



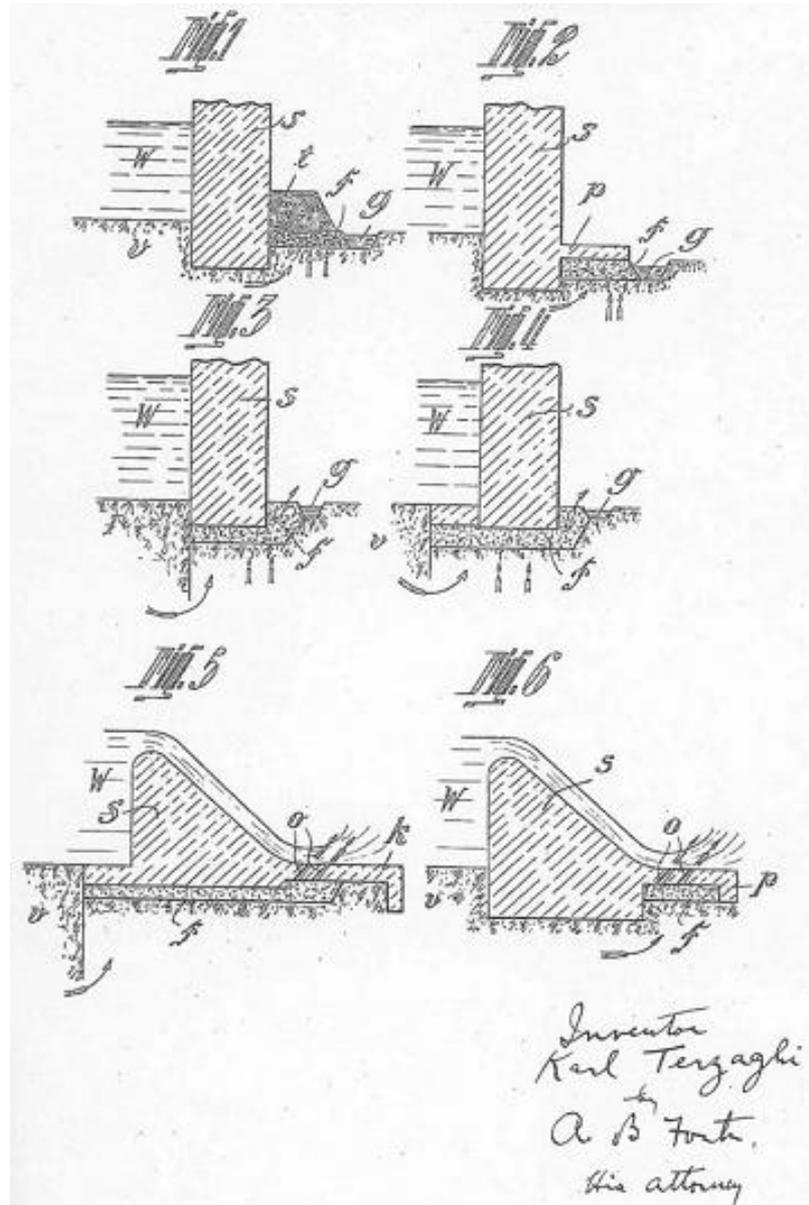
INTERACCION SUELO AGUA

**Area de Geotecnia.
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



CONCEPTOS GENERALES





CONCEPTOS GENERALES



PROBLEMA ?....

1. IDENTIFICAR LA PERMEABILIDAD
 1. Del suelo
 2. Del macizo rocoso?
2. CAUDAL QUE FILTRA POR EL MEDIO CONTINUO?
3. PRESION QUE GENERA EL AGUA EN MOVIMIENTO?
4. CONTROL DE EROSIÓN...



OBJETIVO

- **Establecer el concepto de permeabilidad de los suelos**
- **Identificar formas de medición de la permeabilidad**

REFERENCIAS

- Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. BRAJA M. DAS. Capítulo 6 Conductibilidad Hidráulica.
- Soil Mechanics in Engineering Practice. 3° Edición. Terzaghi, K.; Peck, R. y Mesri, G. Chapter 4. Hydarulic Properties of soils. Pag 71.

