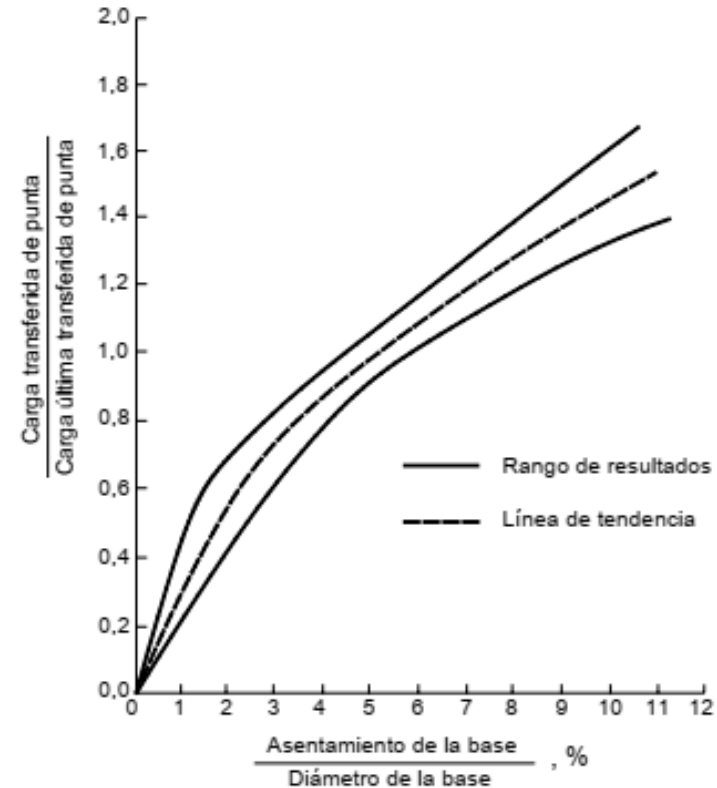
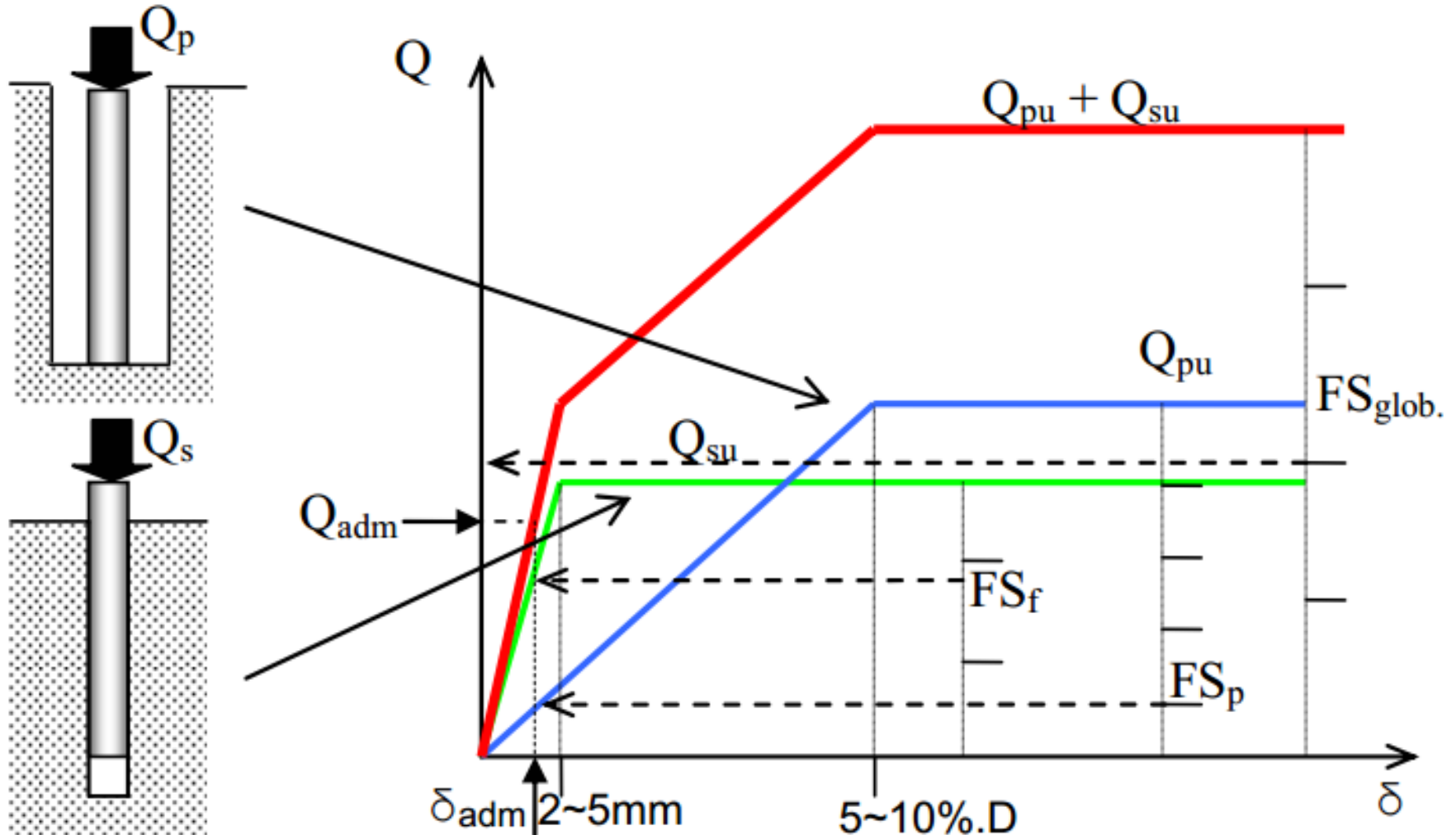


