

Introducción a la Ing. Civil

Carrera de Ingeniería Civil

Geotecnia - Clase 2

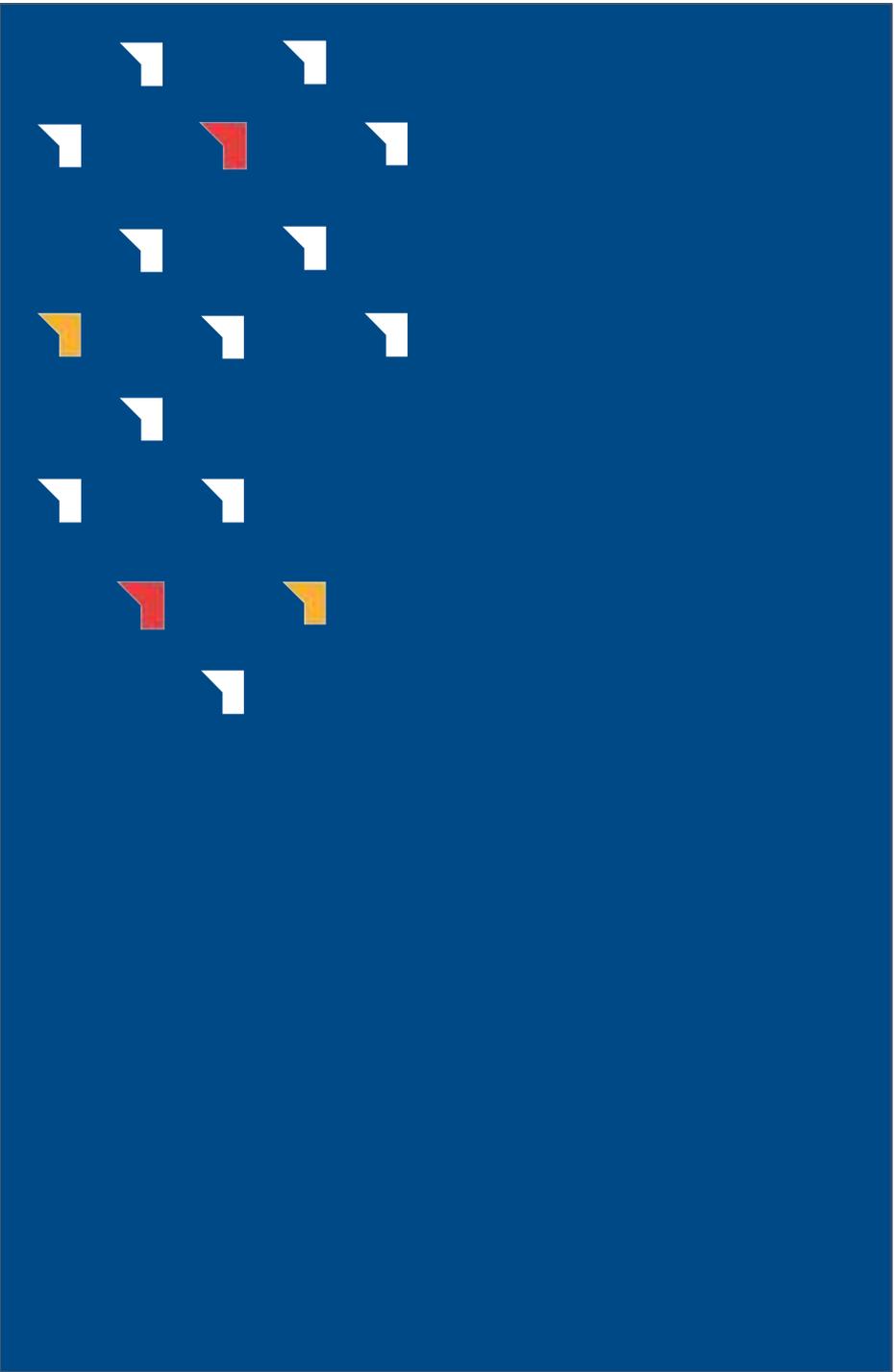
17 de Marzo de 2025



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



¿Qué vamos a ver hoy?

Repaso breve de la clase anterior

Conceptos de Mecánica de Suelos

Comportamiento

Resistencia

Deformación

Estabilidad de taludes

Fundaciones

Sistemas

Fundaciones Superficiales

Fundaciones Profundas

Empuje de suelos

Excavaciones

Muros

Pantallas

Repaso de la clase anterior



¿Qué es la geotecnia?

Rama de la ingeniería, que abarca la aplicación, estudio de las propiedades y del comportamiento de suelos y rocas (materiales naturales).

¿Por qué es importante?

Porque no es posible diseñar o construir ninguna estructura civil, sin considerar su interacción con el terreno, por ejemplo:

- Dónde se apoya la estructura
- Qué presión ejerce el suelo sobre la estructura

El desempeño, la economía y seguridad de cualquier estructura civil, están afectados, e incluso controlados, por sus fundaciones

Repaso de la clase anterior

Aplicaciones en la Ingeniería Civil

A efectos de la Ingeniería Civil, el terreno puede ser

- Carga (fuerza sobre la estructura)
 - Muros, pantallas
- Apoyo
 - Fundaciones
- Estructura
 - Túneles, presas, terraplenes



Repaso: Rocas

- Compuestas de minerales, agregados minerales, o agregado de pequeños fragmentos de rocas
- En base a sus condiciones de formación, tres grupos:
 - **Rocas ígneas:** formadas por solidificación (en profundidad o en superficie) de materiales fundidos del manto y la corteza terrestre.
 - **Rocas metamórficas:** formadas por presión y temperatura (sin fusión). Transformación de rocas preexistentes
 - **Rocas sedimentarias:** formadas en superficie, a bajas temperaturas y como resultado de la denudación del relieve



Repaso: Suelos

- Capa superficial constituida por
 - una fracción mineral (meteorización de rocas)
 - una fracción orgánica (restos vegetales y animales)
- Los productos de la meteorización **pueden permanecer en el mismo lugar** (residuales) o **pueden ser movidos a otros lugares** por el hielo, el agua, el viento y la gravedad (transportados)
- Las propiedades dependen de los minerales que constituyen las partículas del suelo (por lo tanto de la **roca de la cual derivó**); en el caso de los suelos transportados, también depende del **medio y la energía de transporte**.

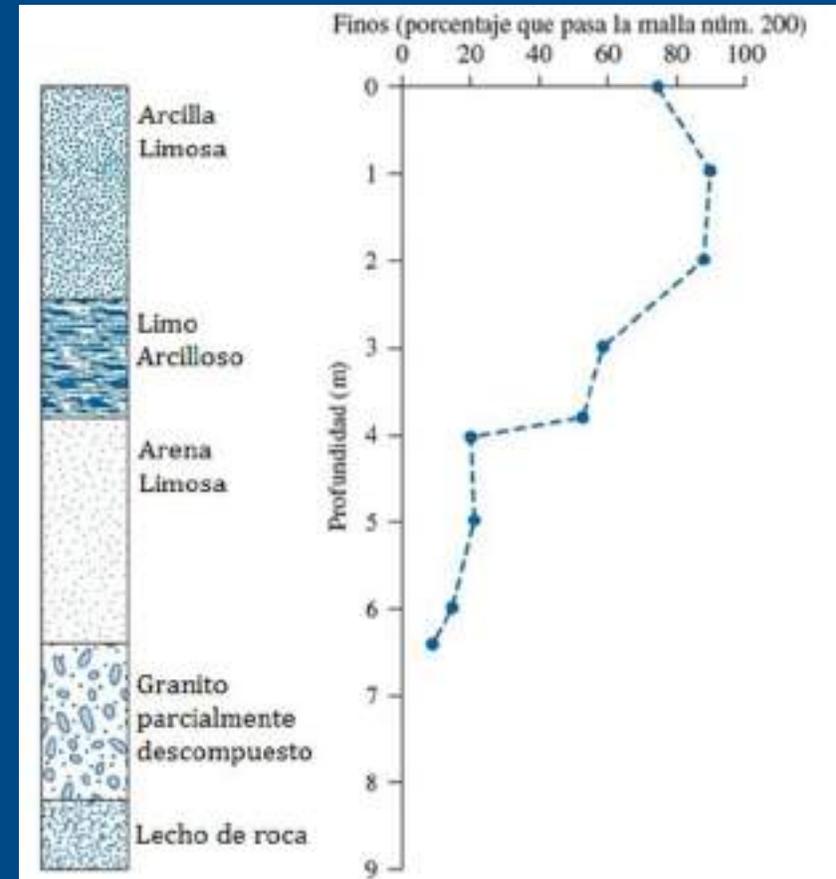


Conceptos de Mecánica de Suelos

- Origen de los suelos
- Tamaño de partículas
- Comportamiento de los suelos
- El agua en los suelos
- Resistencia
- Asentamientos y consolidación