Area de Geotecnia.

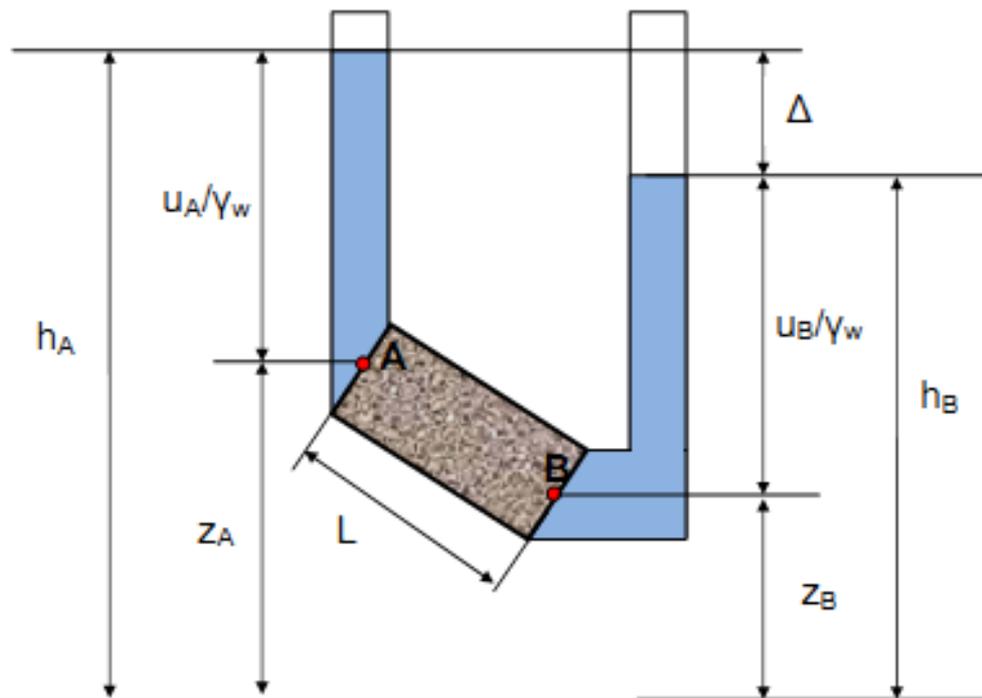
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



CONCEPTOS GENERALES

$$\Delta h = h_A - h_B = \left(\frac{u_A}{\gamma_w} + z_A \right) - \left(\frac{u_B}{\gamma_w} + z_B \right)$$



$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Ley de Darcy

$$v = k i$$

$$q = v A = k i A$$

$$q = V/t = k i A / t$$

Figura 1: E scorrimento de agua en un medio poroso, altura de presión, de posición y altura piezométrica



CONCEPTOS GENERALES

Límite INFERIOR aplicación.

La ley de Darcy se aplica a flujo linear

- Las líneas adyacentes del flujo son localmente rectas y paralelas.

