

# Teoría y Cálculo de Estructuras Mineras y Energéticas

Tema 6. Ejecución de cimentaciones, estabilizaciones, muros y pilares



**José Ramón Berasategui Moreno**  
**Noemí Barral Ramón**  
**Jokin Rico Arenal**

Departamento de Transportes y Tecnología  
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Ejecución de obras

# EJECUCIÓN DE PILOTES

## PILOTES

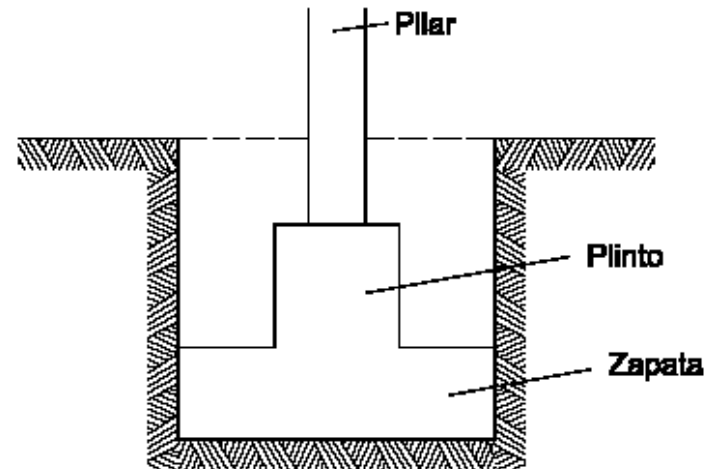
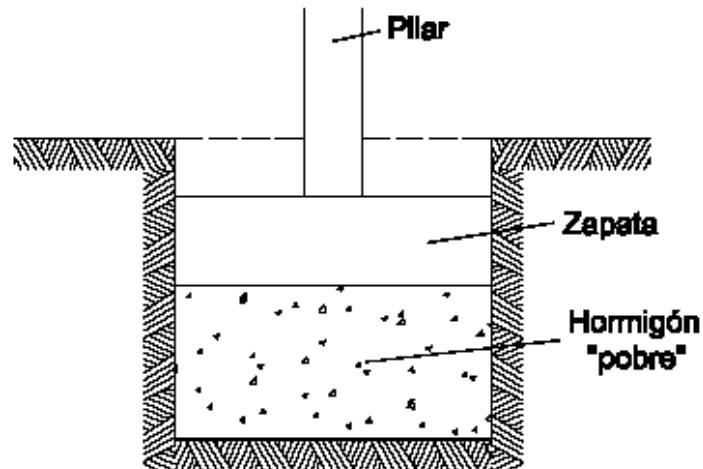
### DEFINICIONES:

- Cimentaciones superficiales: aquellas que transmiten las cargas al terreno únicamente por presión entre superficies (zapatas y losas).
- Cimentaciones profundas: aquellas que transmiten las cargas al terreno por presión entre superficies puntual (pilotes) o lineal (pantallas) y/o por rozamiento con el terreno.

## CIMENTACIONES SEMIPROFUNDAS

### POZOS DE CIMENTACIÓN:

- Cimentación con una profundidad de firme entre 3 y 6 metros. Pozos de hormigón que llegan hasta el firme y sobre los cuales se realiza la zapata de manera convencional.



## PILOTES

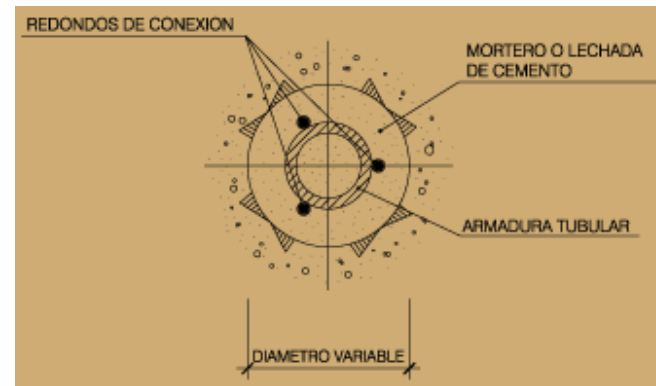
### DEFINICIONES:

- Pilote: elemento constructivo esbelto (con forma de columna), utilizado para cimentaciones profundas (colocado en vertical dentro del terreno), que trasmite las cargas al terreno apoyándose en un estrato resistente profundo (de la cabeza a la punta), repartiéndolas a lo largo de su longitud (por rozamiento del fuste con el terreno) o combinando ambos métodos.



## PILOTES

- Los diámetros de los pilotes oscilan entre los 350 mm. y los 1.500 mm.
- Por debajo de 350 mm. reciben el nombre de MICROPILOTES (100-300 mm.), tienen menos capacidad resistente y se aplican fundamentalmente para reforzar cimentaciones existentes y donde no es posible construir pilotes por limitaciones técnicas (espacio, accesibilidad, etc.).



### PILOTES

#### **FACTORES A CONSIDERAR PARA LA UTILIZACIÓN DE PILOTES:**

- Tipo de terreno (suelo blando o suelto).
- Profundidad del estrato rígido sobre el que podrían apoyarse los pilotes.
- Tipo de estructura (magnitud de las cargas y limitación de asientos).
- Tiempo disponible para la construcción.

## PILOTES

### TIPOS DE PILOTES SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN:

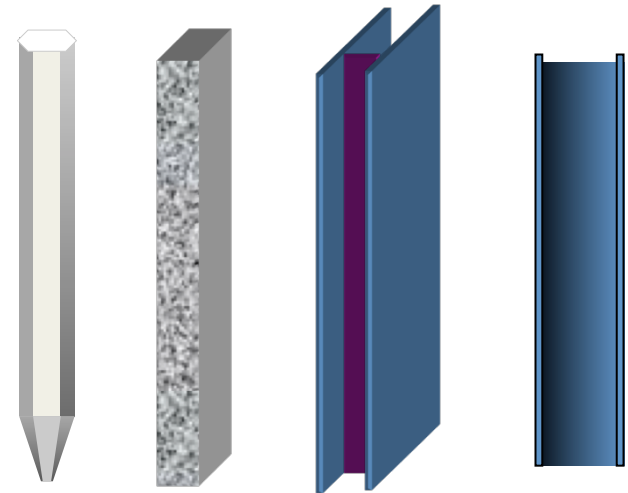
- Los pilotes son empleados en cimentaciones profundas y pueden ser:

- Pilotes hincados:

- Prefabricados de hormigón armado o pretensado.
- Metálicos.
- De madera.

- Pilotes in-situ:

- Rotación en seco.
- Rotación con lodos.
- Rotación con entubación recuperable.
- Pilotes realizados con cuchara y entubación recuperable.



- Los pilotes construidos in situ pueden ser barrenados con hélice continua y hormigonados de 350 a 850 mm. de diámetro y hasta 25 m. de profundidad.