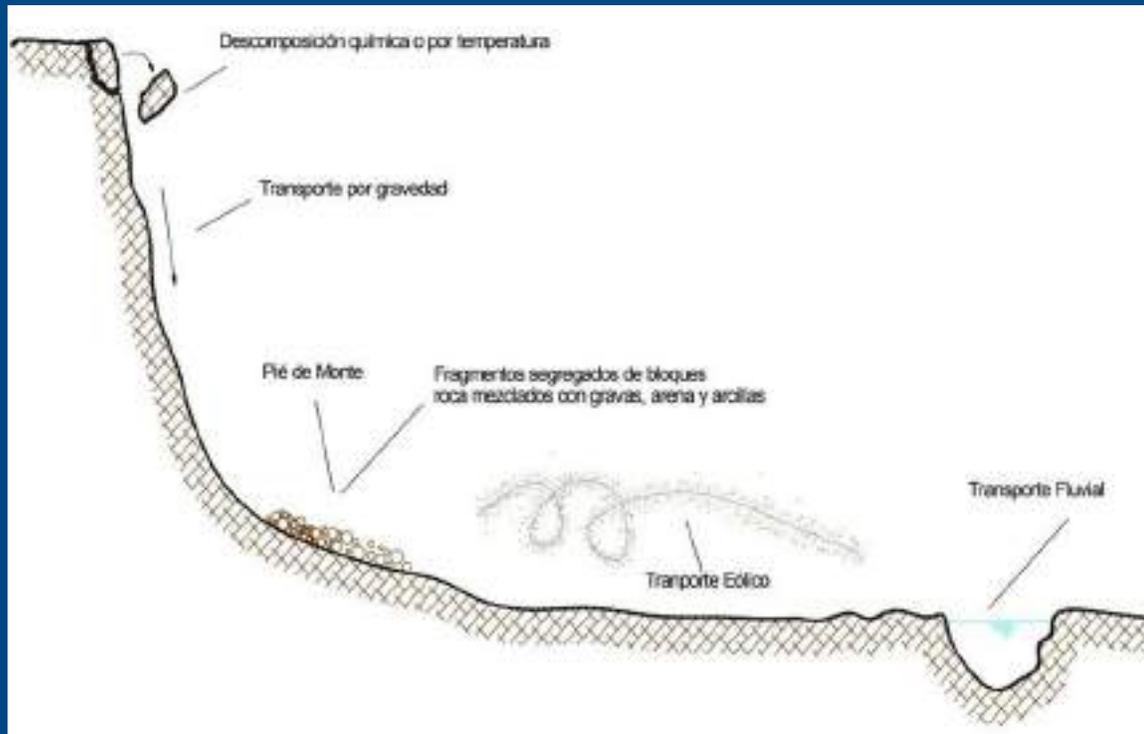
Conceptos de Mecánica de Suelos

Origen de los suelos Suelos residuales



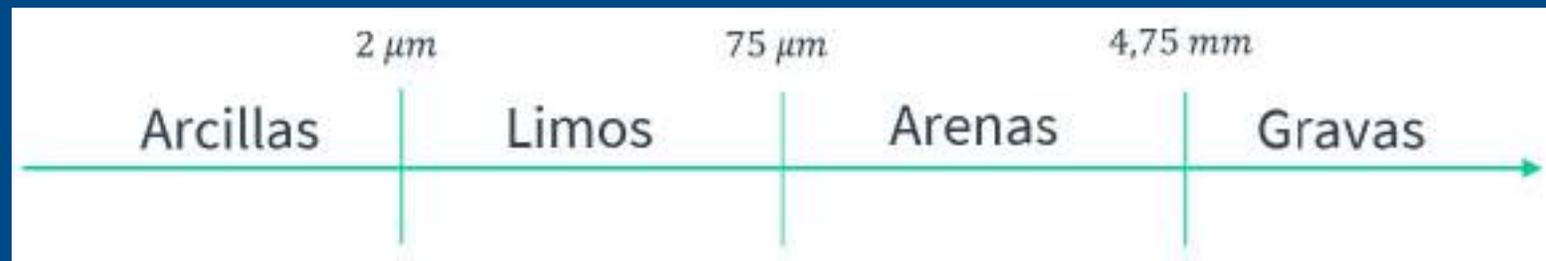
Conceptos de Mecánica de Suelos

Origen de los suelos Suelos transportados



Conceptos de Mecánica de Suelos

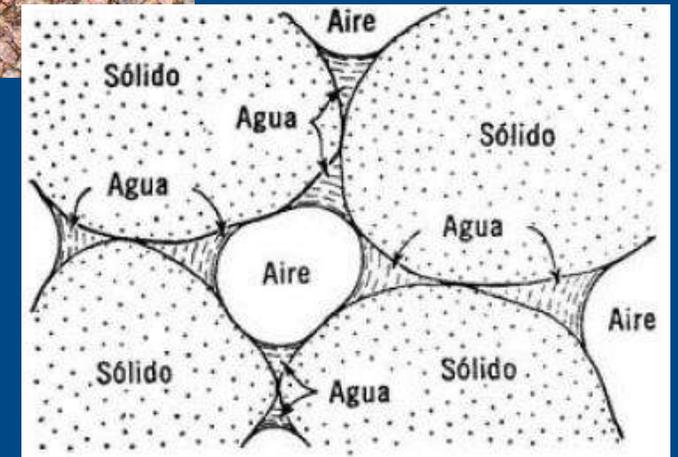
Tamaño de las partículas



Conceptos de Mecánica de Suelos

Comportamiento de los suelos

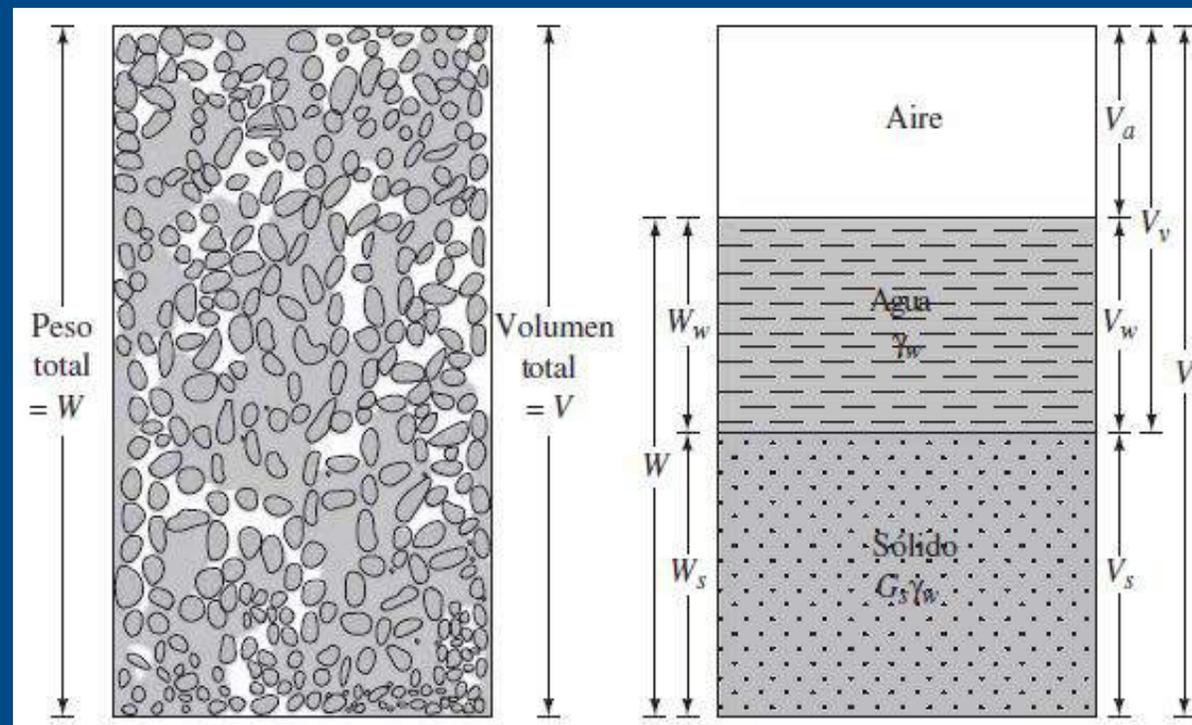
- Agregado no cementado de
 - granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas)
 - líquido y gas que ocupan los espacios entre las partículas sólidas
- Es un sistema multifase



Conceptos de Mecánica de Suelos

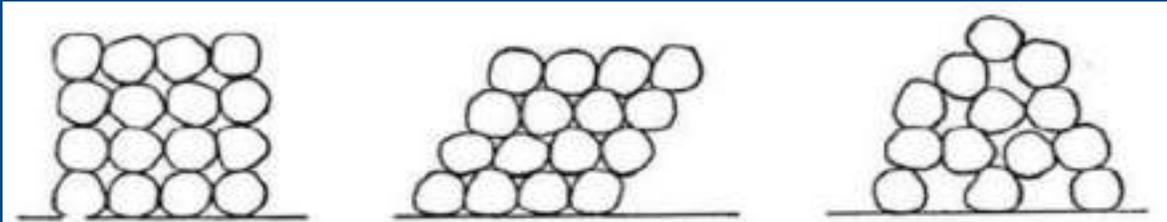
Comportamiento de los suelos

- Agregado no cementado de
 - granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas)
 - junto con el líquido y gas que ocupan los espacios entre las partículas sólidas
- Es un sistema multifase
- En general, en un volumen dado de suelo hay
 - Partículas sólidas al azar con espacios vacíos
 - Espacios vacíos, continuos, ocupados por agua, aire o ambos

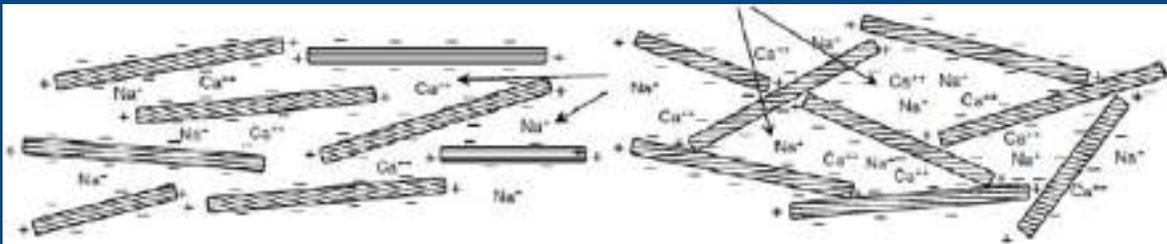


Conceptos de Mecánica de Suelos

Comportamiento de los suelos Suelos granulares



Suelos cohesivos

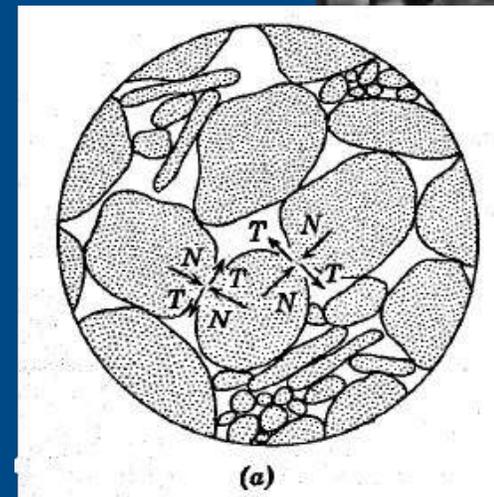
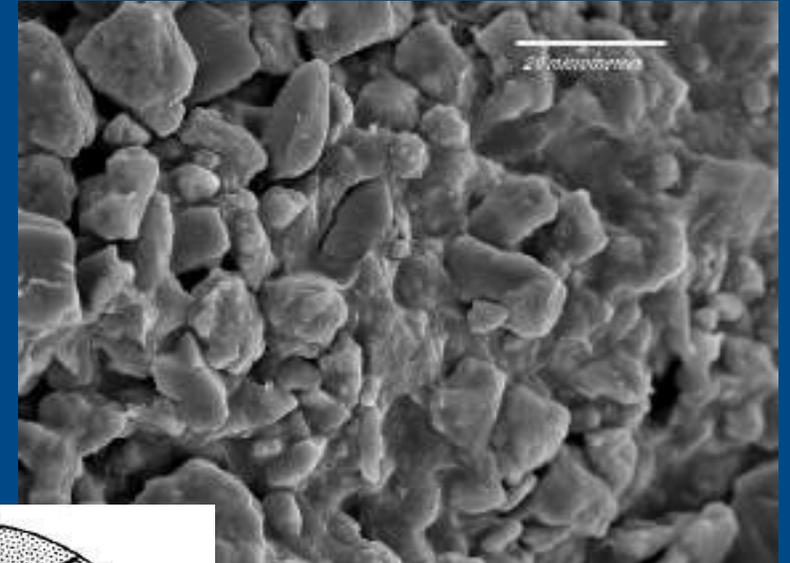


- Comportamiento
 - Dominado por contacto entre partículas
- Factores influyentes:
 - Tamaño, forma de las partículas, densidad relativa (suelto/denso)
- Comportamiento
 - Dominado por fuerzas electrostáticas
- Factores influyentes:
 - Tipo de mineral arcilloso, tipo de fluido en los poros, historia del suelo