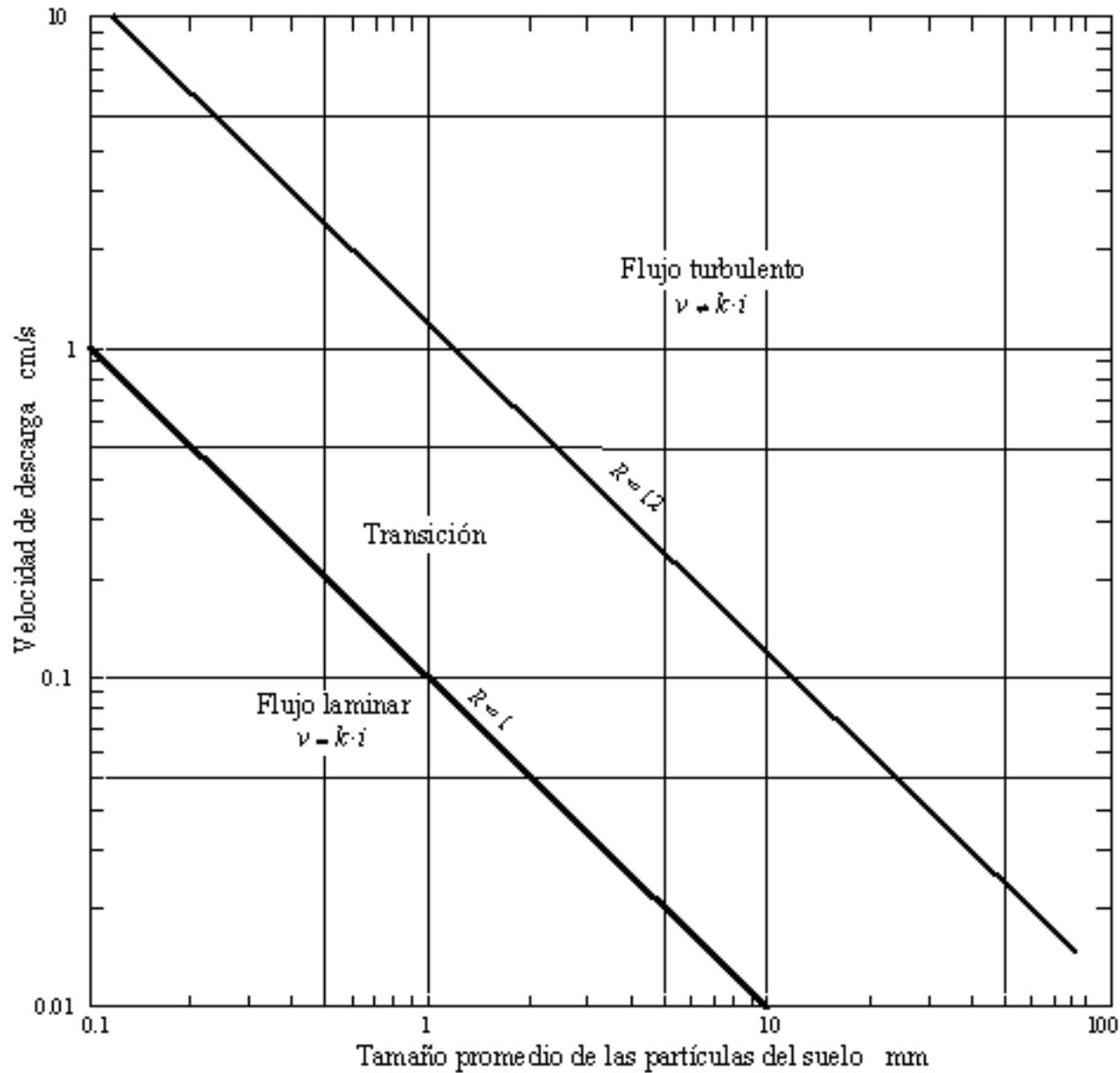
Situaciones límite en la validez ...

- Para las arcillas altamente plásticas \rightarrow permeabilidad baja.
- Aplicable a arcillas altamente comprimidas y pizarras.
- Hay gradiente hidráulico umbral $\rightarrow q=0$.

(Mitchell 1976, Chugaev 1971, Basak y Madhav 1979, y Muskat 1946).