Figura C10.8.2.3.2-4 - Transferencia de carga de punta (normalizada) en función del asentamiento - Suelo no cohesivo (Reese y O'Neill 1988)



# TRANSFERENCIA DE CARGA

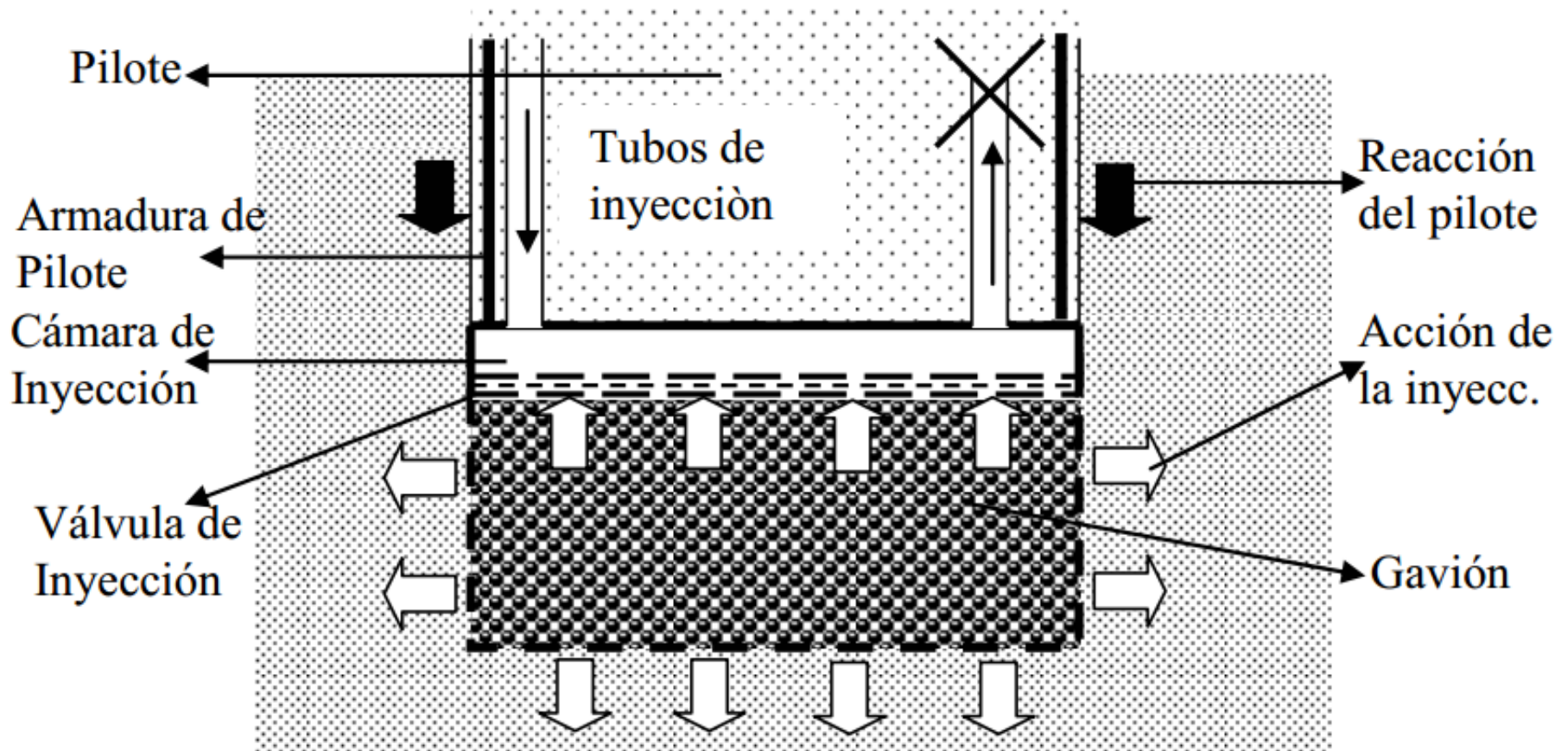
## Pilotes – Capacidad de Carga – Pilote por Desplazamiento