Conceptos de Mecánica de Suelos

Comportamiento mecánico de los suelos

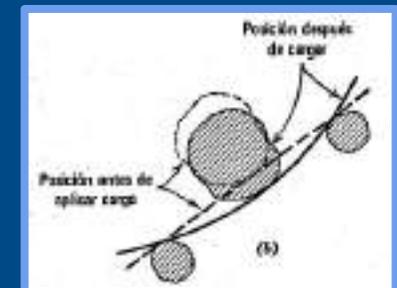
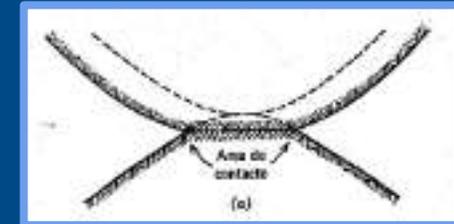
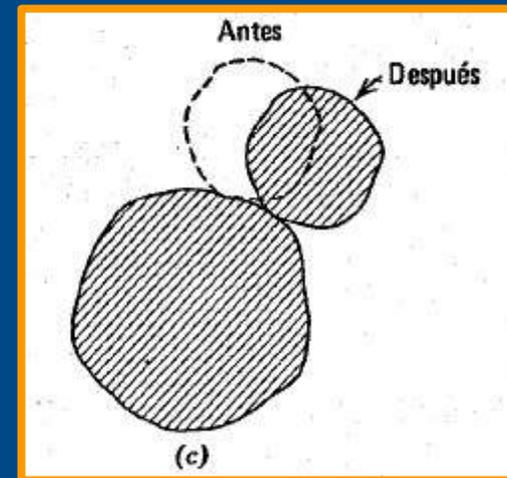
- Se trabaja desde la mecánica de sistemas de partículas (no como mecánica de un sólido)
- Se busca conocer la distribución de esfuerzos (tensiones o presiones) y deformaciones en la masa del suelo
 - En los contactos entre partículas hay fuerzas Normales y Tangenciales al plano de contacto



Conceptos de Mecánica de Suelos

Comportamiento mecánico de los suelos

- Se trabaja desde la mecánica de sistemas de partículas (no como mecánica de un sólido)
- Se busca conocer la distribución de esfuerzos (tensiones o presiones) y deformaciones en la masa del suelo
 - En los contactos entre partículas hay fuerzas Normales y Tangenciales al plano de contacto
 - La deformación de la masa de suelo es la suma del deslizamiento relativo de las partículas y la deformación individual



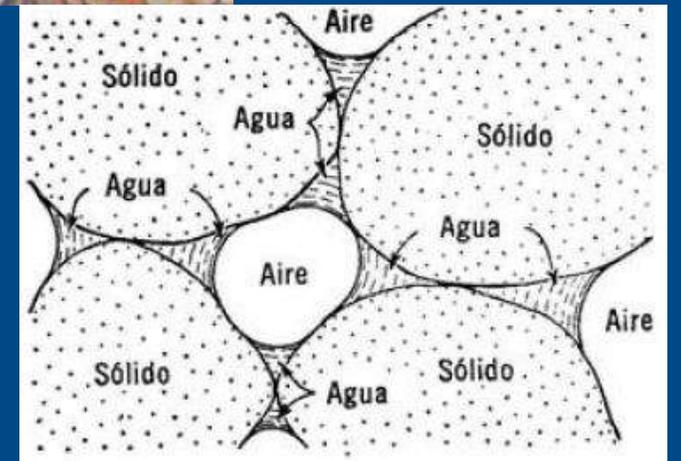
Conceptos de Mecánica de Suelos

El agua en el suelo

El suelo tiene vacíos interconectados por donde el agua puede fluir.

El agua:

- Modifica cómo se asocian las partículas de suelo (interacción química)
- Influye en la magnitud de las fuerzas transmitidas entre las partículas (interacción física)
- Nivel Freático: es el nivel para el cual la presión del agua en los poros, es igual a la presión atmosférica



Conceptos de Mecánica de Suelos

El agua en el suelo

- La Ley de Darcy rige el flujo en suelos, en una dirección y a bajas velocidades
- El caudal Q es proporcional a la pérdida de carga por unidad de longitud (gradiente hidráulico)
- La conductividad hidráulica “ k ” es la “facilidad” con que los fluidos fluyen por los intersticios del suelo. (Entre otros) es función de
 - Tipo de fluido y sus propiedades
 - Tipo suelo y estructura

$$Q = k \frac{\Delta h}{L} A = kiA$$

Tabla 6.1 Valores típicos de conductividad hidráulica para suelos saturados

Tipo de suelo	k (cm/s)
Grava limpia	100–1
Arena gruesa	1.0–0.01
Arena fina	0.01–0.001
Arcilla limosa	0.001–0.00001
Arcilla	<0.000001

Conceptos de Mecánica de Suelos

Resistencia de los suelos

Ante esfuerzos externos, los suelos se deforman

Si se aumentan los esfuerzos

- se alcanzará un punto en el cual no puede resistir un nuevo aumento del esfuerzo.
- las deformaciones se vuelven muy grandes

Decimos que el suelo ha "fallado": ha alcanzado la tensión máxima que puede soportar



Conceptos de Mecánica de Suelos

Resistencia de los suelos

Las partículas son rígidas individualmente, no se rompen en el nivel usual de presión al que están sometidos los suelos bajo fundaciones o muros

La resistencia del suelo proviene de

- la fricción entre partículas
- la cohesión (capacidad de adherirse entre sí de las partículas)

La fricción depende de la presión en los contactos entre las partículas

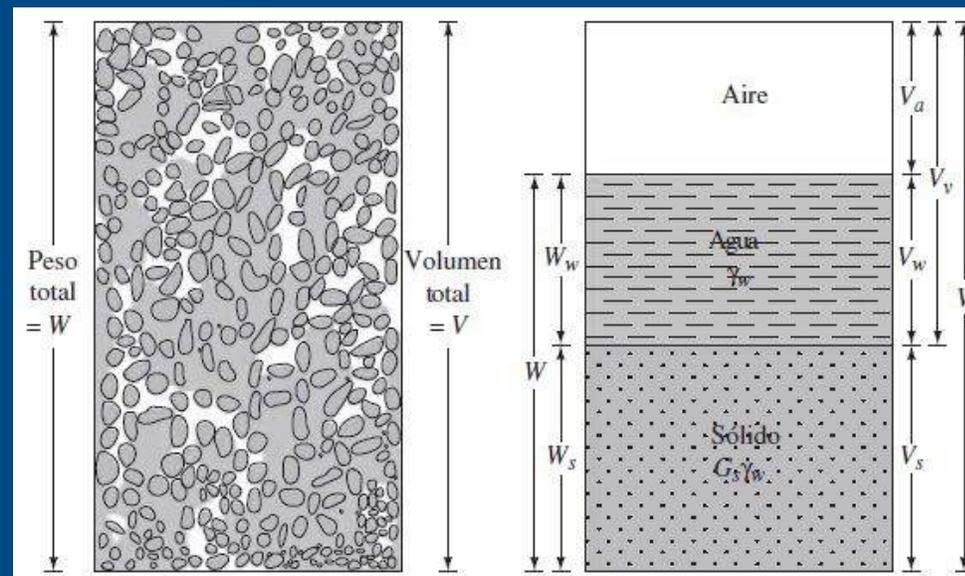


Conceptos de Mecánica de Suelos

Asentamientos

Un aumento de la presión sobre el suelo, comprime sus capas

- Principalmente
 - por el desplazamiento del aire y agua que ocupa los vacíos entre granos
- En menor medida:
 - por la deformación de las partículas minerales
 - la reorientación de las partículas



Asentamiento: “cambio de volumen por el aumento de esfuerzos verticales, debido a la eliminación de aire y agua que estaba en los vacíos entre partículas”

Conceptos de Mecánica de Suelos

Asentamientos

Parte de los asentamientos suceden inmediatamente después de aplicada la carga y otra parte con el correr del tiempo

$$\delta_{\text{Total}} = \delta_{\text{instantáneo}} + \delta_{\text{diferido}}$$

- Asentamiento instantáneo
 - Son de orden de magnitud pequeño
 - Causado por la deformación elástica sin cambio en el contenido de humedad
- Asentamiento diferido
 - Sobretudo en suelos finos
 - Causado por expulsión de agua
 - Interesa conocer,
 - cuánto se asienta
 - en cuánto tiempo

Conceptos de Mecánica de Suelos

Asentamientos diferidos

Cuando aumentamos la presión externa en un suelo saturado, la presión del agua en los poros se incrementa repentinamente

- En suelos arenosos
 - la permeabilidad es alta
 - el drenaje es casi inmediato
 - al drenar
 - baja el exceso de presión en los poros
 - se reduce el volumen de la masa de suelo, que se asienta
- En arcillas compresibles, saturadas
 - la permeabilidad es baja
 - el exceso de presión en los poros se disipa más lento
 - el cambio de volumen puede continuar por mucho tiempo
 - la magnitud del asentamiento puede ser varias veces mayor que el asentamiento instantáneo

Conceptos de Mecánica de Suelos

Asentamientos diferidos

Cuando aumentamos la presión externa en un suelo saturado, la presión del agua en los poros se incrementa repentinamente

Este proceso se conoce como **consolidación**

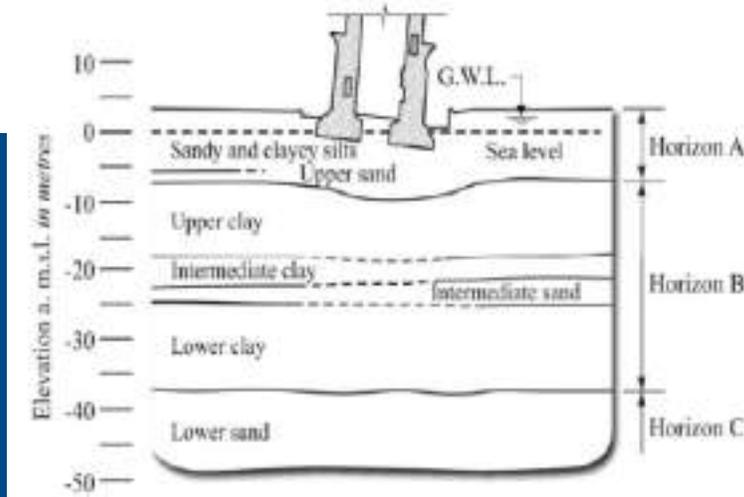
- Depende de varios factores
 - composición del suelo
 - historia de los esfuerzos
 - forma de aplicación del esfuerzo

- En arcillas compresibles, saturadas
 - la permeabilidad es baja
 - el exceso de presión en los poros se disipa más lento
 - el cambio de volumen puede continuar por mucho tiempo
 - la magnitud del asentamiento puede ser varias veces mayor que el asentamiento instantáneo

Conceptos de Mecánica de Suelos

Consolidación - Torre de Pisa (Italia)

- Altura 56m
 - Inicio de construcción: 1173
 - 1178: 3 pisos (50m), 3 cm de asentamiento (sur)
 - 1278: última planta (7 pisos, 80 cm de desplome)
 - 1838: $>5^\circ$ de giro, 80 cm de asentamiento, 3.4m de desplome
- Actualidad: $3,97^\circ$ (se intervino)
- Los estratos "A" y "B" asentaron aproximadamente 3,5 m (arenas, limos arenosos y arcillas)



Conceptos de Mecánica de Suelos

Consolidación - Ciudad de México

- 16 millones de habitantes (20 en el área metropolitana)
- 1500 km² de superficie
- Se asienta sobre suelos del antiguo lago Texcoco
 - blandos, altamente compresibles
- Sobreexplotación de acuíferos
 - inicios del siglo XX
 - Hundimiento de 5 a 7 cm por año