CONCEPTOS GENERALES





CONCEPTOS GENERALES

Factores de influencia en la permeabilidad:

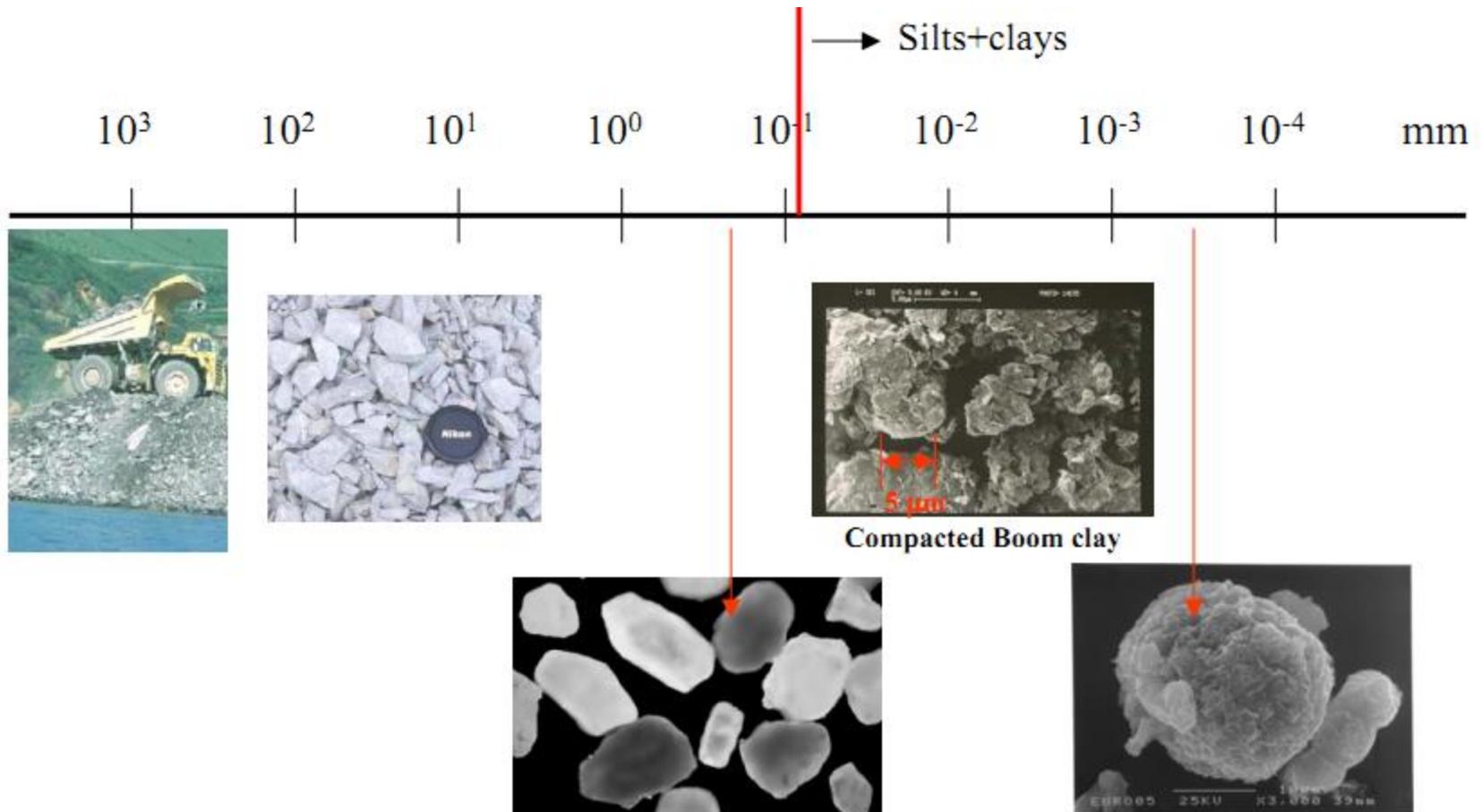
- **Rango de valores de permeabilidad**
- **Variación de la permeabilidad in situ**
- **Propiedades del fluido**
- **Grado de saturación**
- **Gradiente Hidráulico**
- **Tamaño de las partículas**
- **Forma y rugosidad de las partículas**
- **Relación de vacíos**

CONCEPTOS GENERALES

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

Rango de valores de permeabilidad

- Es la propiedad de suelos con mayor nivel de variabilidad





CONCEPTOS GENERALES

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

Tamaño de Partículas

Fórmula de Hazen en cm/seg

Aplicable a:

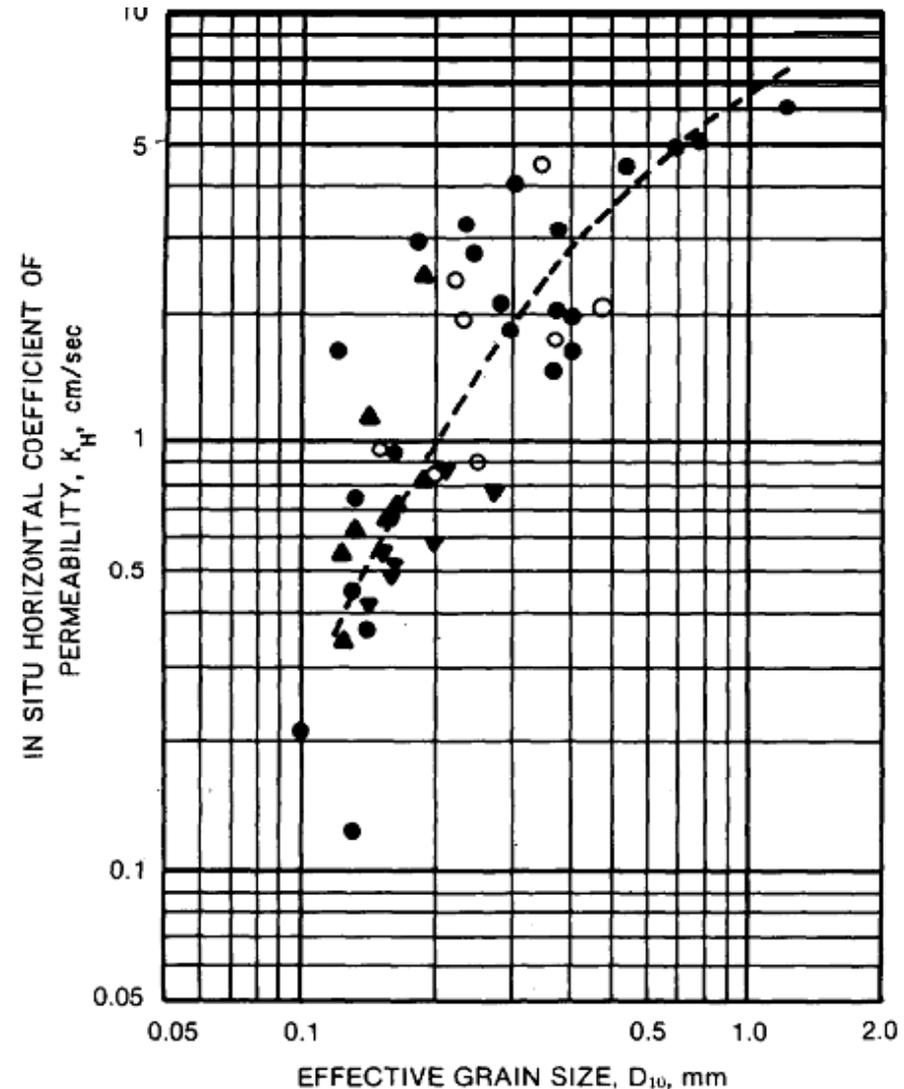
Arenas con

- $0.1 \text{ mm} < D_{10} < 0.3 \text{ mm}$
- $CU < 5$

$$k = 100 D_{10}^2$$

VARIABLES DE INFLUENCIA ADICIONAL...