## PILOTES

### PILOTES HINCADOS:

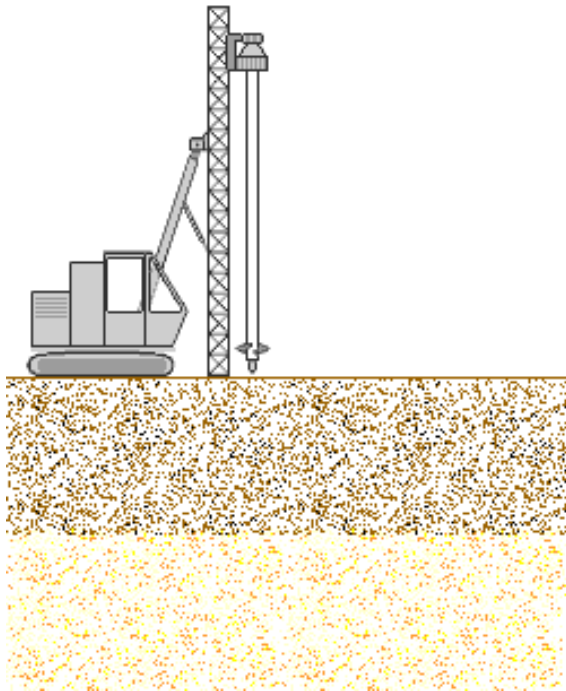
- Características:
  - Normalmente pilotes prefabricados de hormigón.
  - Juntas especiales de unión.



## PILOTES

### EQUIPOS:

- Grúa autopropulsada.
- Mástil (izado y guía).
- Martillo: caída libre.



### PILOTES

#### GRÚA Y MÁSTIL:

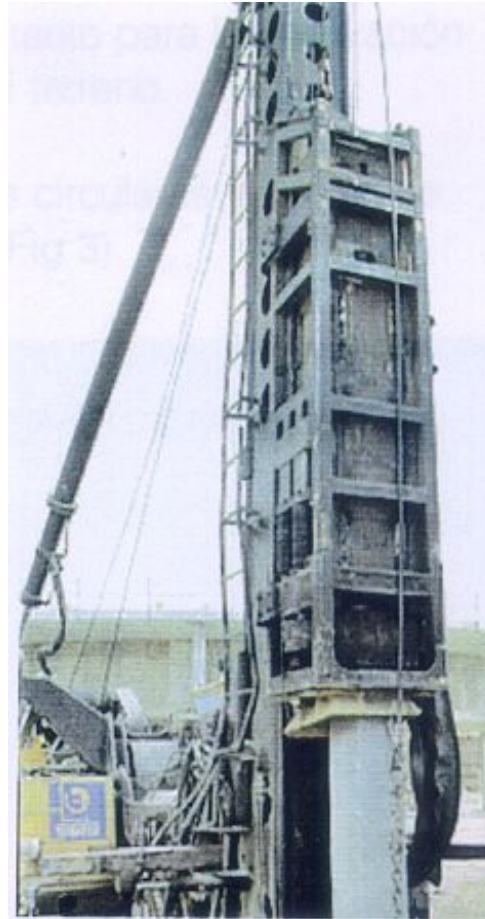


## PILOTES

### MARTILLO:

- **Control automático sobre:**

- Altura de golpeo.
- Número de golpes por minuto.
- Conteo de golpes.
- Parada automática.



## PILOTES

### PILOTES IN SITU:

- **Características:**

- Ejecución “in situ” (excavación, armado y hormigonado).
- Técnicas constructivas en función del tipo de terreno.



## PILOTES

### • EQUIPOS:

- Grúa autopropulsada.
- Mástil (inclinación variable).
- Cabeza de Rotación (100 a 400 kNm).
- Barra Kelly (barra extensible).
- Bocas de Perforación.

### • ESTABILIDAD DE LA PERFORACIÓN:

- Lodos tixotrópicos.
- Entubación.



## PILOTES

### **GRÚA AUTOPROPULSADA Y MÁSTIL:**

- Hidráulicas.
- Adaptación de grúas o retroexcavadoras.
- Gran influencia de la electrónica, (verticalidad, profundidad, etc.).



## PILOTES

### **BARRA KELLY Y CABEZA DE ROTACIÓN:**

- **Empuje + Rotación:**
  - Rotura del terreno.
  - Carga en la herramienta.
  - Extracción mediante cabrestantes.



Fuente: [http://www.bauer.de/es/bma/products/drilling\\_rigs/kelly\\_bars/](http://www.bauer.de/es/bma/products/drilling_rigs/kelly_bars/).





## PILOTES

### BOCAS DE PERFORACIÓN:

- Diferentes tipos de útiles y distintos ángulos de ataque según el terreno:
  - Hélices y trépanos (rotación e impacto):
    - Terrenos cohesivos.
    - Capas de dureza media-alta.
  - Cazos (buckets):
    - Suelos sueltos.
    - Extracción de material fracturado por los trépanos.



## PILOTES

### ESTABILIDAD DE LA PERFORACIÓN:

#### A. LODOS TIXOTRÓPICOS:

- **Planta de lodos:**

- Mezcladora.
- Tanque de almacenamiento.
- Estación de tratamiento y limpieza con cubas.
- Bombas y tuberías para trasvase.
- Instalación eléctrica para los componentes.



## PILOTES

### ESTABILIDAD DE LA PERFORACIÓN:

#### B. ENTUBACIÓN:

- **Introducción/extracción:**
  - Cabezal propio de la máquina
  - Entubadora hidráulica acoplada.
  
- **Vibración:**
  - Licuefacción del terreno
  - La energía puede proceder de:
    - Motor eléctrico.
    - Motor hidráulico.
    - Equipo independiente.