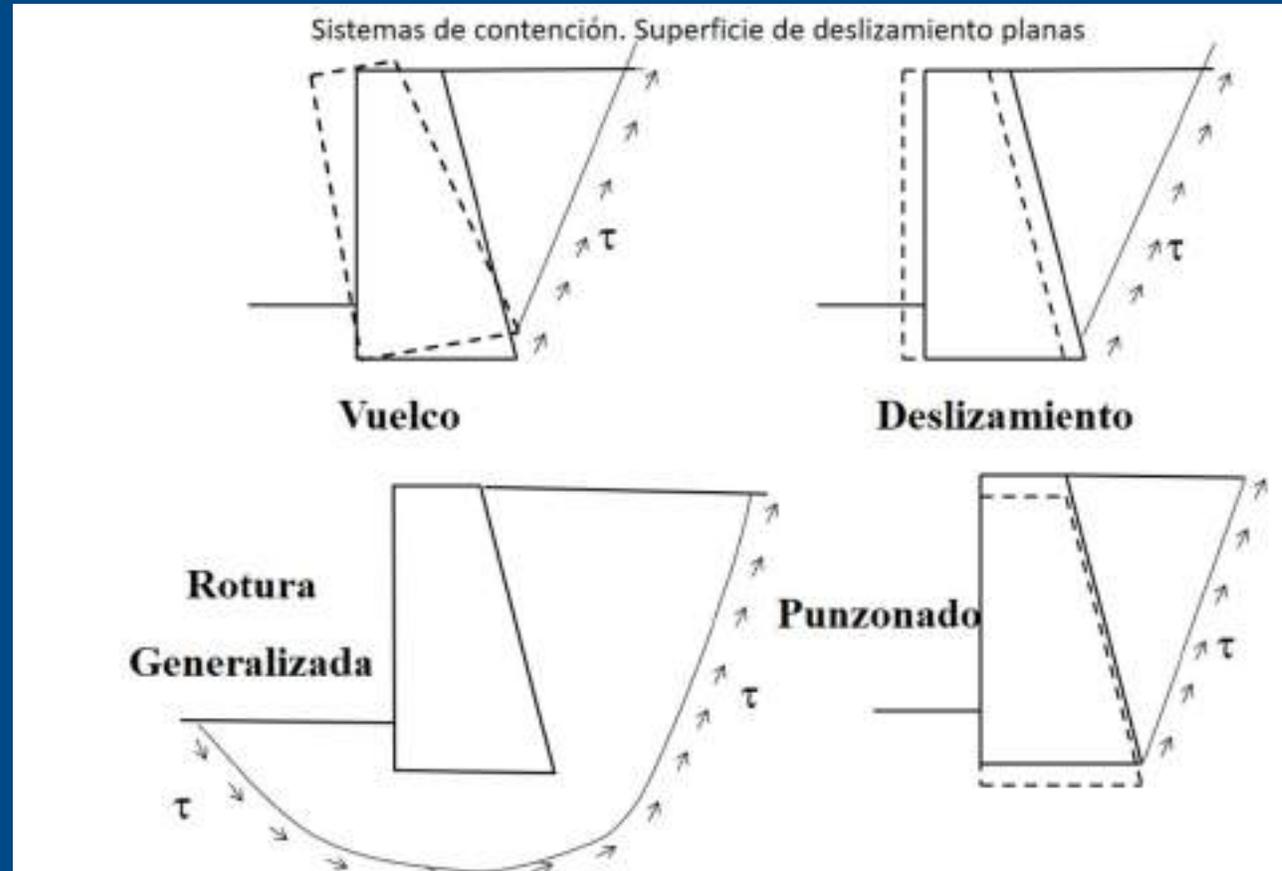
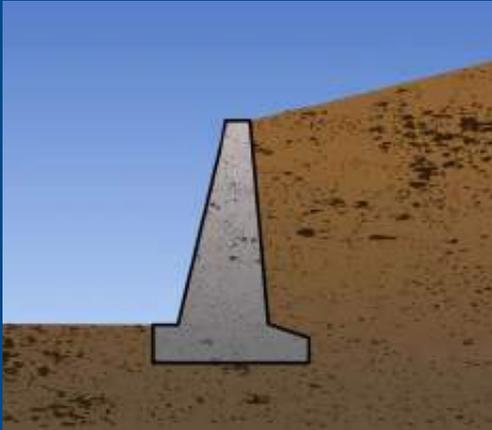
Conceptos de Mecánica de Suelos

Consolidación - Ciudad de México



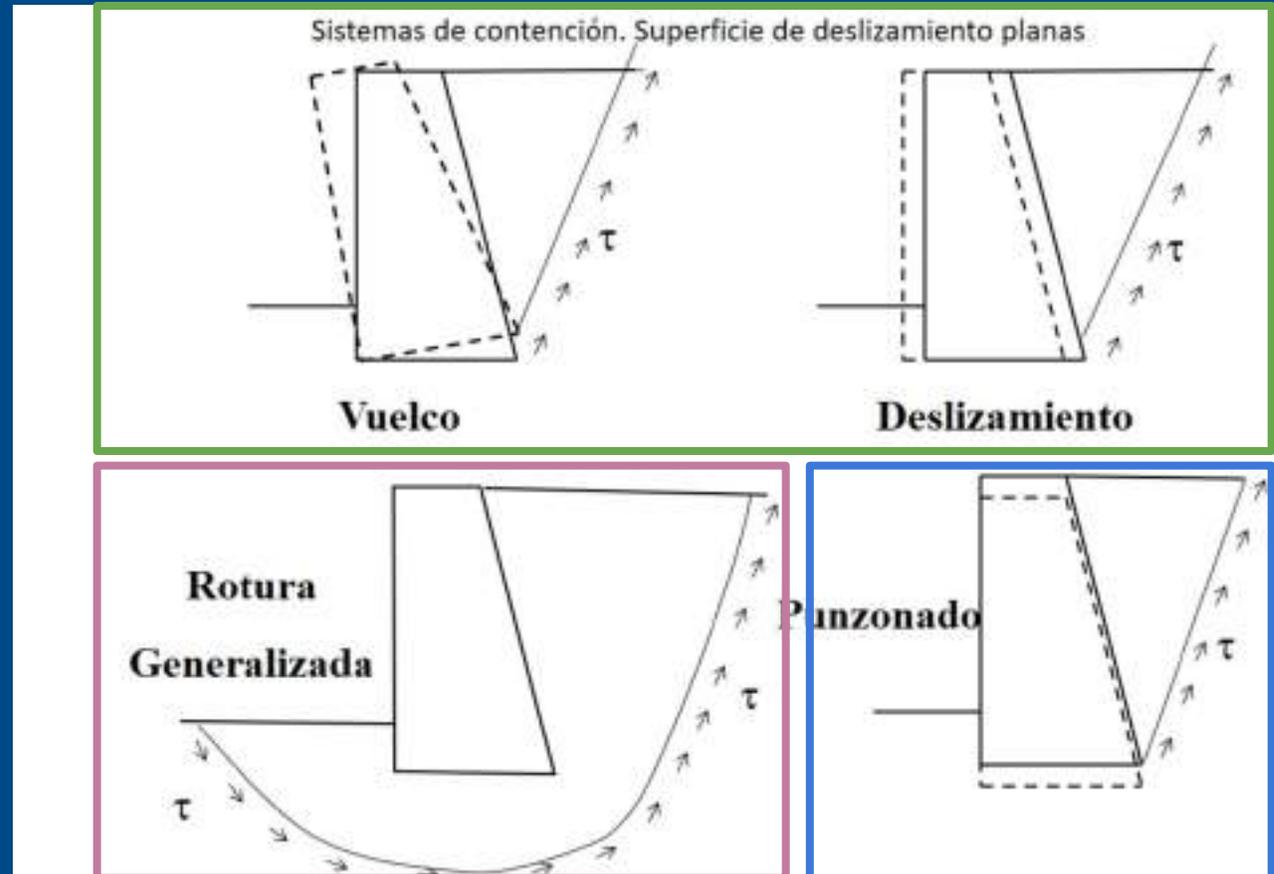
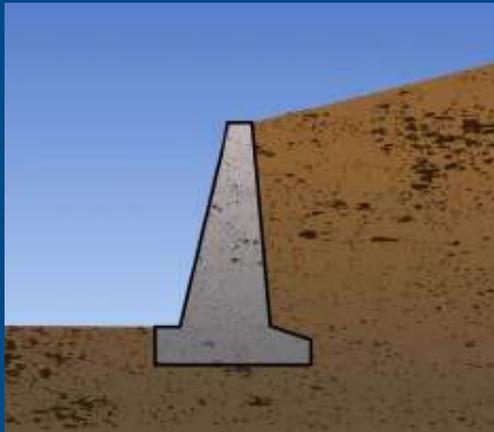
Conceptos de Mecánica de Suelos

Modos de falla



Conceptos de Mecánica de Suelos

Modos de falla



Empuje de
suelos

Estabilidad de
taludes

Fundaciones
superficiales

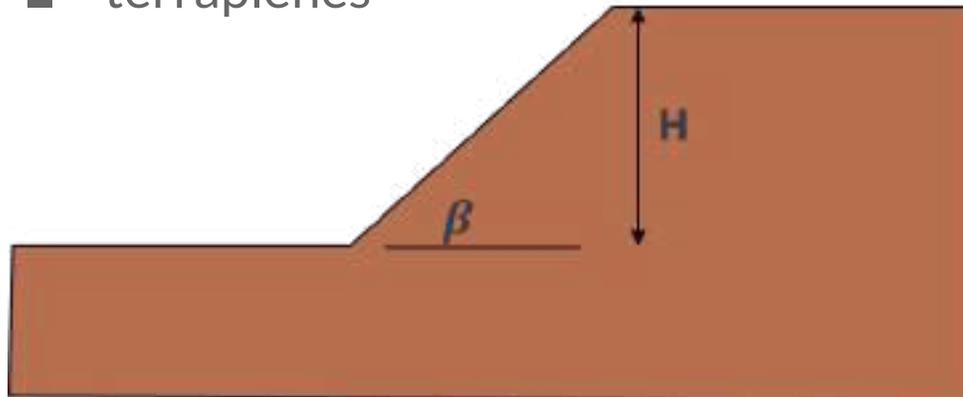
Estabilidad de taludes

- ¿Qué es un talud?
- Falla de un talud
- Mecanismo de falla

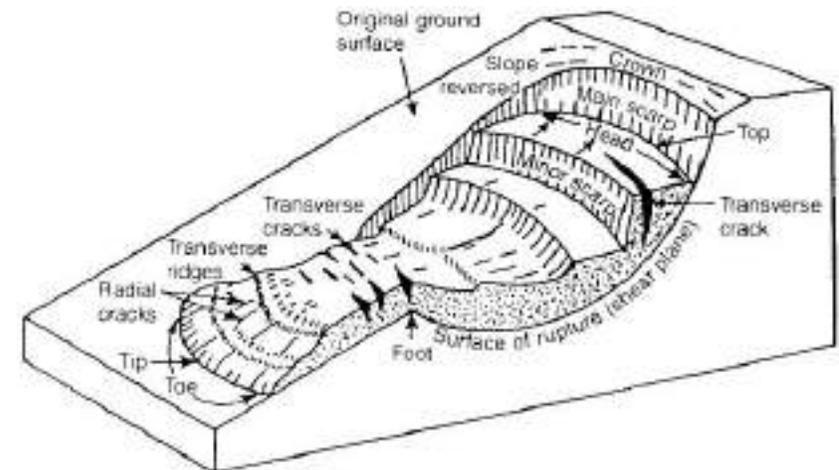
Estabilidad de taludes

¿Qué es un talud?

