

TEMA 4 (Parte I)
Ley de Darcy. Flujos hidráulicos a través de terrenos.

4.1. Introducción

DEFINICIÓN DE SUELO:

geólogo, ingeniero agrónomo, arquitecto....

Delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de:

- desintegración de las rocas
- alteración física y/o química de las rocas
- residuos de las actividades de los seres vivos

ARQUITECTO:

- suelo: material de construcción
- sirve de cimentación para soportar estructuras

SUELOS MÁS COMUNES:

GRAVAS:

- acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas
- más de 2 mm de diámetro
- acarreadas por aguas: desgaste de arista, redondeadas

ARENAS:

- granos finos procedentes de denudación y trituración artificial de las rocas
- entre 2 y 0.5 mm de diámetro

LIMOS:

- limo inorgánico de canteras o limos orgánicos de los ríos
- entre 0.5 y 0.005 mm de diámetro

ARCILLAS:

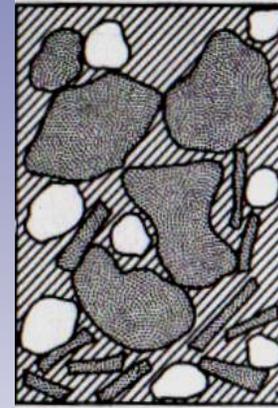
- partículas sólidas (silicato de hierro o magnesio) con diámetro menor de 0.005 mm

COMPOSICIÓN DEL SUELO:

Huecos, poros o intersticios: aire y/o agua con o sin materiales disueltos

DOS FASES:

- fase mineral o esqueleto mineral
- fase fluida o fluido intersticial

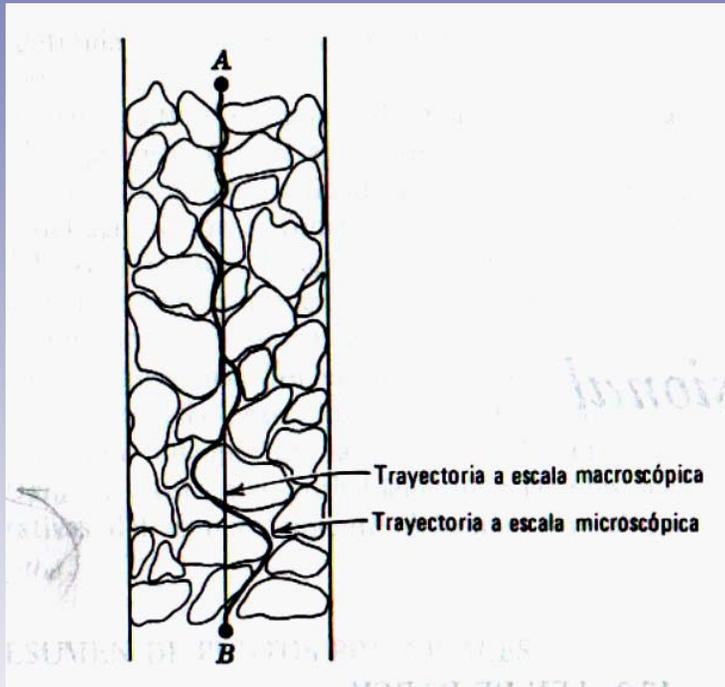


- Fluidos a través de ciertos materiales, terrenos, suelos: **MATERIALES PERMEABLES**

- Estudio interesante para cálculo de:

- 1) caudal de fugas o filtración a través de una presa de tierra
- 2) velocidad de asentamiento de una cimentación

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DEL PROCESO:

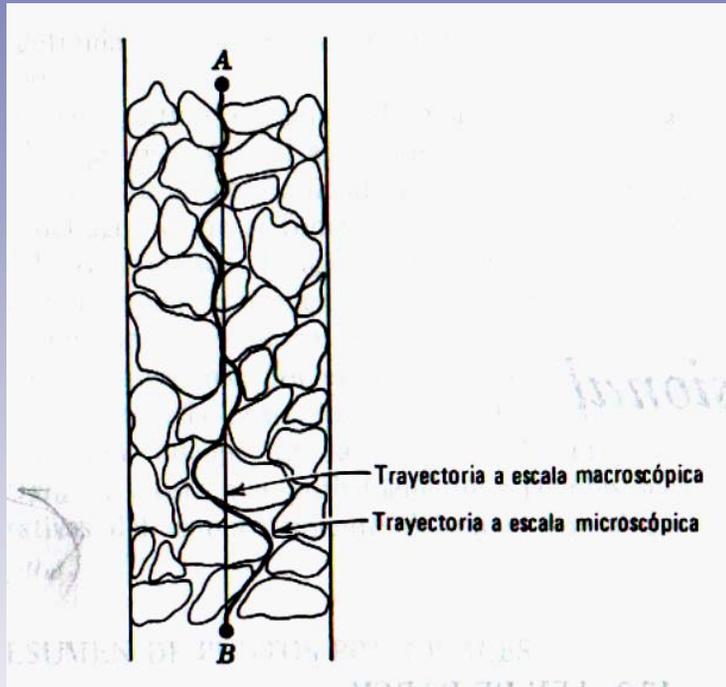


Descripción microscópica compleja

CAMINO REAL:

- camino ondulante de poro a poro
- velocidad: tamaño de poro y posición

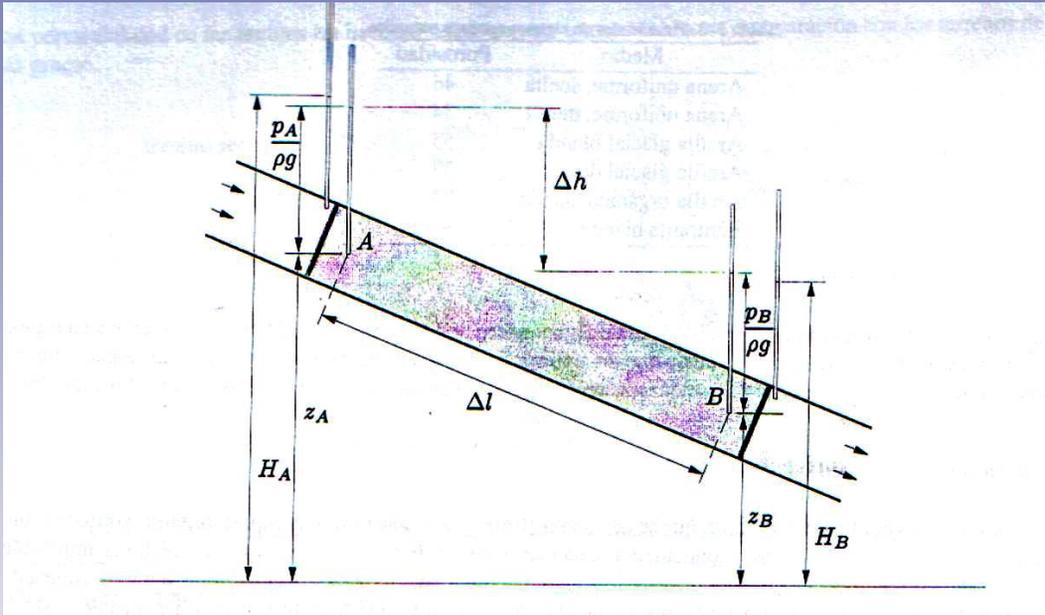
DESCRIPCIÓN EN PROBLEMAS REALES:



- línea recta entre puntos A y B
- flujo global a través de una sección
- velocidad efectiva

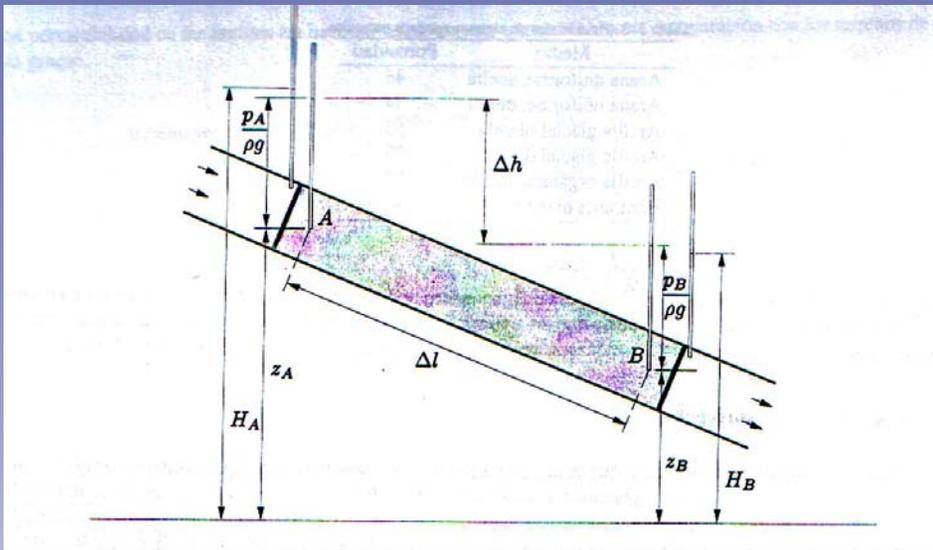
BASES ESTUDIOS DE HIDRAÚLICA:
Henry Darcy: ingeniero francés
- filtros: abastecimiento en Dijon (1856)