# TRANSFERENCIA DE CARGA

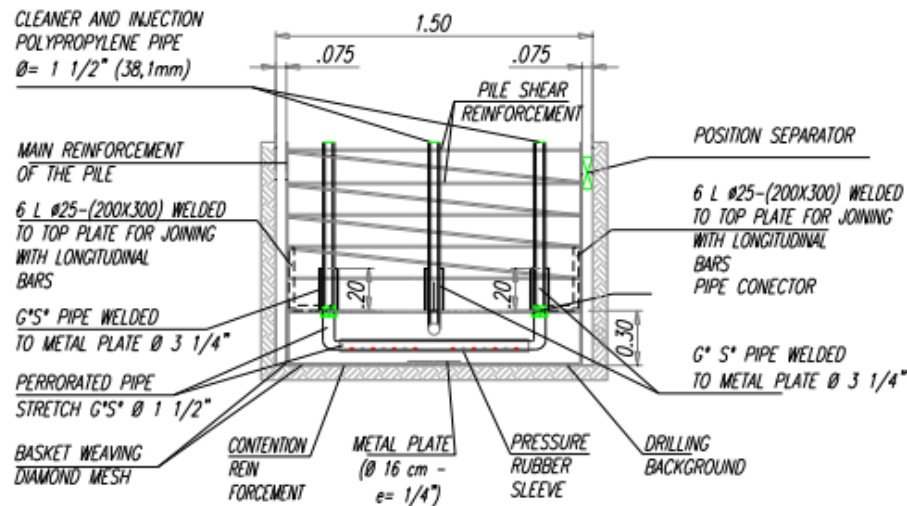
## Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga





# TRANSFERENCIA DE CARGA

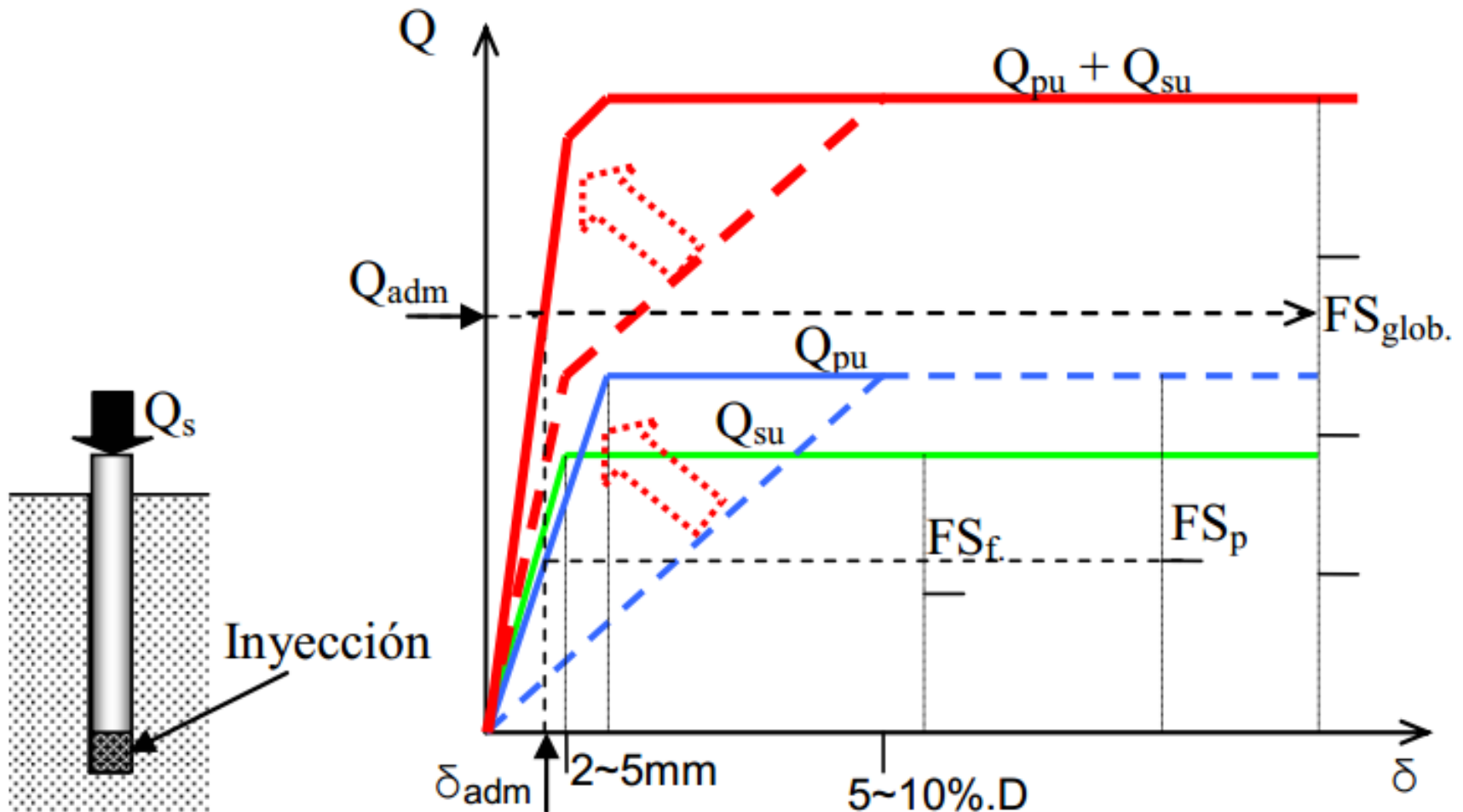
## Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga





# TRANSFERENCIA DE CARGA

## Pilotes – Capacidad de Carga – Con celda de precarga

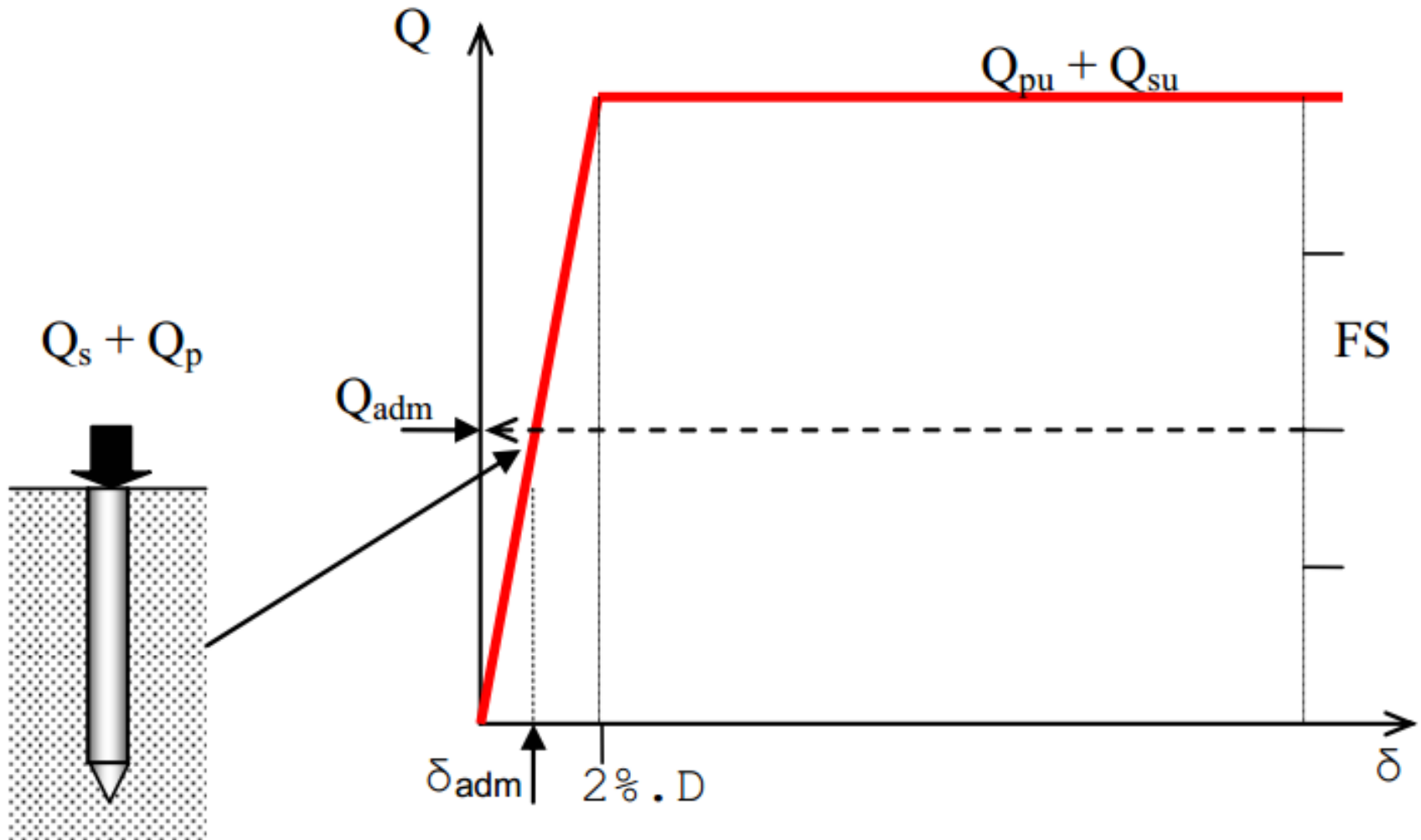






# TRANSFERENCIA DE CARGA

## 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.

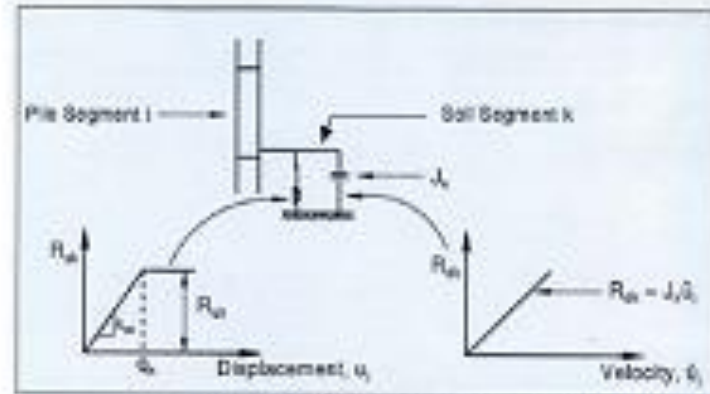
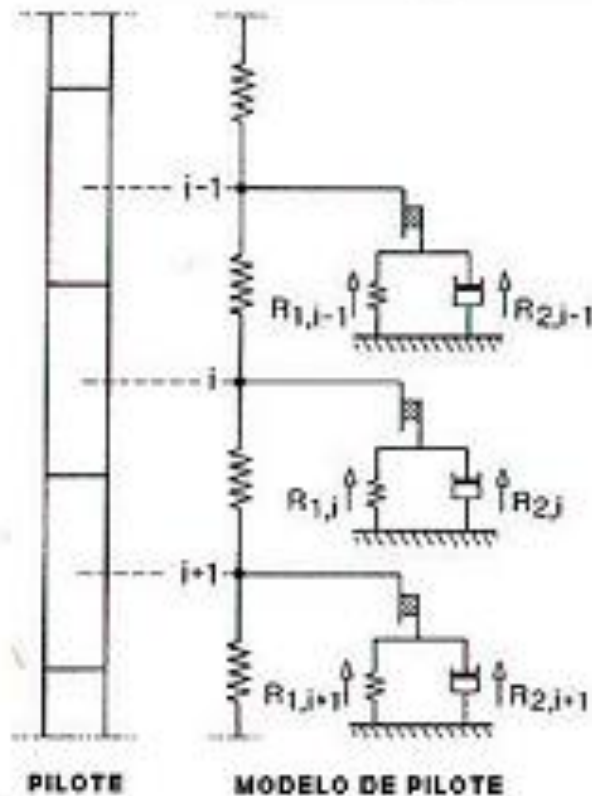


Figure 2.2.1. The Smith soil resistance model (linear damping model instead of a strict Smith damping is shown)