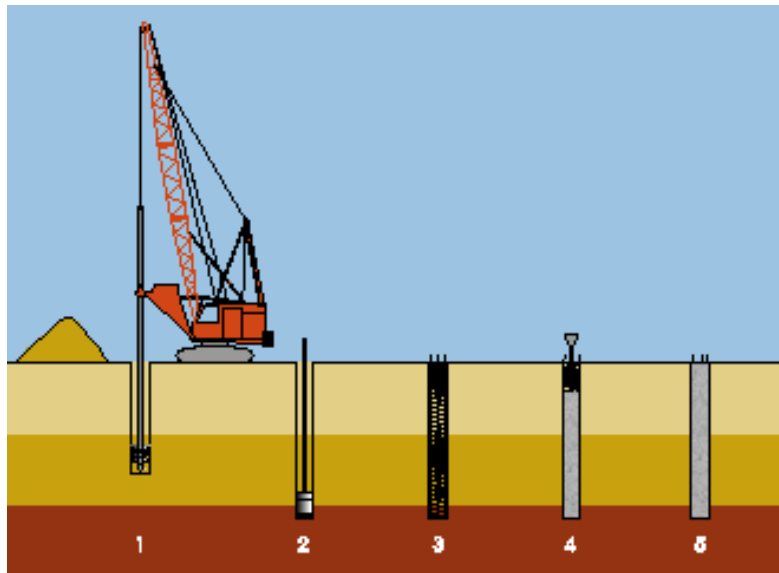


## PILOTES

### MÉTODOS DE EJECUCIÓN DE PILOTES IN SITU:

#### ROTACIÓN EN SECO:

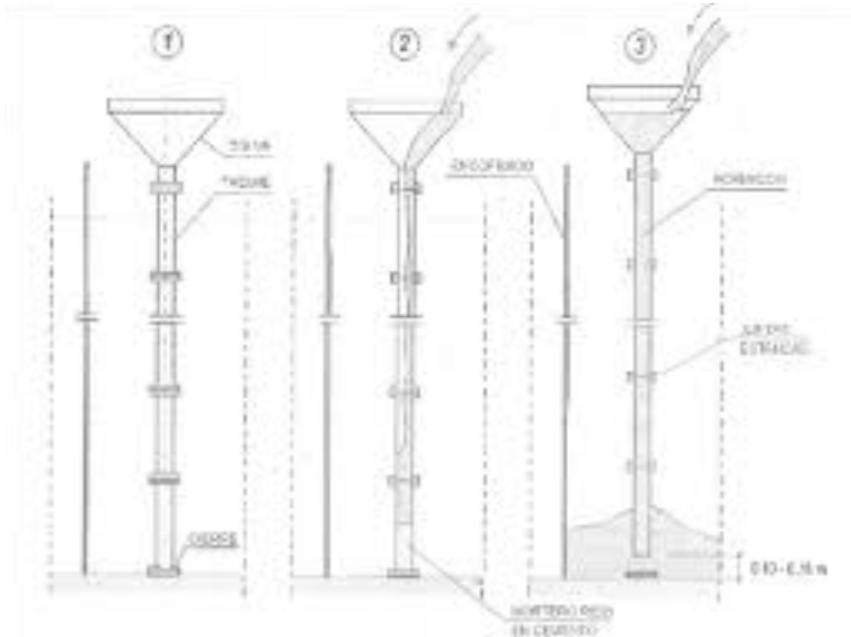
- De aplicación en terrenos estables.
- La perforación se realiza sin vibraciones.
- Los diámetros usuales son 450 a 2.600 mm.



1. Perforación con hélice o cazo en orificio estable.
2. Limpieza del fondo con cazo, si procede.
3. Colocación de la armadura.
4. Hormigonado con tubo tremie.
5. Pilote terminado.

### PILOTES

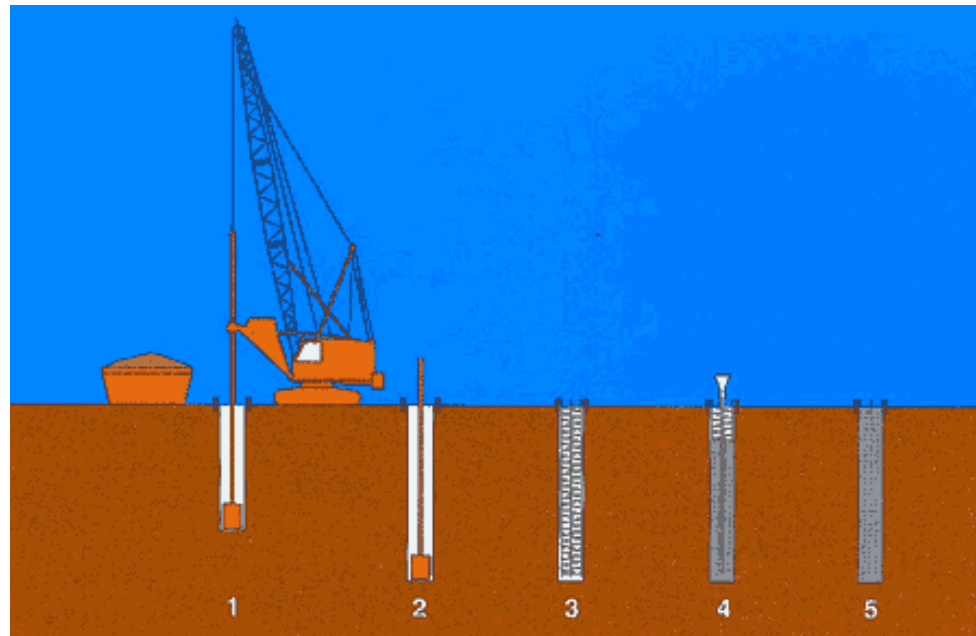
### TUBO TREMIE.



## PILOTES

### ROTACIÓN CON LODOS TIXOTRÓPICOS:

- De aplicación en terrenos finos sin estratos granulares gruesos (libres de matriz fina) o grandes bloques.
- Las paredes de la excavación son sostenidas por el efecto estabilizante del lodo tixotrópico.
- Los diámetros usuales son 600 a 1.500 mm. y profundidades de hasta 50 m.