- Superficie inclinada respecto a la horizontal permanente
 - de suelo o roca
 - naturales
 - artificiales
 - cortes
 - terraplenes



- La acción de la gravedad sobre el terreno inclinado hará que el suelo se mueva hacia abajo
 - Si se supera la resistencia del terreno, falla el talud

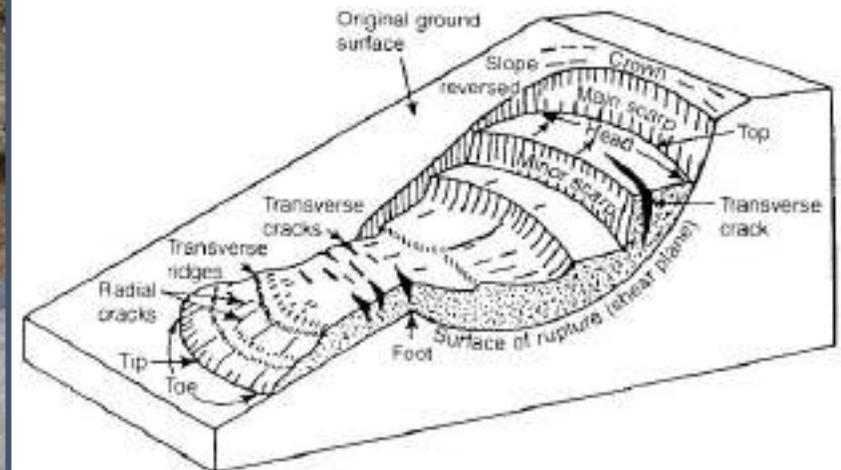


Estabilidad de taludes

Falla de un talud

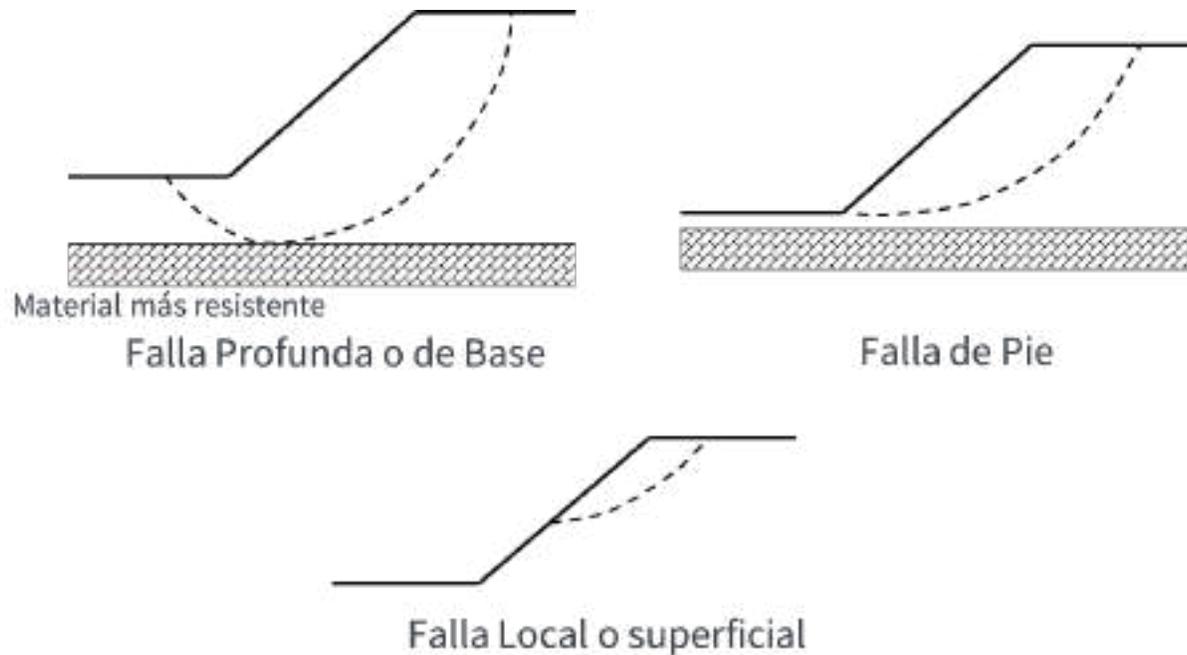


- La acción de la gravedad sobre el terreno inclinado hará que el suelo se mueva hacia abajo
 - Si se supera la resistencia del terreno, falla el talud



Estabilidad de taludes

Mecanismo de falla



- El macizo falla porque la masa de terreno por encima de la superficie se desplaza respecto a la masa inferior
 - La falla del terreno se produce a través de una superficie, donde el suelo supera su resistencia al corte
 - El método de análisis estudia el equilibrio entre las fuerzas que desplazan la masa de suelo, y las que lo resisten

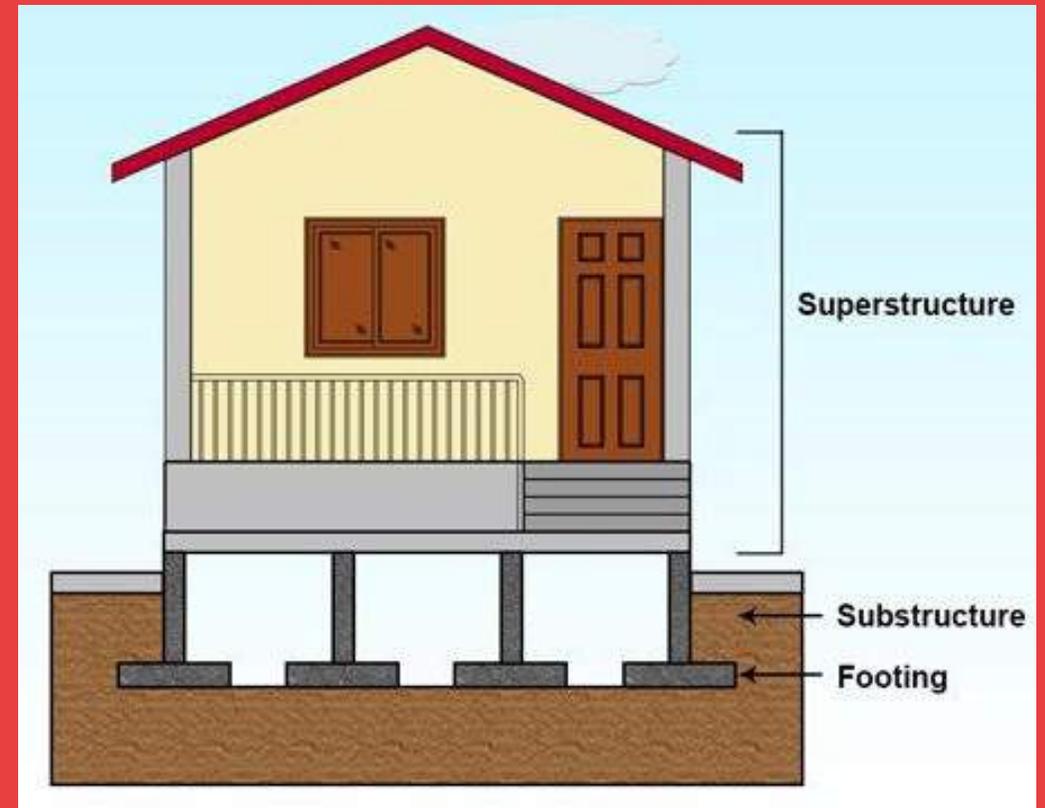
Fundaciones

- ¿Qué es una fundación?
- Sistemas de fundación
- Fundaciones superficiales
- Fundaciones profundas

Fundaciones

¿Qué es una fundación?

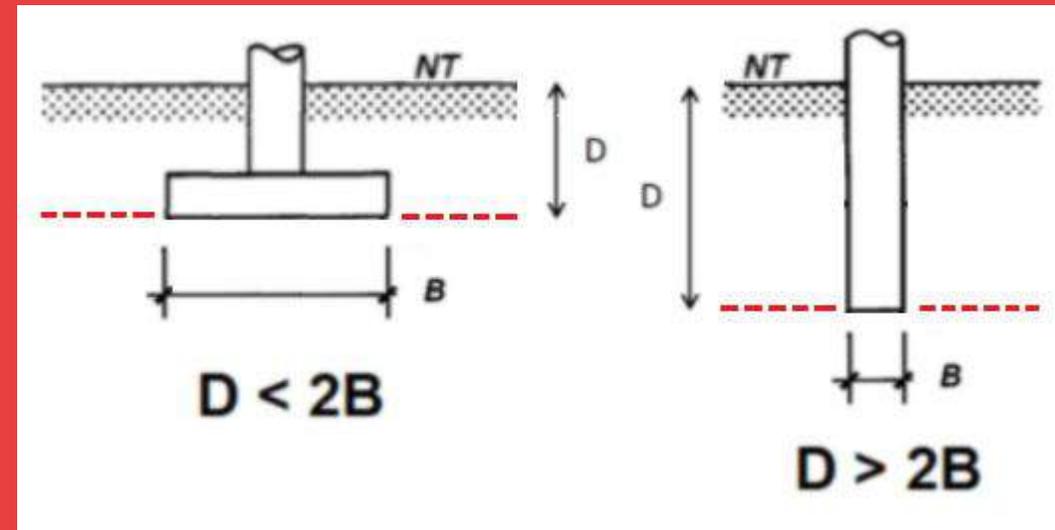
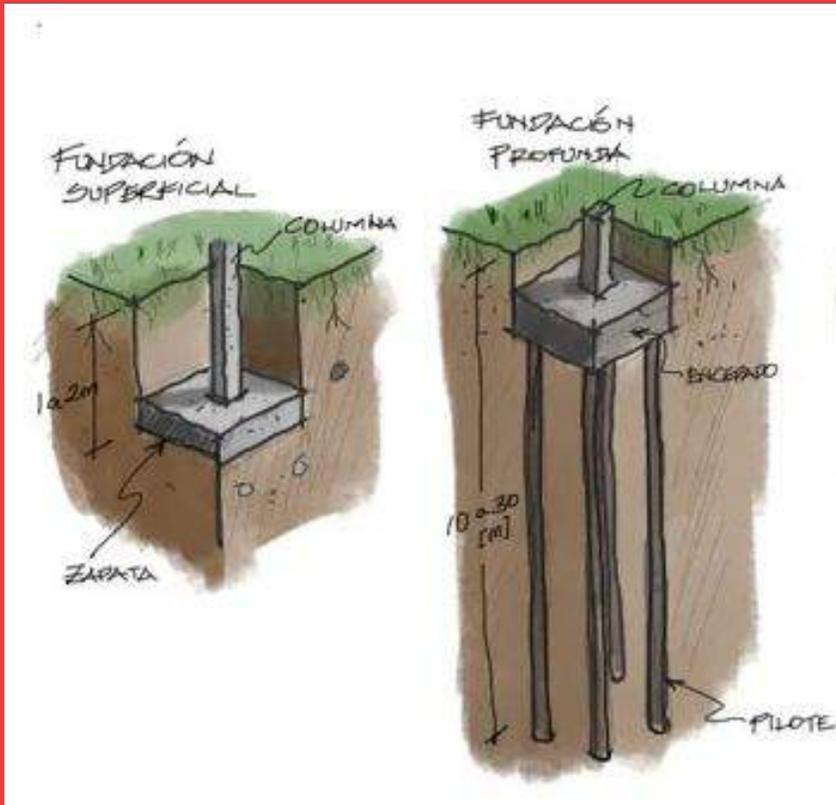
- Elemento estructural que transfiere las cargas de la estructura al terreno de apoyo
- Debe soportar las cargas y transferirlas al terreno sin que se produzcan deformaciones que perjudiquen la estructura, garantizando su estabilidad
- Una fundación adecuada transfiere la carga de la estructura al suelo sin sobrecargarlo:
 - asentamientos admisibles
 - no se produce falla de corte



Fundaciones

Tipos de fundaciones

- Se clasifican en función de la distancia de su cota de apoyo a la cota del terreno