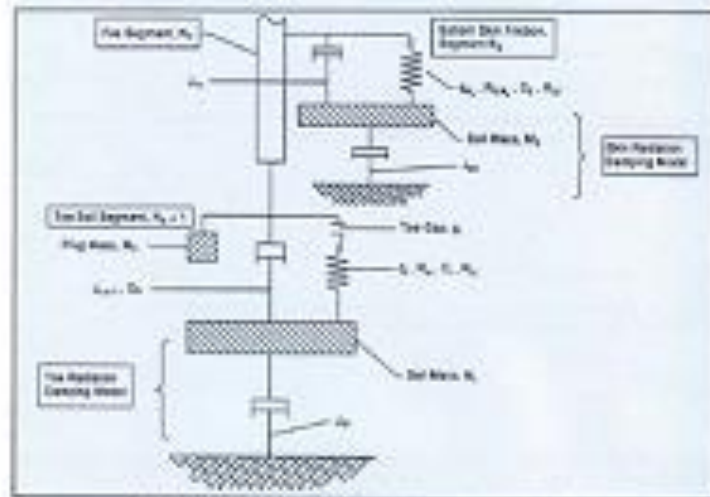
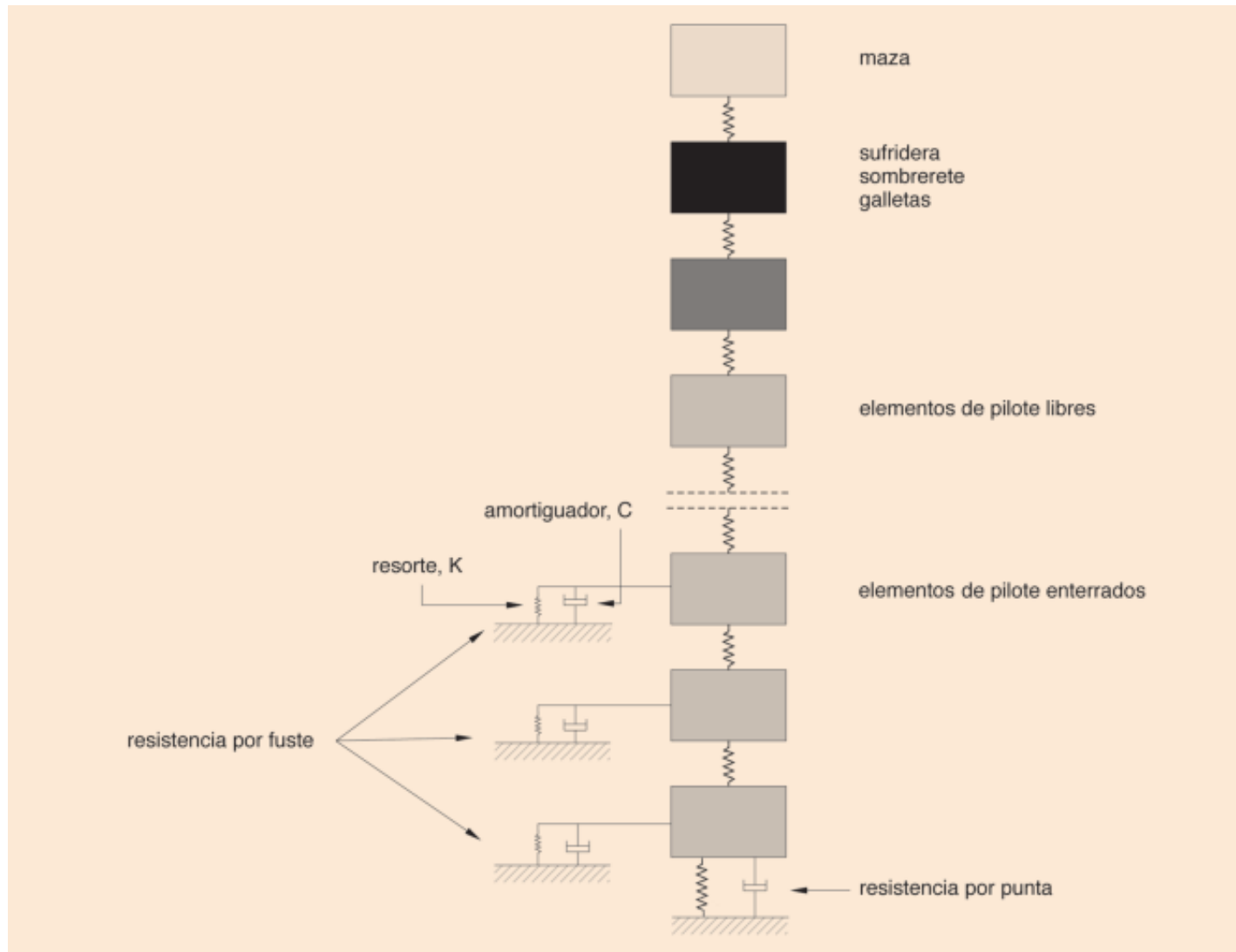