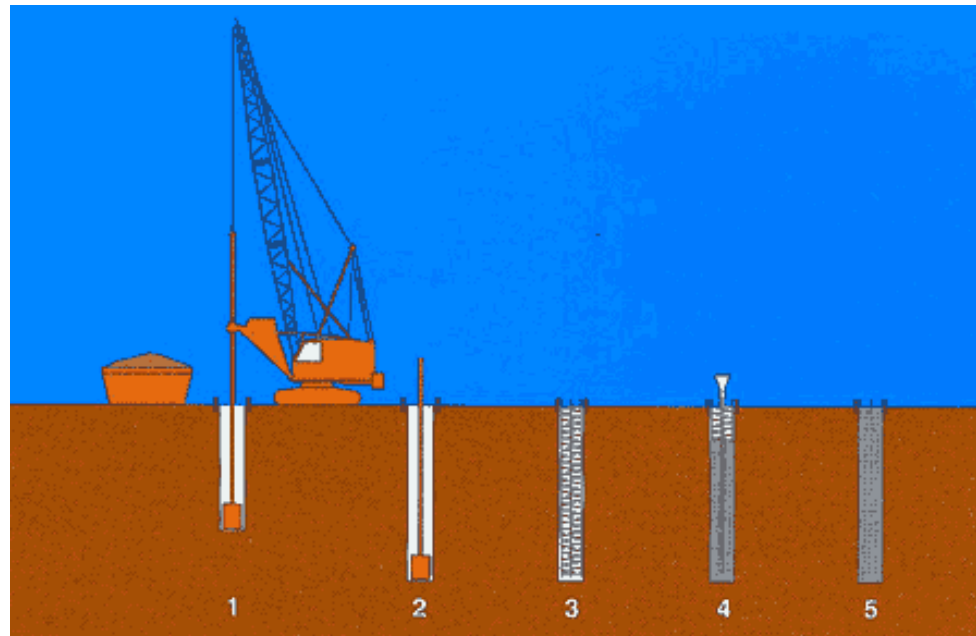


## PILOTES

### ROTACIÓN CON LODOS TIXOTRÓPICOS:

### ROTACIÓN EN SECO:

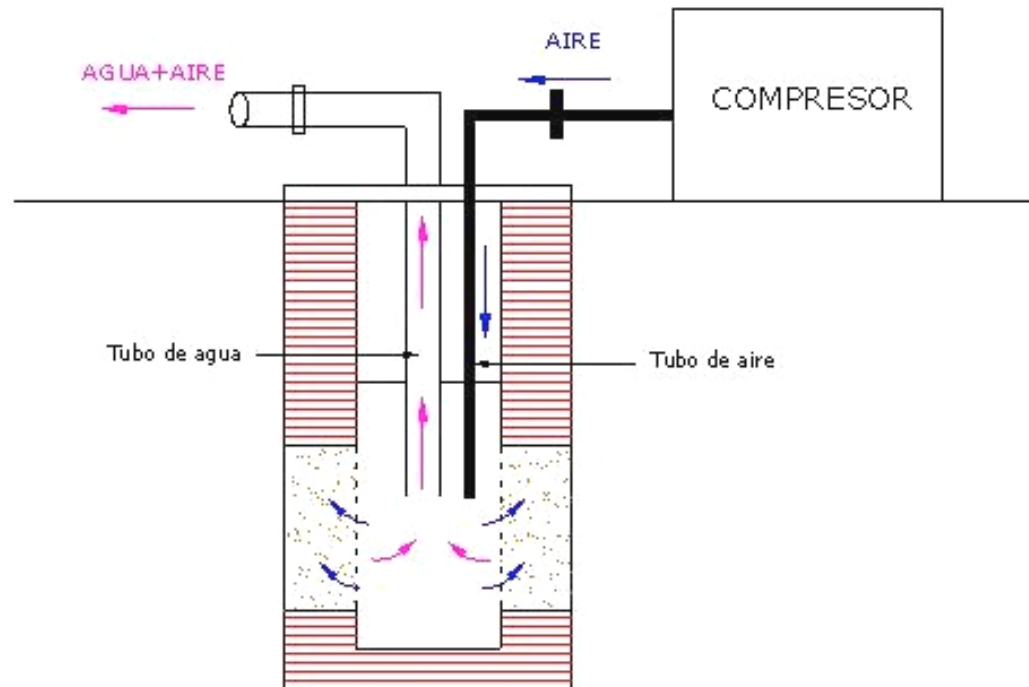
1. Perforación con hélice o balde estabilizando la perforación con lodo.
2. Limpieza del fondo con balde o Air Lift.
3. Colocación de la armadura.
4. Hormigonado con tubo tremie y recuperación del lodo.
5. Pilote terminado.



## PILOTES

### AIR LIFT:

- El aire inyectado del compresor se mezcla con el agua creando una mezcla aire + agua menos densa que el agua de forma que ésta asciende por diferencia de presión.



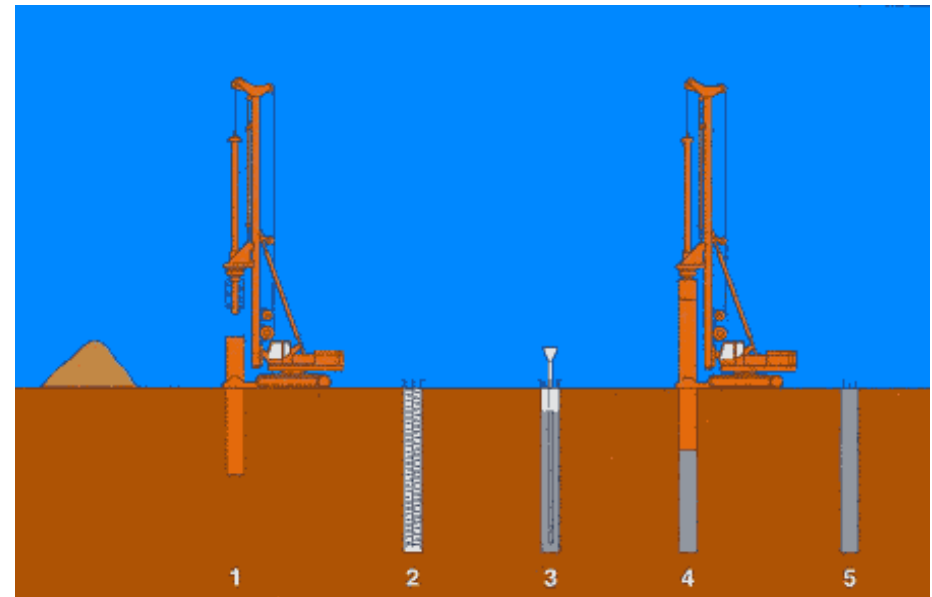


## PILOTES

### **ROTACIÓN ENCAMISADA:**

- De aplicación en terrenos finos sin bolos o grandes bloques, suelos cementados o rocas blandas. Para la hinca de la camisa (y extracción en caso de ser recuperable) se utiliza una osciladora hidráulica o la misma cabeza de rotación hidráulica ubicada sobre el mástil.
- Los diámetros usuales son 1.000, 1.200 a 1.500 mm. y profundidades de hasta 45 m.

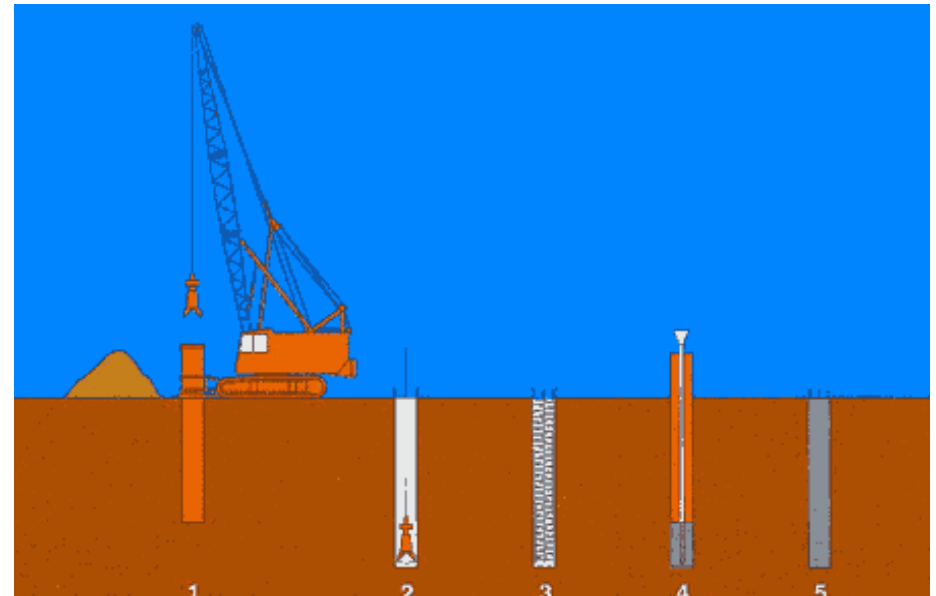
1. Excavación con balde o hélice conteniendo las paredes de la perforación mediante tubería.
2. Colocación de la armadura.
3. Hormigonado mediante tubo tremie.
4. Extracción simultánea de la tubería de revestimiento.
5. Pilote terminado.