4.2. Ley de Darcy en una dimensión



EXPERIENCIA DEL PERMEÁMETRO:

- tubo de sección constante lleno de arena
- se hace circular agua
- se mide diferencia de alturas, presión y caudal
- se hace variar la distancia entre puntos



LEY DE DARCY

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{h_B - h_A}{\Delta l} = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

- base de la Mecánica de Suelos
- sufrió numerosos exámenes
- hay que estudiar su rango de validez

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

$$h_{total} = \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z$$

En flujos en medios permeables:

$$\frac{V^2}{2g} \ll \frac{P}{\rho g}, z \quad 0,5 \text{ m/minuto} \Rightarrow \text{altura de velocidad: } 0,005 \text{ mm}$$

Altura piezométrica ~ altura total

POTENCIAL HIDRAÚLICO Φ :

$$\Phi = \frac{P}{\rho g} + z \Rightarrow Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta l}$$

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta l}$$

SIGNO NEGATIVO DE LA LEY DE DARCY:

$$\frac{P_A}{\rho g} + z_A = \frac{P_B}{\rho g} + z_B + \Delta H \Rightarrow \Phi_B - \Phi_A = h_B - h_A \leq 0$$

- sentido del flujo: de los puntos de más a los de menos energía o potencial hidráulico (conducción del calor)
- el agua subterránea puede circular hacia arriba:

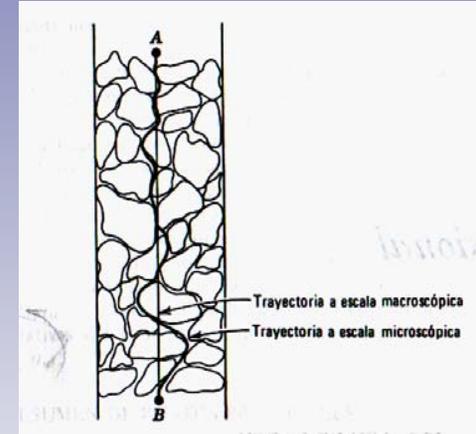
PROCESO DE CONSOLIDACIÓN

VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO:

$$Q = A \cdot V$$
$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta l} \quad \Rightarrow \quad V = -k \frac{\Delta\Phi}{\Delta l}$$

PROPIEDADES VELOCIDAD MEDIA:

- cantidad de fluido que se filtra por unidad de área y tiempo
- no es una velocidad real: no fluye por toda la sección
- promedio de las componentes de la velocidad microscópica en la dirección del flujo
- magnitud ficticia que permite calcular el tiempo necesario para que un fluido recorra una cierta distancia dentro de un fluido



a) RANGO DE VALIDEZ DE LA LEY DE DARCY:

1) VELOCIDADES PEQUEÑAS Y FLUJO LAMINAR

2) FLUJO SATURADO: la conductividad hidráulica depende del grado de humedad

CRITERIO: número de Reynolds para medios permeables:

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu}$$

- v: velocidad media o de filtración
- D: diámetro de las partículas
- ρ: densidad del fluido
- μ: viscosidad dinámica

- No existe número crítico: Re (0.1, 75)
- Suelo poroso: no es exactamente un conjunto de tubos rectos
- $Re \leq 1$

a) RANGO DE VALIDEZ DE LA LEY DE DARCY:

$Re = 1 \Rightarrow D = 0.5 \text{ mm}$: arenas gruesas

SITUACIONES POSIBLES:

SUELOS NATURALES: validez clara si el tamaño medio de grano es menor

SUELOS ARTIFICIALES: diques

Finalidad: alta permeabilidad

Velocidad lenta, bajos Re : válida ley de Darcy

b) CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA:

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta l}$$

K:

- coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica
- dimensiones de velocidad

- características del fluido y del suelo:
 - tamaño de las partículas
 - relación de vacíos (menor vacío, menor conductividad)
 - composición
 - estructura
 - grado de saturación

$$k = k_0 \frac{\rho g}{\mu}$$

k_0 : permeabilidad física o intrínseca, dependiente del medio

$$k_0 = \frac{nR^2}{8}$$

n : porosidad

b) CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA:

Valores de la conductividad hidráulica para distintos medios

Tipo de terreno	Conductividad hidráulica k (cm/seg)
Grava limpia	1,0 y mayor
Arena gruesa limpia	1,0 – 0,01
Arena mezclada	0,01 – 0,005
Arena fina	0,05 – 0,001
Arena sedimentada	0,002 – 0,0001
Cieno	0,00005 – 0,00001
Arcilla	0,000001 y menor