Figure 2.2.2. The extended CAPDM soil resistance model (a) shaft (b) toe



# TRANSFERENCIA DE CARGA

## Pilotes – Capacidad de Carga – Ec. de Transferencia

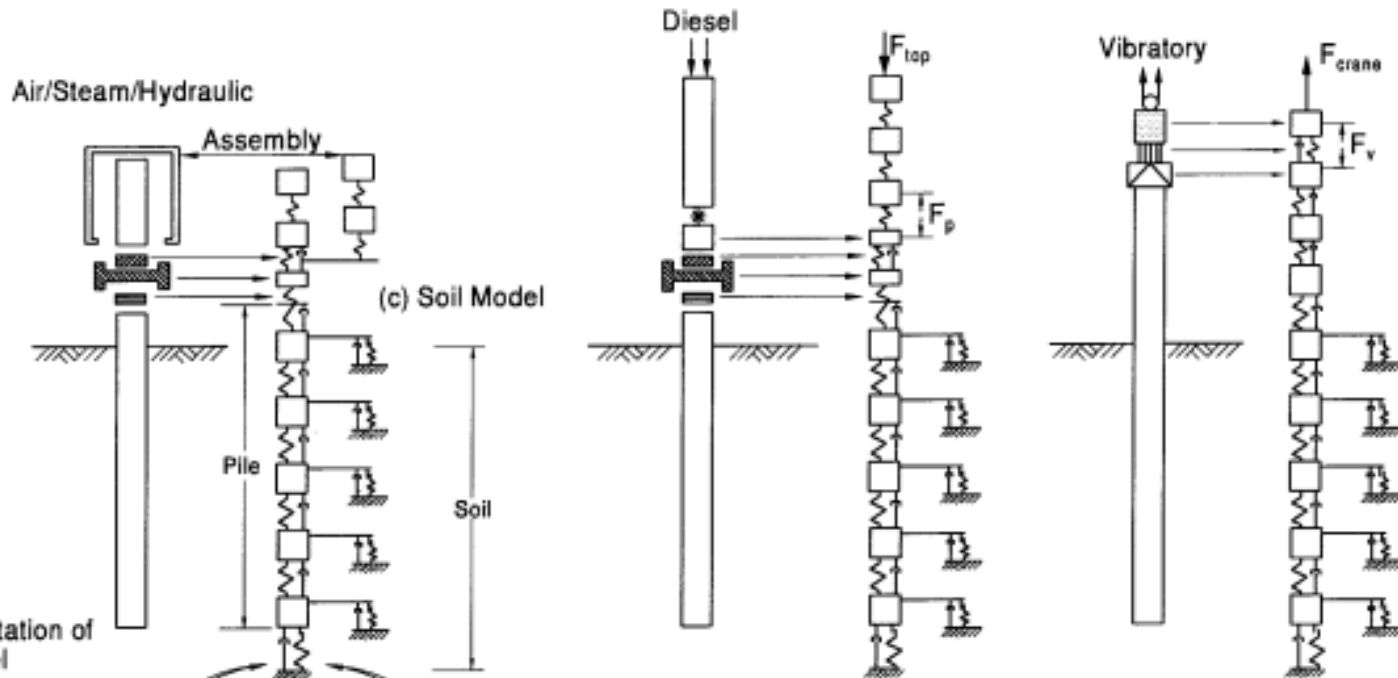




# TRANSFERENCIA DE CARGA

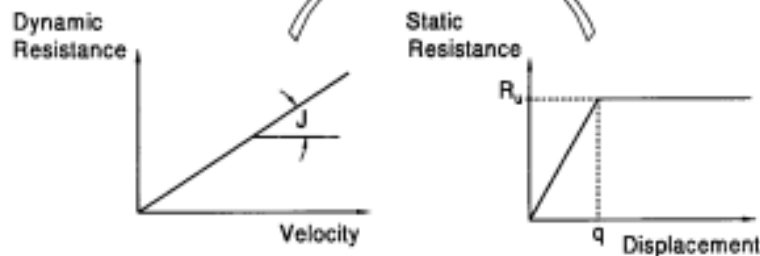