## PILOTES

### **EXCAVACIÓN ENCAMISADA CON CUCHARA (Y TRÉPANO):**

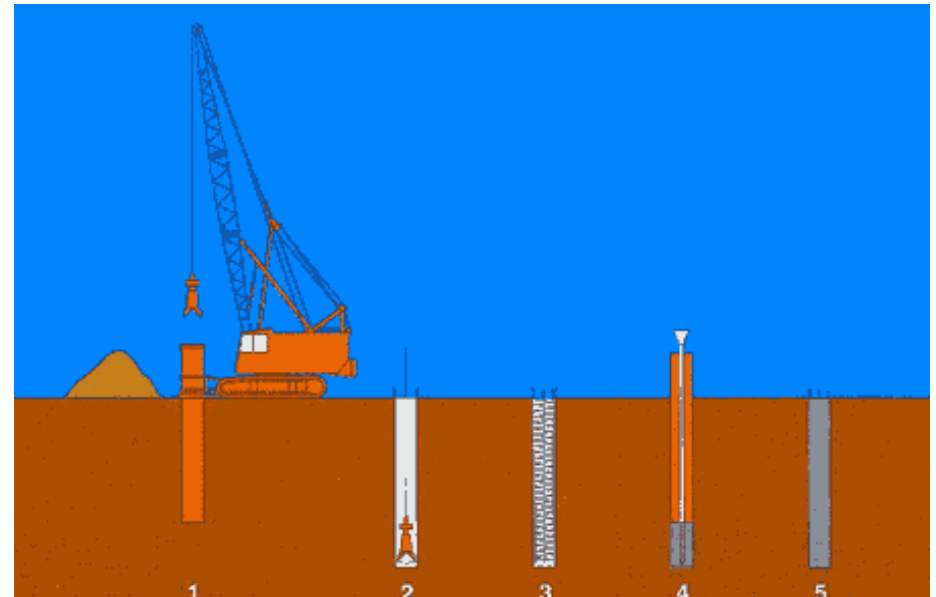
- De aplicación en terrenos granulares gruesos, con bolos o grandes bloques.
- Para la hinca (y extracción) se utiliza una osciladora hidráulica.
- La excavación se realiza mediante extracción con cuchara de cable y percusión con trépano para atravesar bloques grandes, bloques o estratos cementados.
- Los diámetros usuales son 1000, 1.200 a 1.500 mm. y profundidades entre 35 a 45 m.



## PILOTES

### **EXCAVACIÓN ENCAMISADA CON CUCHARA (Y TRÉPANO):**

1. Excavación con balde o hélice conteniendo las paredes de la perforación mediante tubería.
2. Colocación de la armadura.
3. Hormigonado mediante tubo tremie.
4. Extracción simultánea de la tubería de revestimiento.
5. Pilote terminado.



Ejecución de obras geotécnicas

# **ENTIBACIÓN Y MUROS PANTALLA**

## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### ENTIBACIONES:

- Entibación de zanja con paneles y guías dobles, para profundidades de hasta unos 6 metros.
- Las maniobras de los paneles y guías se puede realizar con la misma máquina que realiza la excavación.
- También hay disponibles sistemas de guías simples y de cajas.



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### MUROS PANTALLA:

- **Definición:**

- Elementos de contención ejecutados previamente a la realización de vaciados que no pueden ser acometidos directamente, debido a la existencia de terrenos poco estables, o a razones de seguridad por proximidad de edificios, carreteras, líneas férreas, etc.
- Además de contención las pantallas pueden ser portantes (bataches aislados) o impermeabilizantes (pantallas plásticas, formadas por mezclas de bentonita-cemento).



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### TIPOLOGÍA DE MUROS PANTALLA:

- **Continuos por bataches:**

- EN SECO: cuando el terreno se mantiene estable durante la perforación, obteniéndose un mayor rendimiento, así como una simplificación en las tareas de colocación de armaduras y hormigonado.
- CON BENTONITA: cuando el terreno presenta falta de estabilidad y existe riesgo de desprendimientos.

- **De pilotes:**

- Aptos para menores solicitaciones, ya sea por la existencia de terrenos con características geotécnicas superiores, por menores cotas de vaciado, por mayores arriostramientos, etc.



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DE MUROS PANTALLA:

- **Equipo básico:**

- Retroexcavadora auxiliar (ej.: ejecución de los muretes guía).
- Excavadora o grúa con el órgano de trabajo para la excavación.
- Grúa auxiliar (ej.: colocación de armaduras).
  - Posibles órganos de trabajo para la excavación:
    - A. Cuchara bivalva.
    - B. Trépano.
    - C. Hidrofresa.

- **Equipo de lodos (en caso de ser necesario):**

- Estación de dosificación y mezclado.
- Depósito de almacenamiento.
- Equipo de bombeo.
- Estación de regeneración.



### ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

#### CUCHARA BIVALVA.



### ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

#### HIDROFRESA.



Fuente: Rubio Gámez, ETSICCP (Granada).

## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN:

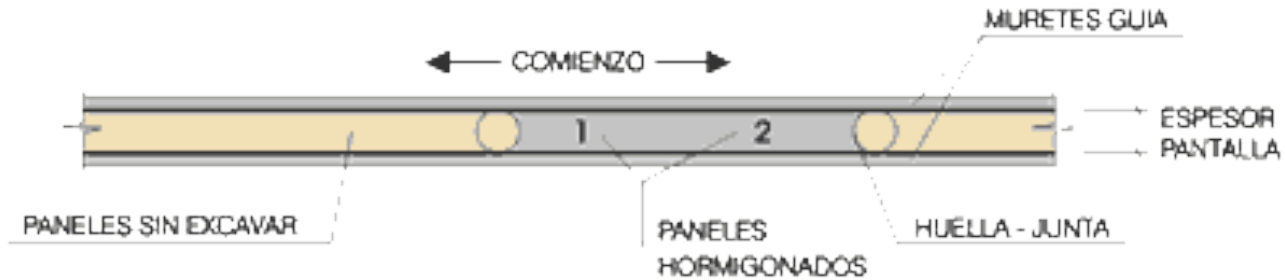
1. Operaciones previas.
2. Construcción de los **muretes guía**.
3. Excavación del terreno (ej.: empleando lodos tixotrópicos).
4. Colocación de juntas.
5. Colocación de armaduras.
6. Hormigonado mediante **tubo tremie** (tubo + embudo).
7. Extracción de juntas.

Repetición desde el punto 3.