- Compacidad del material (friccionales)
- Relación de vacíos (cohesivos)
- Contenido de finos
- Grado de saturación





CONCEPTOS GENERALES

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

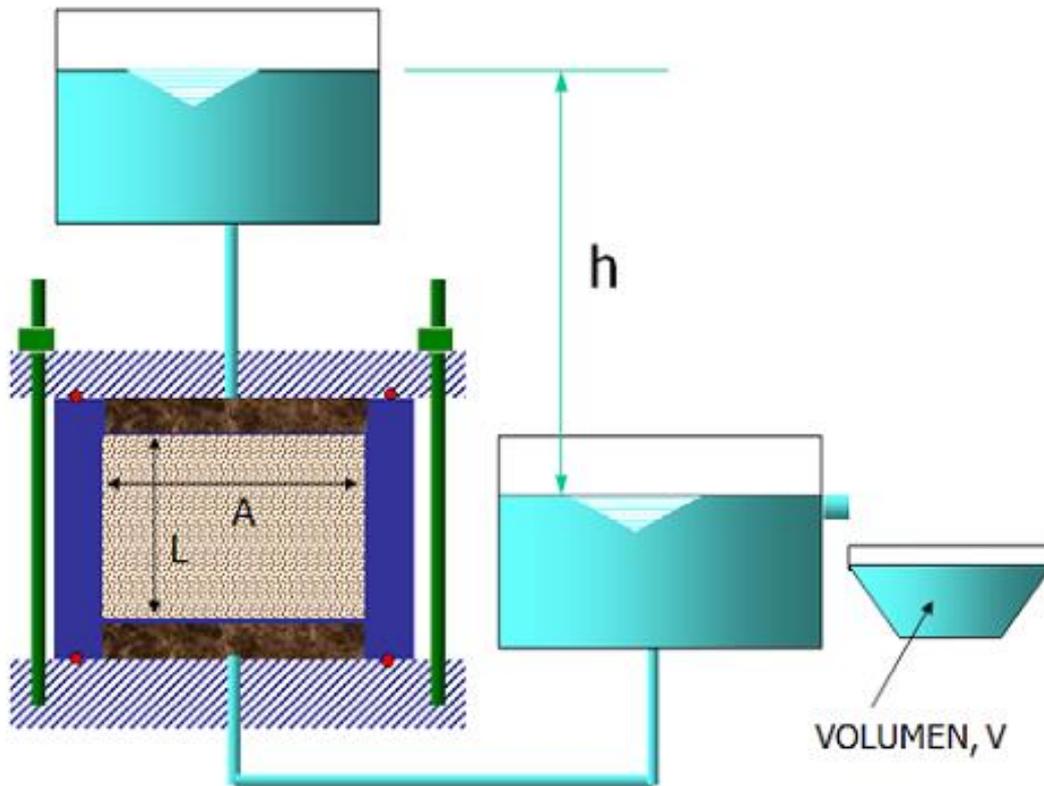
Suelos Cohesivos – Relaciones Empíricas

Investigator	Relation	Notation	Remarks
Mesri and Olson (1971)	$\log k = C_2 \log e + C_3$	$C_2, C_3 = \text{constants}$	Based on artificial and remolded soils
Taylor (1948)	$\log k = \log k_0 - \frac{e_0 - e}{C_k}$	$k_0 = \text{coefficient of in situ permeability at void ratio } e_0$ $k = \text{coefficient of permeability at void ratio } e$ $C_k = \text{permeability change index}$	$C_k \approx 0.5e_0$ (Tavenas et al., 1983a,b)
Samarsinghe et al. (1982)	$k = C_4 \frac{e^n}{1 + e}$	$C_4 = \text{constant}$ $\log [k(1 + e)] = \log C_4 + n \log e$	Applicable only to normally consolidated clays
Raju et al. (1995)	$\frac{e}{e_L} = 2.23 + 0.204 \log k$	k is in cm/s $e_L = \text{void ratio at liquid limit} = w_{LL} G_s$ $w_{LL} = \text{moisture content at liquid limit}$	Normally consolidated clay
Tavenas et al. (1983a,b)	$k = f$	$f = \text{function of void ratio, and } PI + CF$ $PI = \text{plasticity index in decimals}$ $CF = \text{clay size fraction in decimals}$	See Figure 5.10

CONCEPTOS GENERALES

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN – Permeámetro Carga Constante