## Pilotes – Capacidad de Carga – Ec. de Transferencia

(a) Schematic of System (b) Model



(c) Soil 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





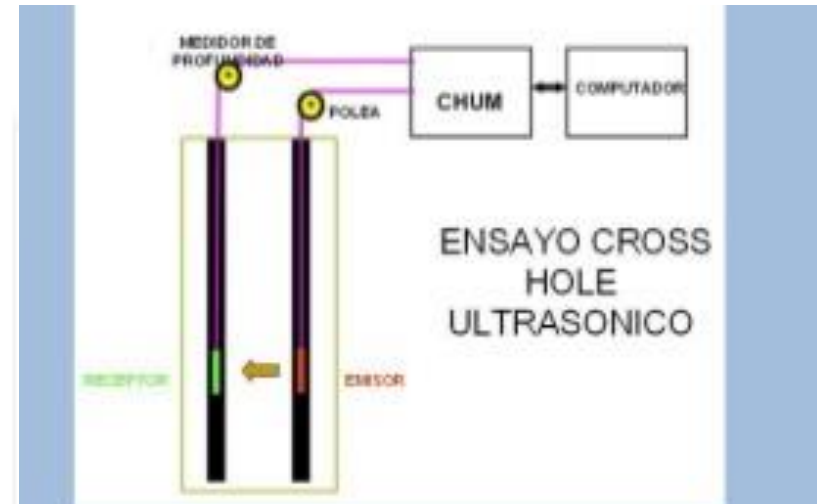
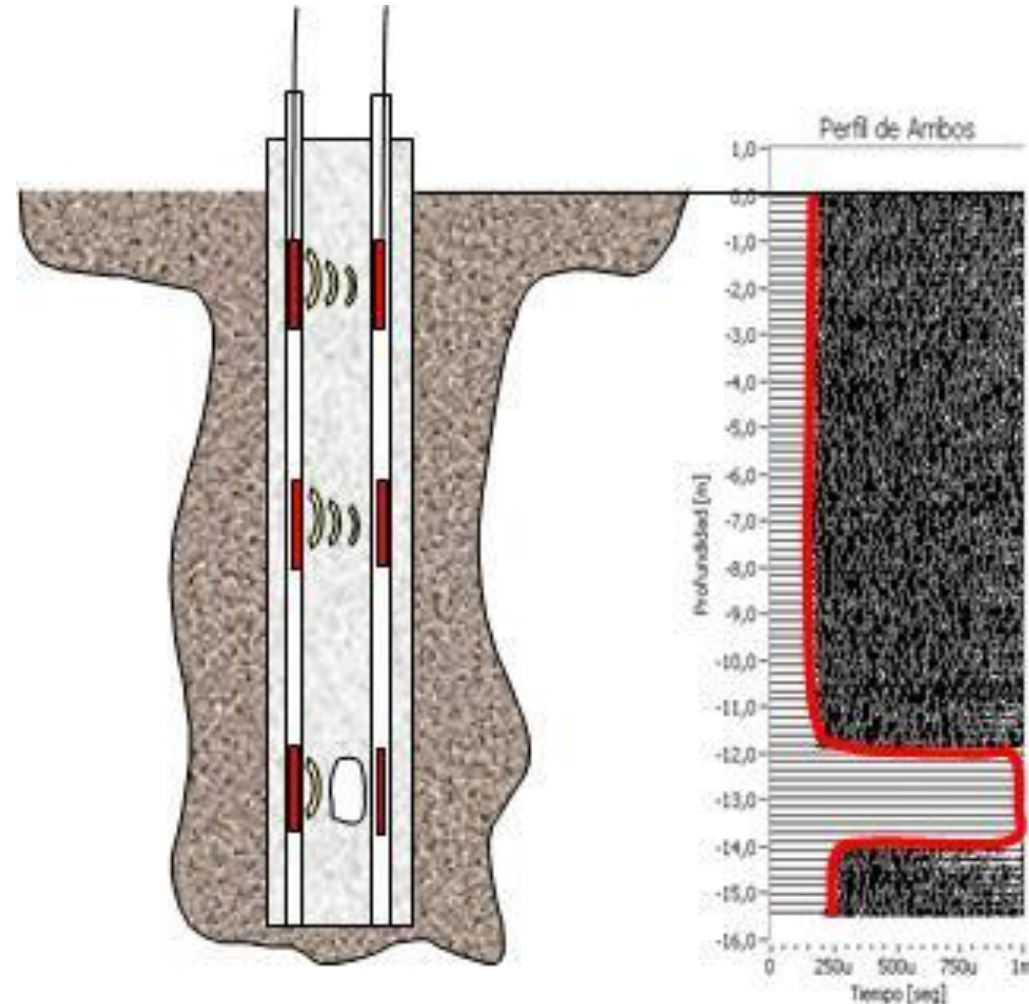
# CONTROL DE CALIDAD