Fundaciones Superficiales

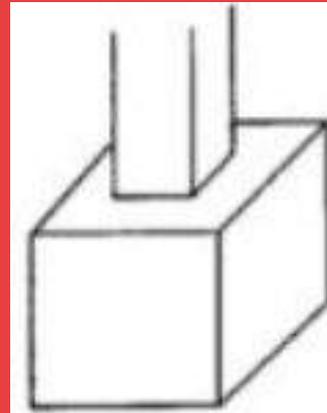
Fundaciones Profundas

Fundaciones

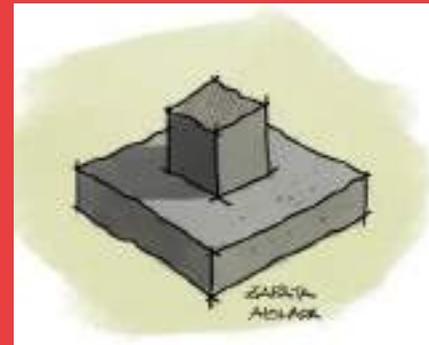
Fundaciones superficiales

- Transmiten los esfuerzos al terreno a través de su plano de apoyo

- **Dados:** de hormigón en masa, en general fundaciones aisladas.
Ejemplo: columnas de iluminación



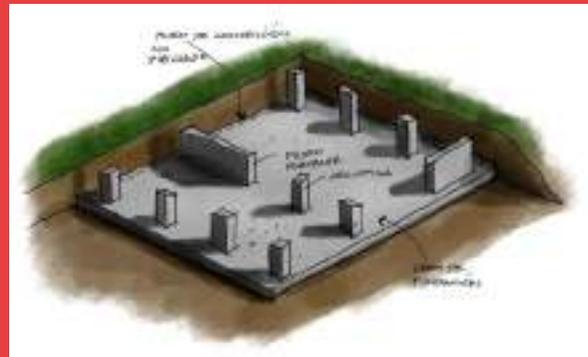
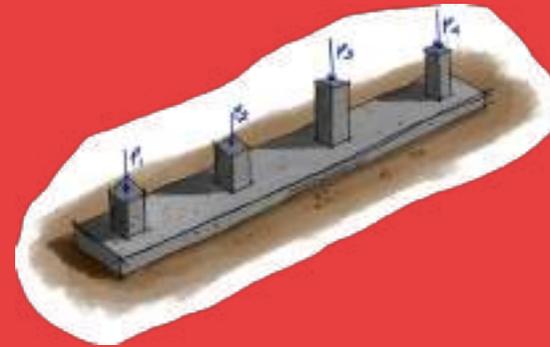
- **Zapatas o base:** de hormigón armado, superficie de apoyo más amplia.
Ejemplo: columnas de iluminación



Fundaciones

Fundaciones superficiales

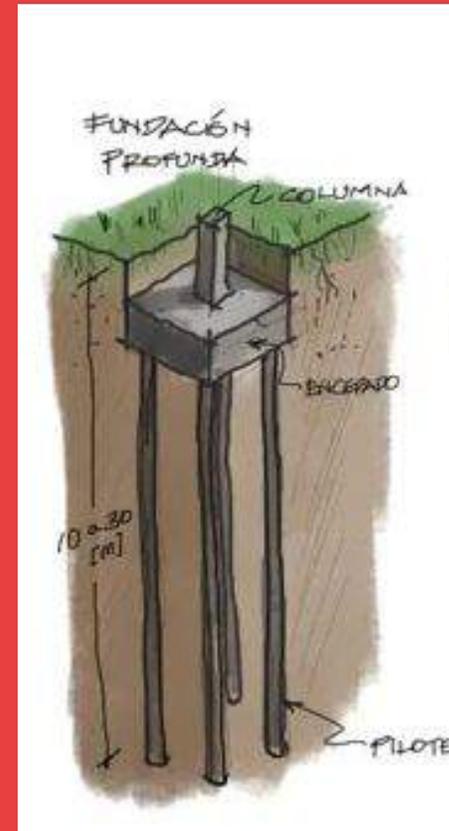
- **Viga de fundación:** para varias cargas puntuales cercanas, o muros
- **Losa de fundación, platea:** para construcciones livianas o terrenos con poca capacidad de carga



Fundaciones

Fundaciones profundas

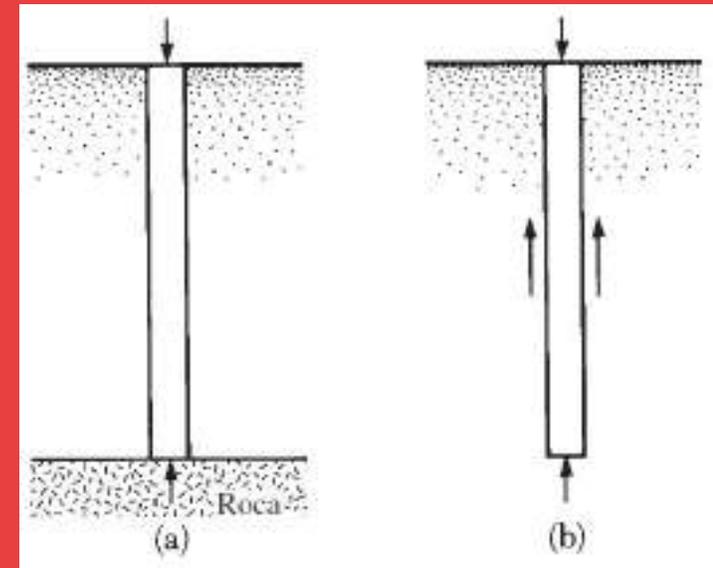
- Pilote: “columnas” de hormigón, madera o acero instaladas en el terreno
- Sección transversal pequeña, comparada con el largo
- Transmiten la carga al terreno por
 - su plano inferior (punta)
 - su superficie lateral (fuste)
- Transmiten cargas a terrenos profundos más resistentes



Fundaciones

Fundaciones profundas - usos

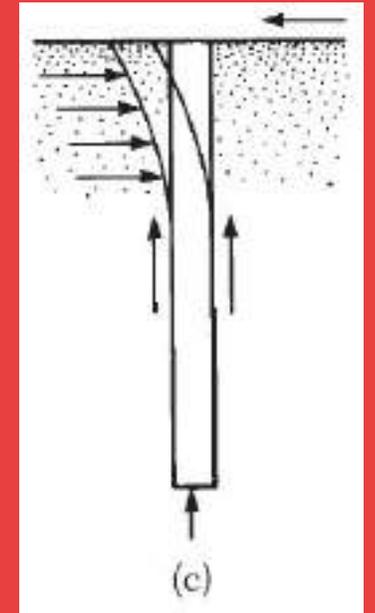
- Si las capas superiores del suelo son muy compresibles y/o poco resistentes, los pilotes transmiten la carga a una capa más resistente.



Fundaciones

Fundaciones profundas - usos

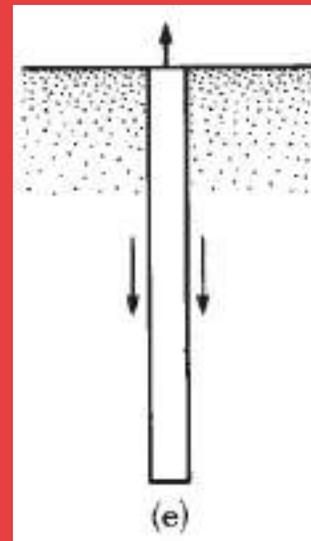
- Si las capas superiores del suelo son muy compresibles y/o poco resistentes, los pilotes transmiten la carga a una capa más resistente.
- Los pilotes son capaces de transmitir fuerzas horizontales (viento, frenado en puentes p.ej.)



Fundaciones

Fundaciones profundas – usos

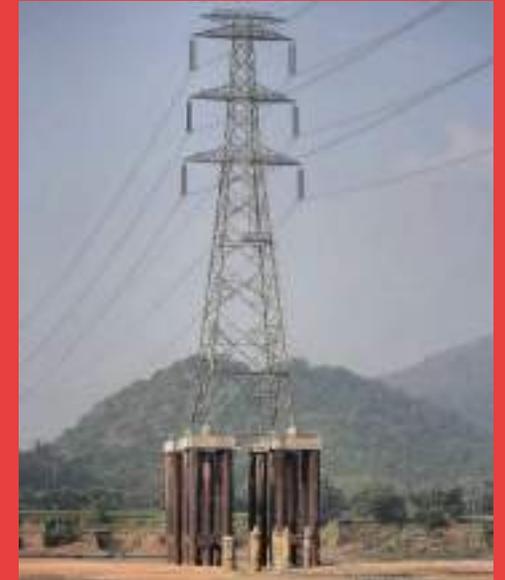
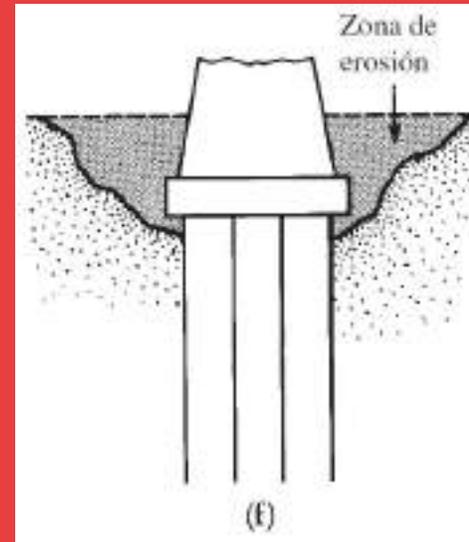
- Si las capas superiores del suelo son muy compresibles y/o poco resistentes, los pilotes transmiten la carga a una capa más resistente.
- Los pilotes son capaces de transmitir fuerzas horizontales (viento, frenado en puentes p.ej.)
- Pueden transmitir cargas de “arrancamiento”, por ejemplo en torres de alta tensión