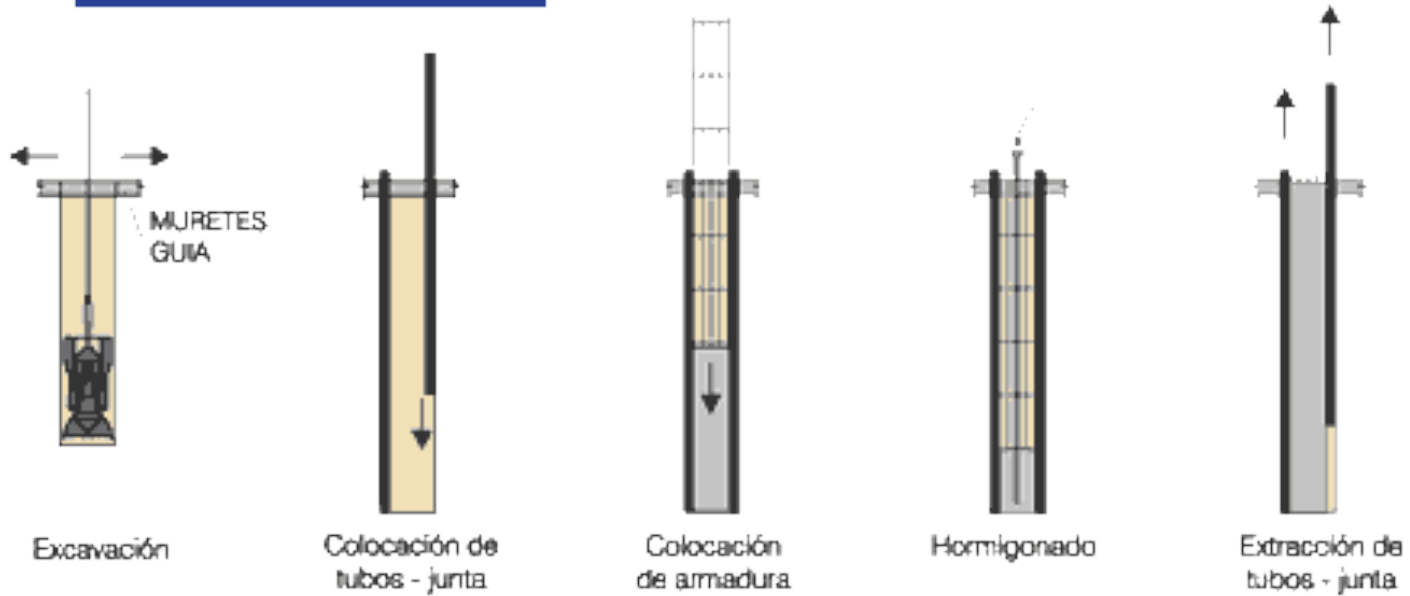
8. Demolición de las cabezas de paneles y ejecución de la **viga de atado**.
9. Vaciado del terreno.
10. Terminaciones finales: limpieza del paramento visto de la pantalla.

## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### PANTALLA DE HORMIGÓN ARMADO EN SECO:

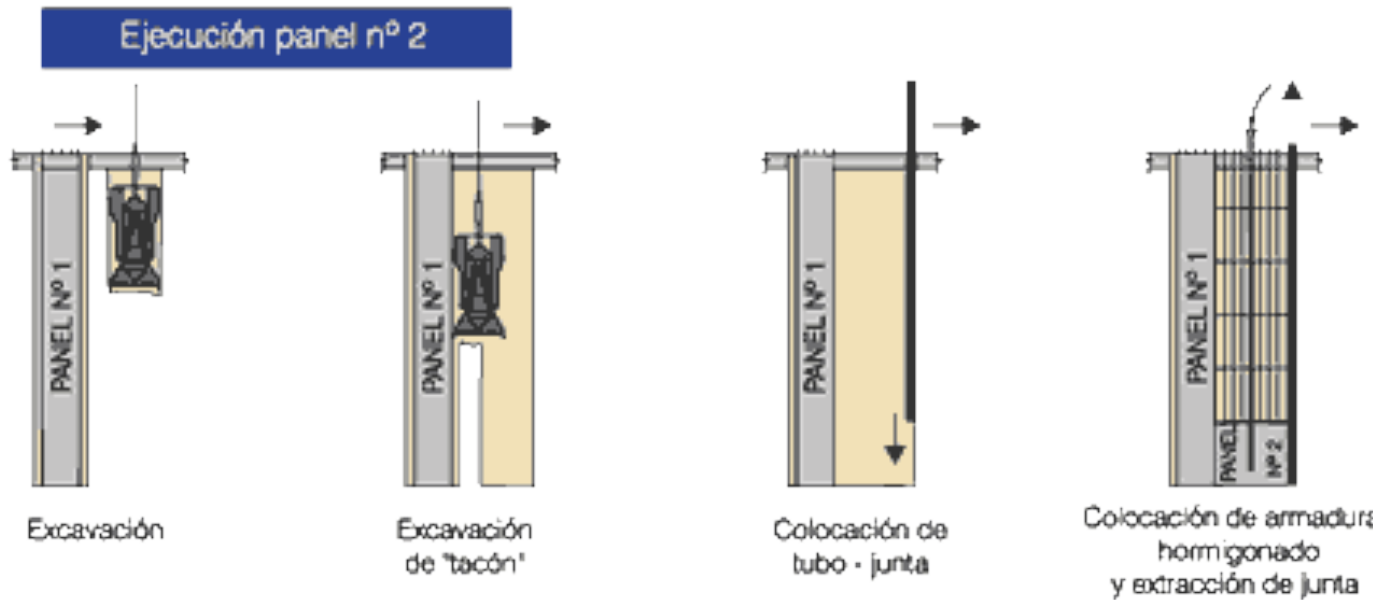


#### Ejecución panel nº 1



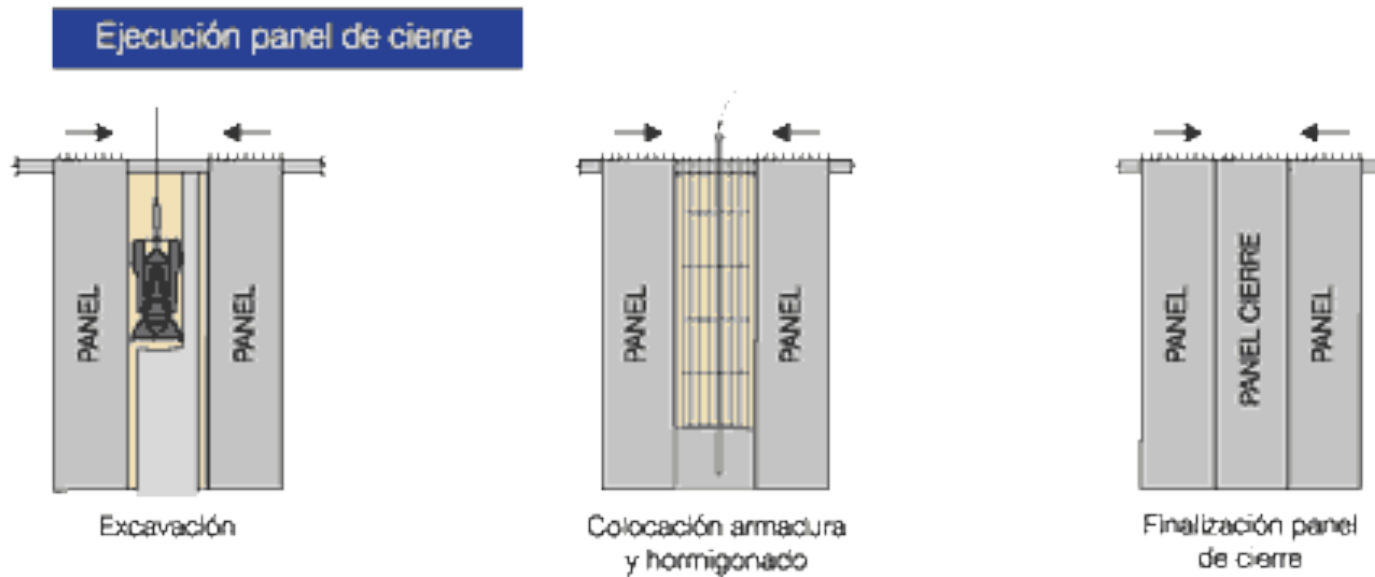
## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### PANTALLA DE HORMIGÓN ARMADO EN SECO:



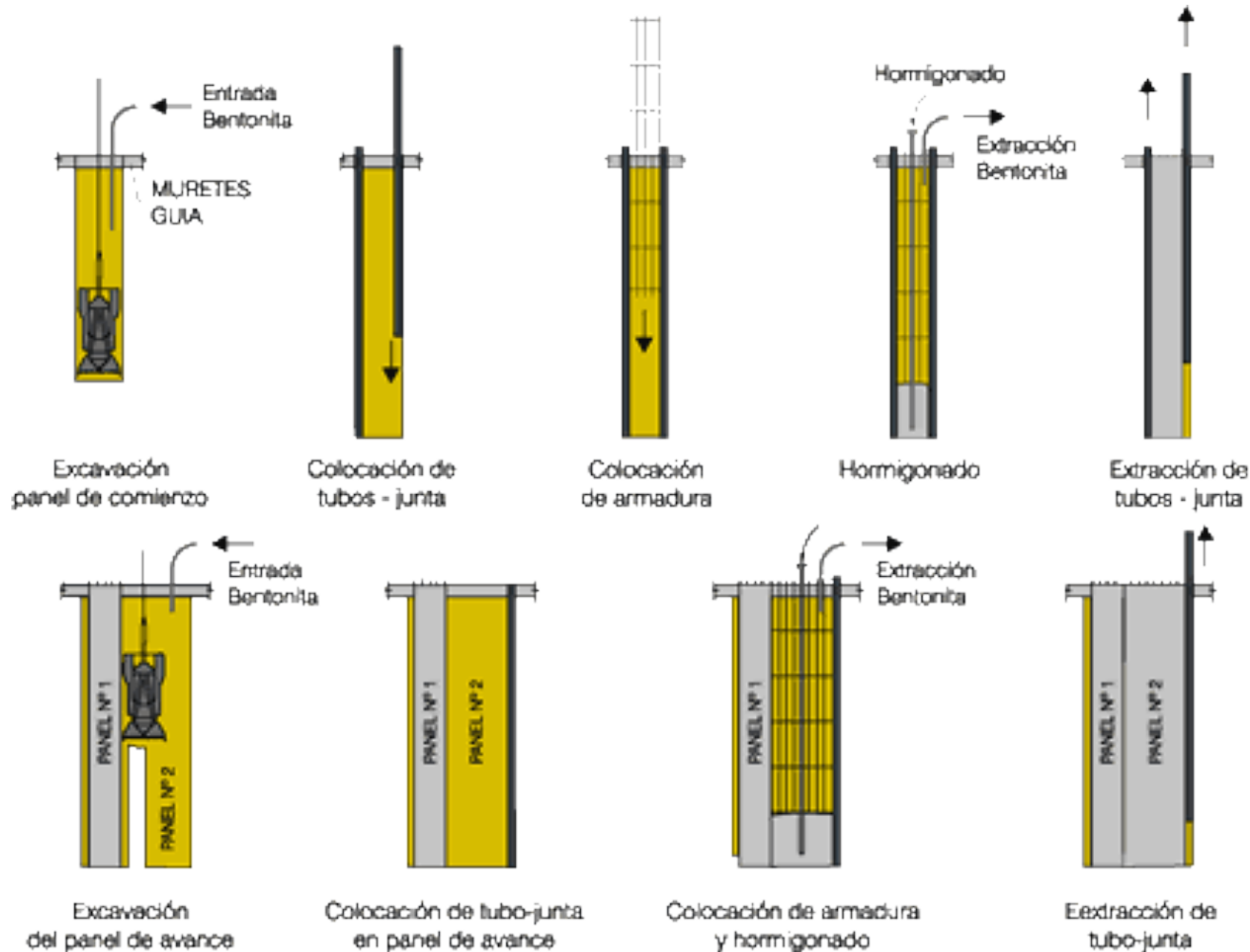
## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### PANTALLA DE HORMIGÓN ARMADO EN SECO:



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### PANTALLA DE HORMIGÓN ARMADO CON LODOS TRIOTRÓPICOS:



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### COLOCACIÓN DE ARMADURAS CON GRÚAS:

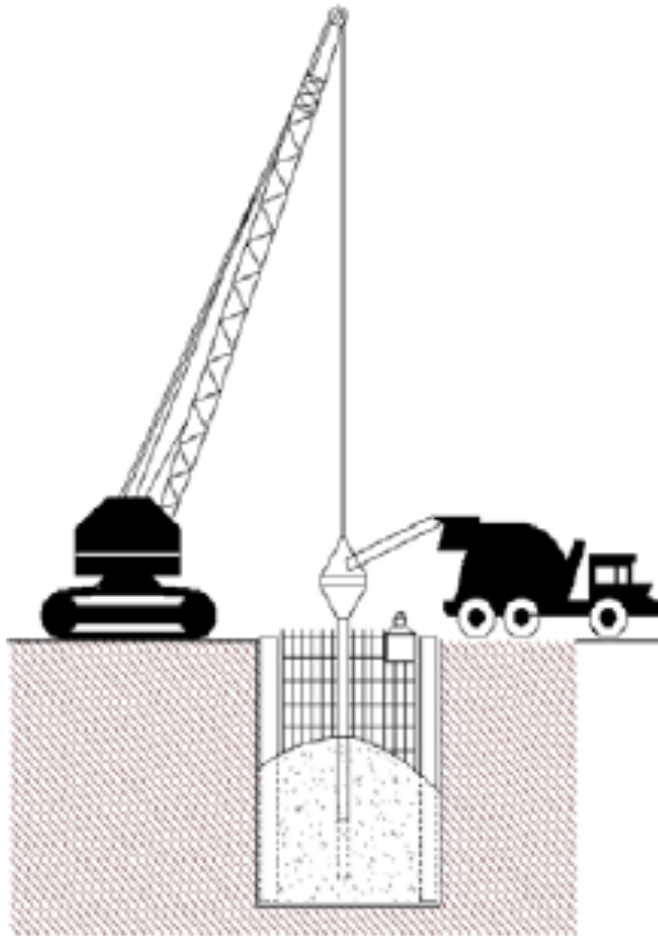


Fuente: Rubio Gámez, ETSICCP (Granada).