## DEFECTOS DE HORMIGONADO

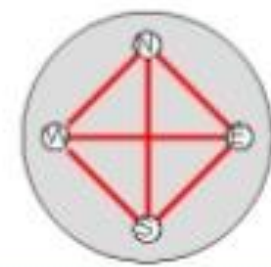




# CONTROL DE CALIDAD INTEGRIDAD POR CROSS HOLE



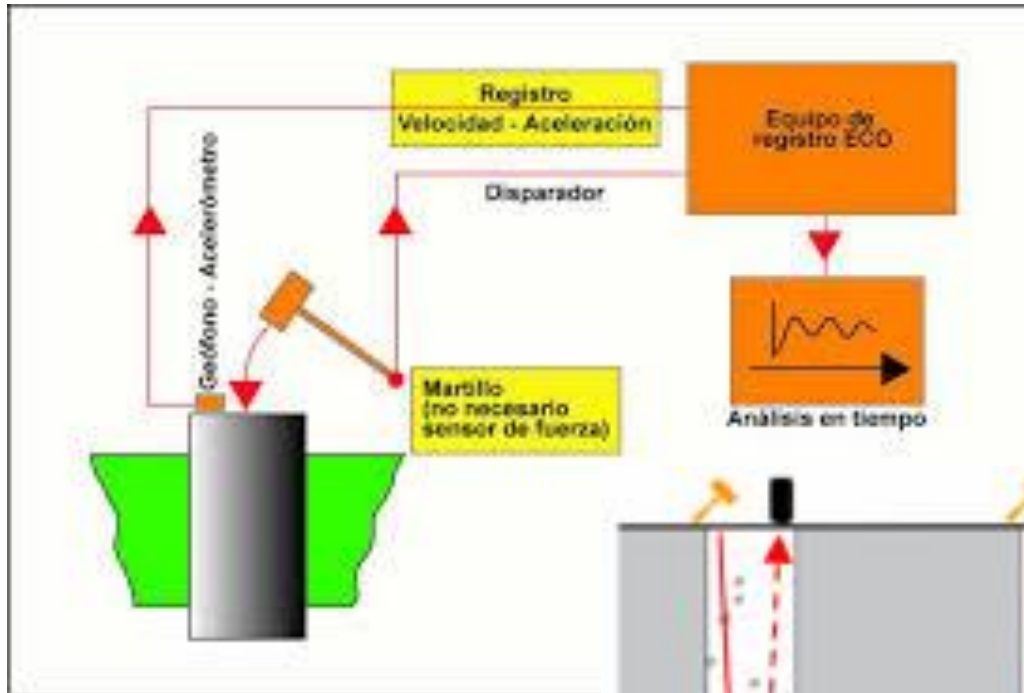
## COLOCACIÓN DE LOS TUBOS DE ACCESO





# CONTROL DE CALIDAD

## ENSAYO DE INTEGRIDAD





# CONTROL DE CALIDAD

## Registro de Hinca