Fundaciones

Fundaciones profundas - usos

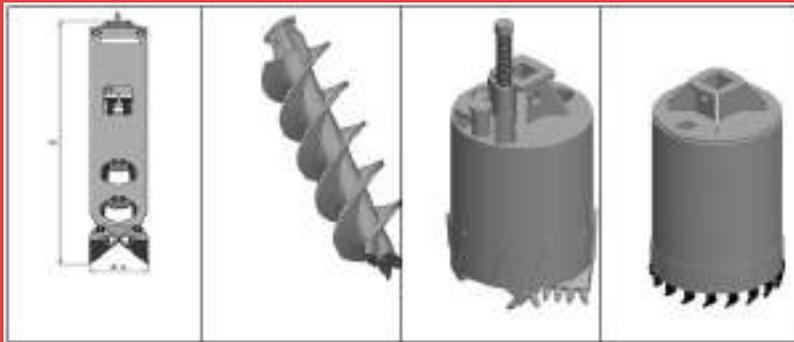
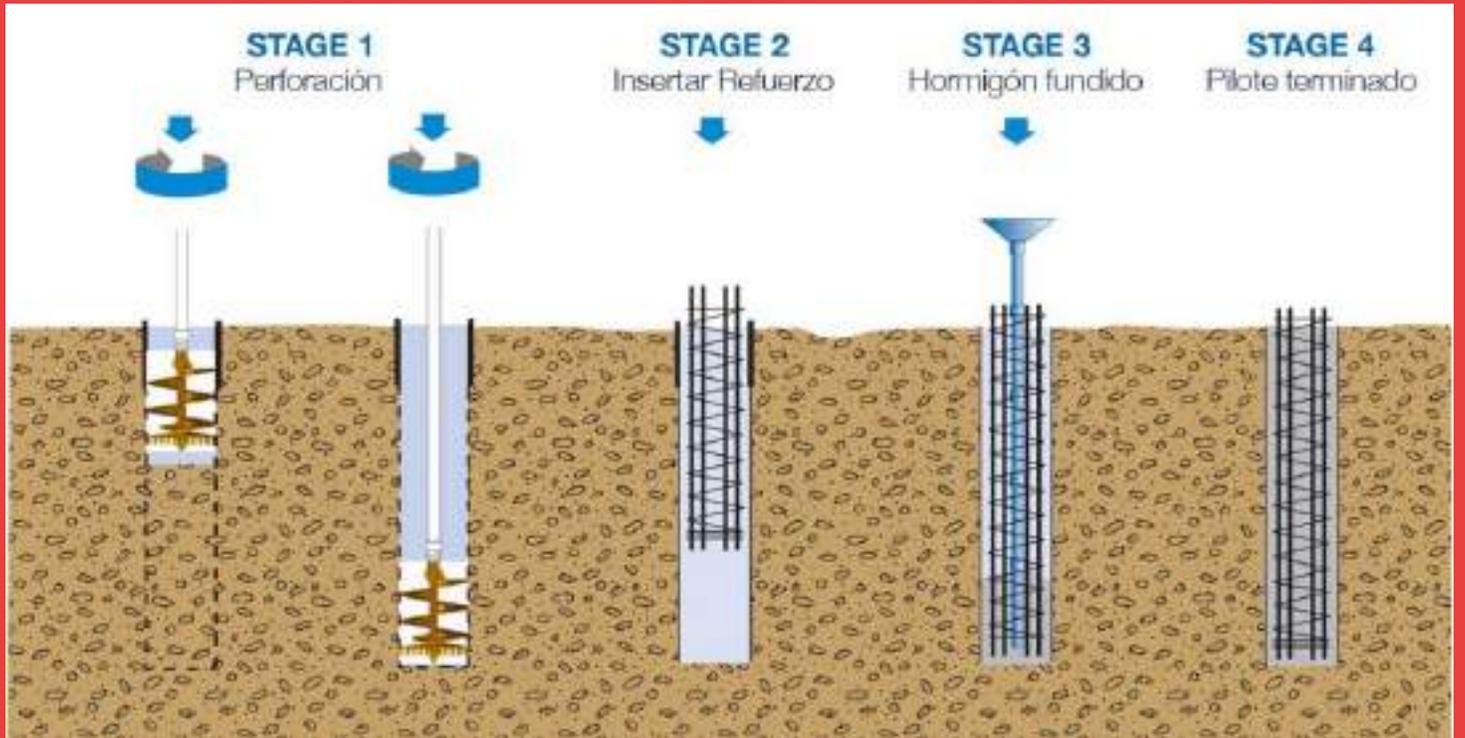
- Si las capas superiores del suelo son muy compresibles y/o poco resistentes, los pilotes transmiten la carga a una capa más resistente.
- Los pilotes son capaces de transmitir fuerzas horizontales (viento, frenado en puentes p.ej.)
- Pueden transmitir cargas de “arrancamiento”, por ejemplo en torres de alta tensión
- Puentes y muelles suelen ser construidos sobre pilotes para evitar la posible pérdida de capacidad de carga a causa de la erosión del suelo en la superficie del terreno.



Fundaciones

Fundaciones profundas - procedimientos

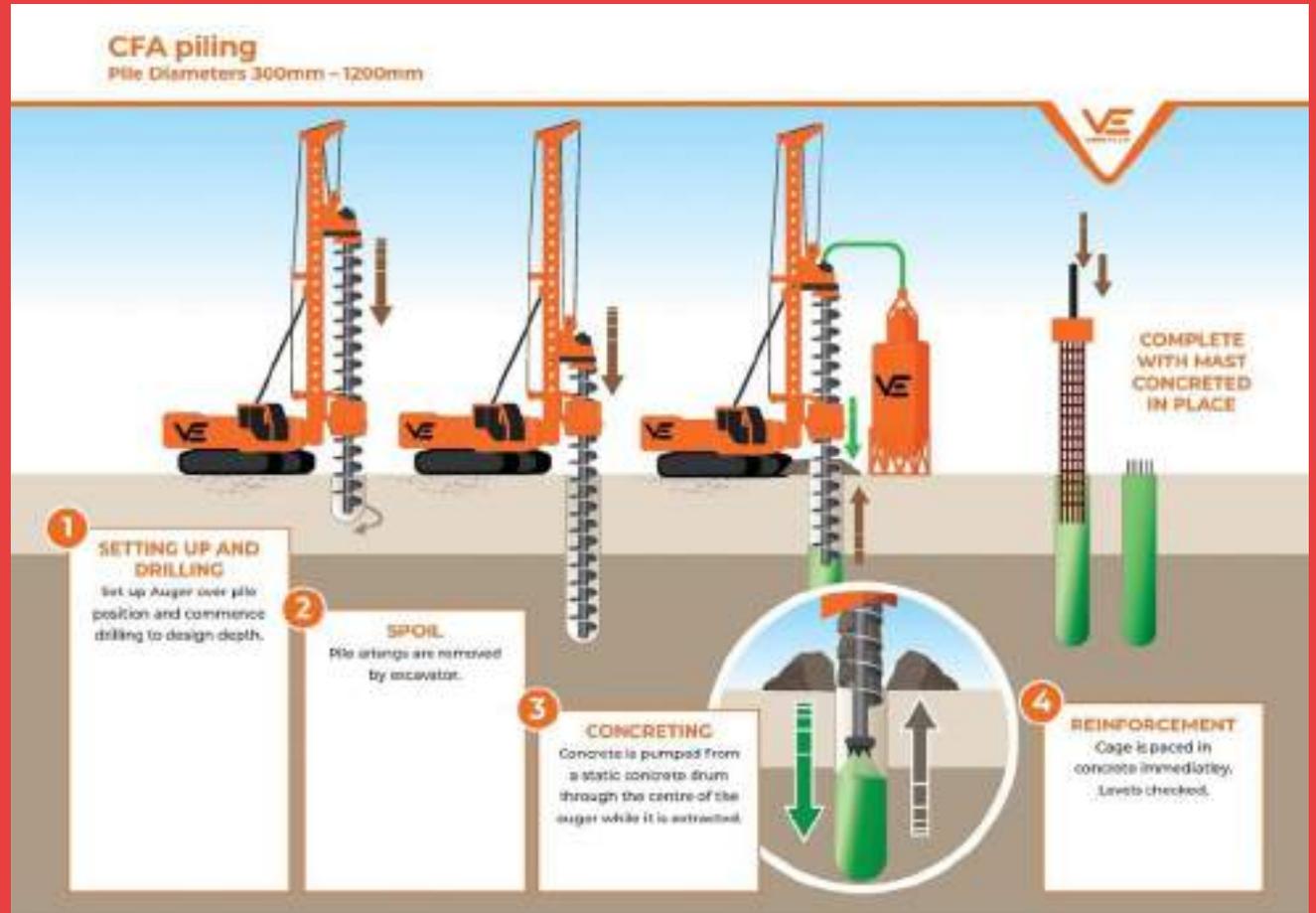
- Perforado



Fundaciones

Fundaciones profundas – procedimientos

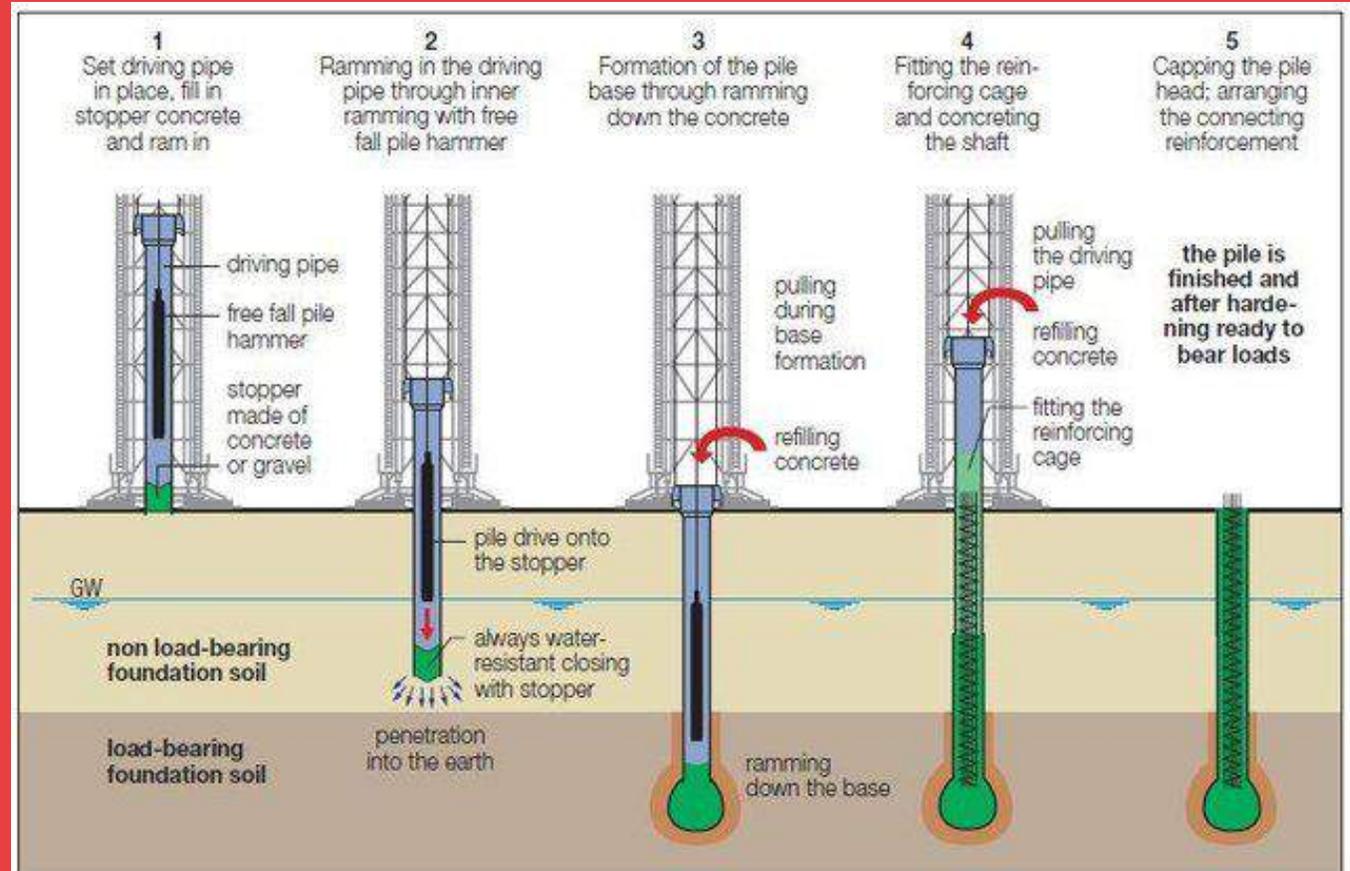
- Hélice continua (CFA)



Fundaciones

Fundaciones profundas – procedimientos

- Hincas de tubo o “Franki”



Empuje de suelos

- ¿Qué es el empuje de un suelo?
- Estructuras de contención

Empuje de suelos

¿Qué es el empuje de suelos?