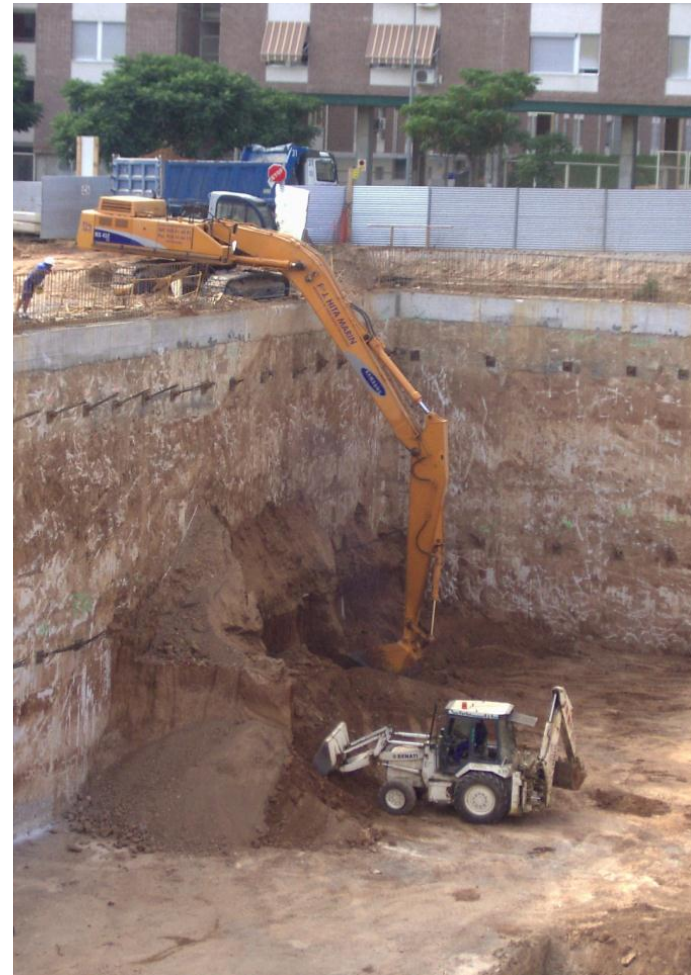
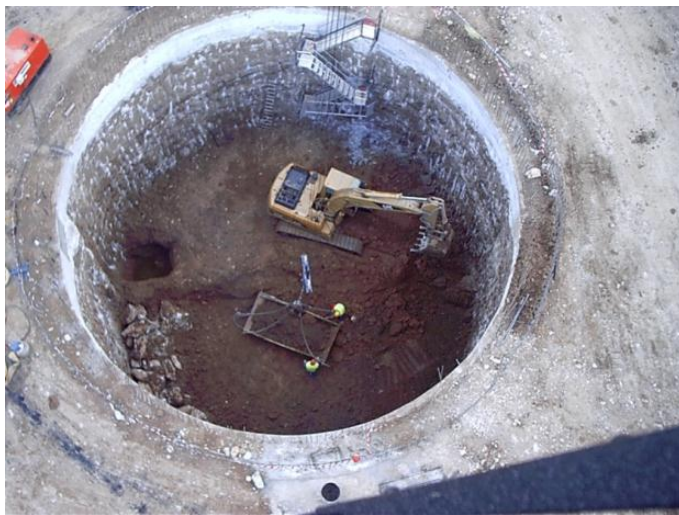
### ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

#### HORMIGONADO CON TUBO TREMIE:



### ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

#### ATADO Y VACIADO:



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### TABLESTACAS:

- Definición:

- Elementos metálicos unidos entre si e hincados en el terreno previamente a la ejecución de la excavación, pudiendo ser recuperables en ocasiones.



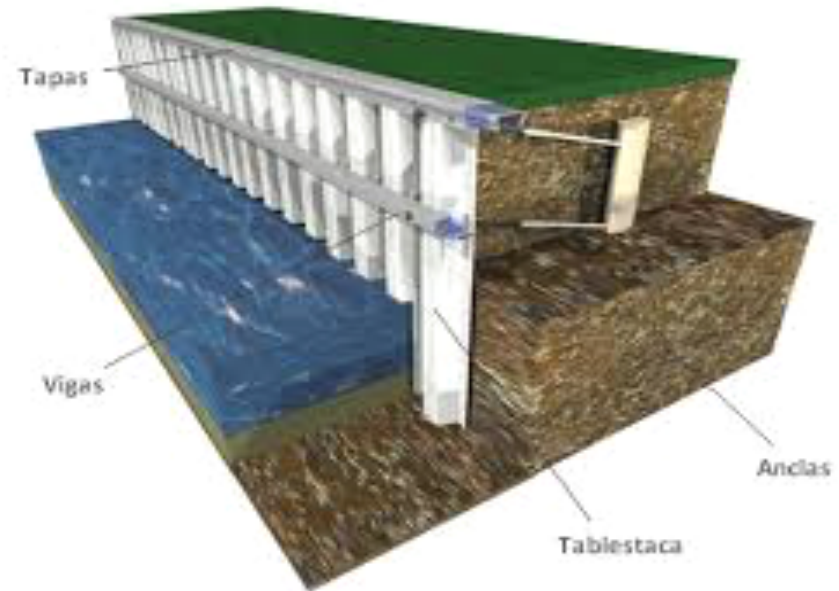
## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### APLICACIONES:

- Además del empleo habitual, como **elemento provisional** para la ejecución de colectores, muros de contención, etc., también hay ocasiones en las que es rentable emplearlas como **elemento definitivo**, sustituyendo a muros de hormigón en cierres de sótano, estribos de puentes...
- La longitud de las tabletas, en casos normales, pueden ser de hasta 20 metros, aunque hay soluciones para mayor longitud.



### ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN



## ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DE TABLESTACAS:

- Se utilizan equipos similares a los descritos para la hinca de pilotes prefabricados:
  - Por percusión.
  - Por vibración.
  - Por presión hidráulica.
- Los martillos o vibradores pueden ser:
  - Guiados.
  - Colgados.