- Supongamos dos niveles de terreno a distinta altura
- El desnivel en el suelo puede establecerse a través de
 - un talud
 - una corte vertical
- En general, el terreno no soporta un corte vertical a largo plazo, porque quitamos parte del terreno
- Se instalan o construyen **estructuras de contención** para soportar lateralmente la masa de suelo

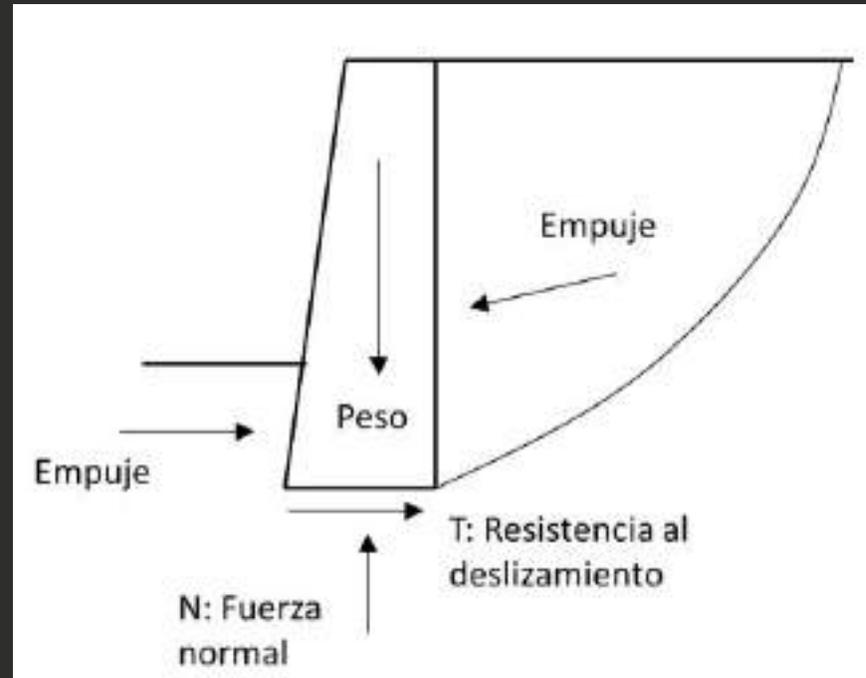
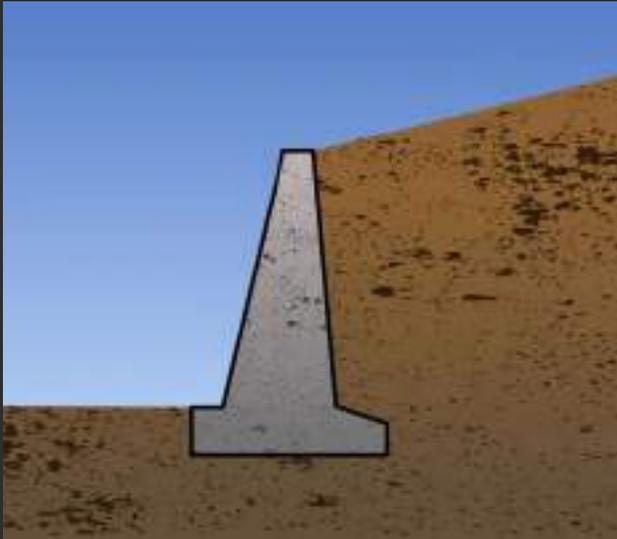
El empuje del suelo es la presión que ejerce el terreno contra la estructura que lo contiene



Empuje de suelos

Estructuras de contención – Muros

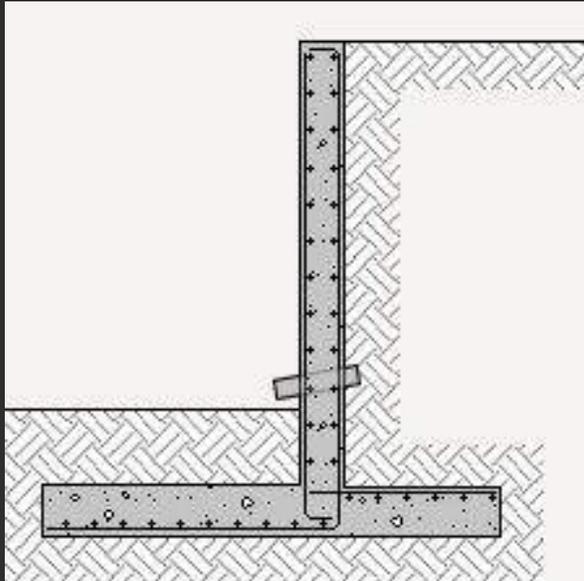
- De gravedad
 - Estabilidad debido a su peso
 - De piedra, hormigón o gaviones



Empuje de suelos

Estructuras de contención – Muros

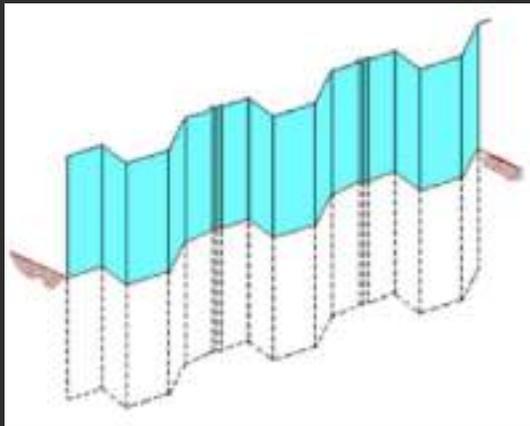
- Flexibles
 - Estabilidad por peso del relleno
 - En general, de hormigón



Empuje de suelos

Estructuras de contención – Cortinas

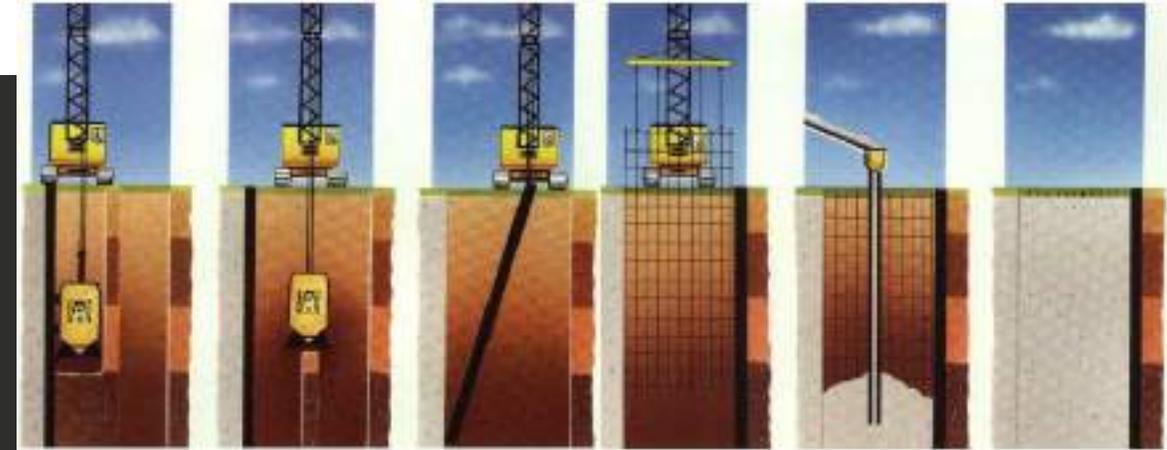
- Estructuras permanentes o temporales
- Estabilidad debida a empotramiento en el suelo o anclajes
 - Tablestacas
 - Paredes diafragma



Empuje de suelos

Estructuras de contención – Cortinas

- Estructuras permanentes o temporales
- Estabilidad debida a empotramiento en el suelo o anclajes
 - Tablestacas
 - Paredes diafragma



Resumen

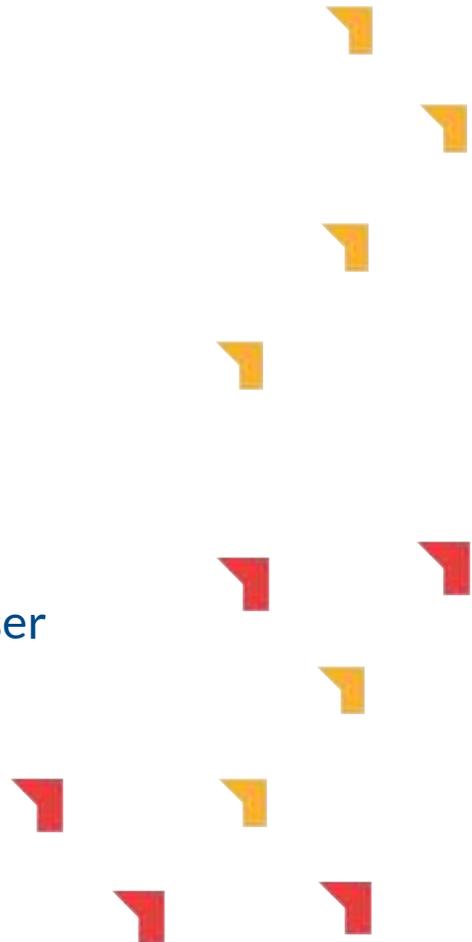
El suelo es un agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios.

Al aplicar un esfuerzo sobre la masa de suelo, se da una reducción de volumen por eliminación de aire y agua, que genera un asentamiento. En función del tipo de suelo, el asentamiento se puede dar a lo largo del tiempo con magnitudes importantes. El suelo falla cuando no puede resistir aumentos de esfuerzos, o cuando se deforma demasiado.

Un talud es una superficie inclinada respecto a la horizontal. Puede ser natural o artificial

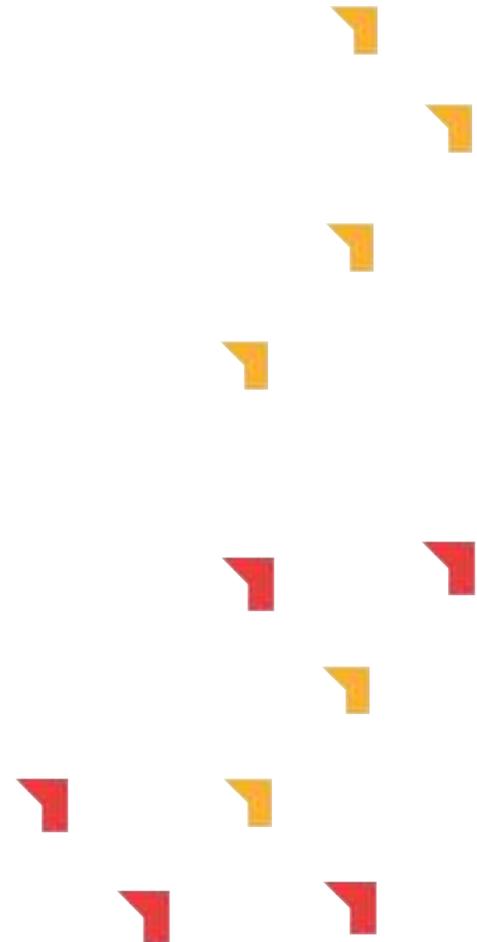
Las fundaciones son elementos que transmiten la carga de las estructuras al terreno. Pueden ser superficiales o profundas

El empuje de un suelo es la presión que ejerce. Los muros y cortinas son estructuras de contención de suelos.



Bibliografía

- Das, Braja M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica - Cuarta edición*. Cengage.
- Sowers, G. B. Sowers G. F. (1972) *Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa - Wiley
- Mitchell, J.K. Soga, K. (2005). *Fundamentals of Soil Behavior*. Wiley & Sons.
- Holtz, R.D. Kovacs, W.D. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice Hall.



Control de asistencia



e6yopz