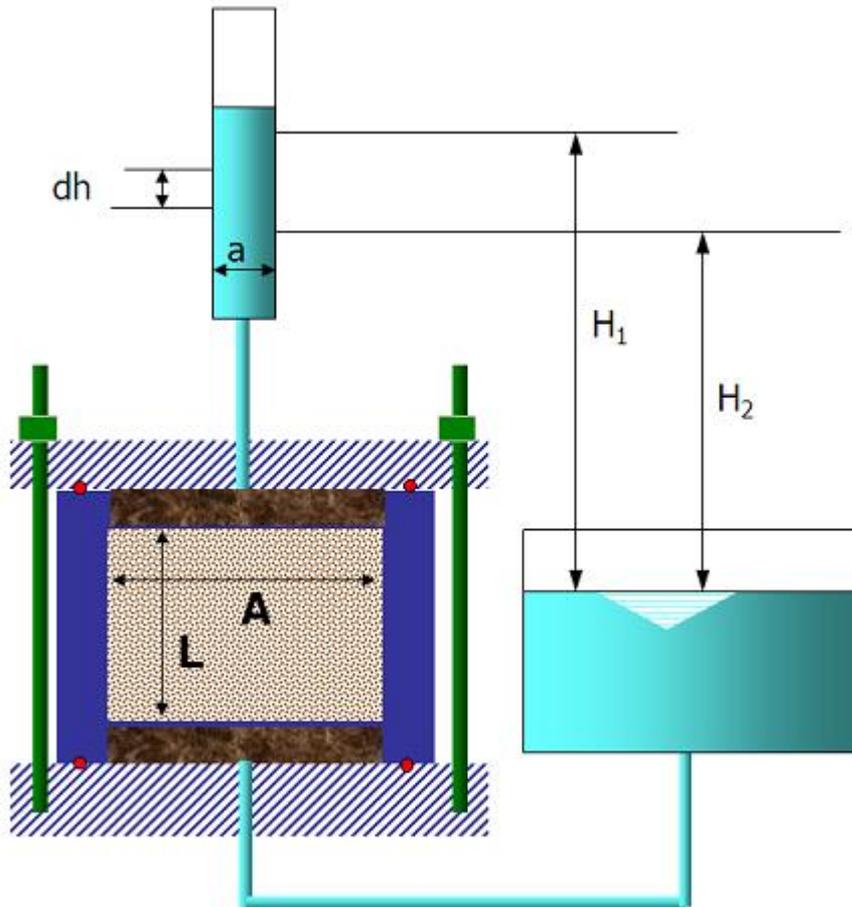


$$k = \frac{QL}{hAt}$$

CONCEPTOS GENERALES

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN – Permeámetro Carga Variable



$$Q_{in} = -a \cdot \frac{dh}{dt}$$

$$Q_{out} = A \cdot k \cdot i = A \cdot k \cdot \frac{h}{L}$$

$$k = 2.303 \frac{aL}{At} \log \frac{h_1}{h_2}$$

CONCEPTOS GENERALES



Principio Básico de Aplicación.

Tabla 4.1 Valores típicos de permeabilidad 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 GENERALES



Principio Básico de Aplicación.

Clase	Conductividad hidráulica cm/h	Conductividad hidráulica m/día	Textura y estructura	K (m/d)
Muy lenta	< 0,1	< 0,03	Arena gruesa con grava	10 a 50
Lenta	0,1 a 0,5	0,03 a 0,12	Franco arenoso, arena fina	1 a 5
Moderadamente lenta	0,5 a 2	0,12 a 0,5	Franco, franco arcilloso bien estructurado	1 a 3
Moderada	2 a 6	0,5 a 1,5	Franco arenoso muy fino	0,5 a 2
Moderadamente rápida	6 a 12	1,5 a 3	Arcilla con grietas	0,5 a 2
Rápida	12 a 18	3 a 4,5	Arena muy fina	0,2 a 0,5
Muy rápida	> 18	> 4,5	Franco arcilloso, arcilloso; mal estructurado	0,02 a 0,2
			Arcilla compacta	< 0,002

CONCEPTOS GENERALES



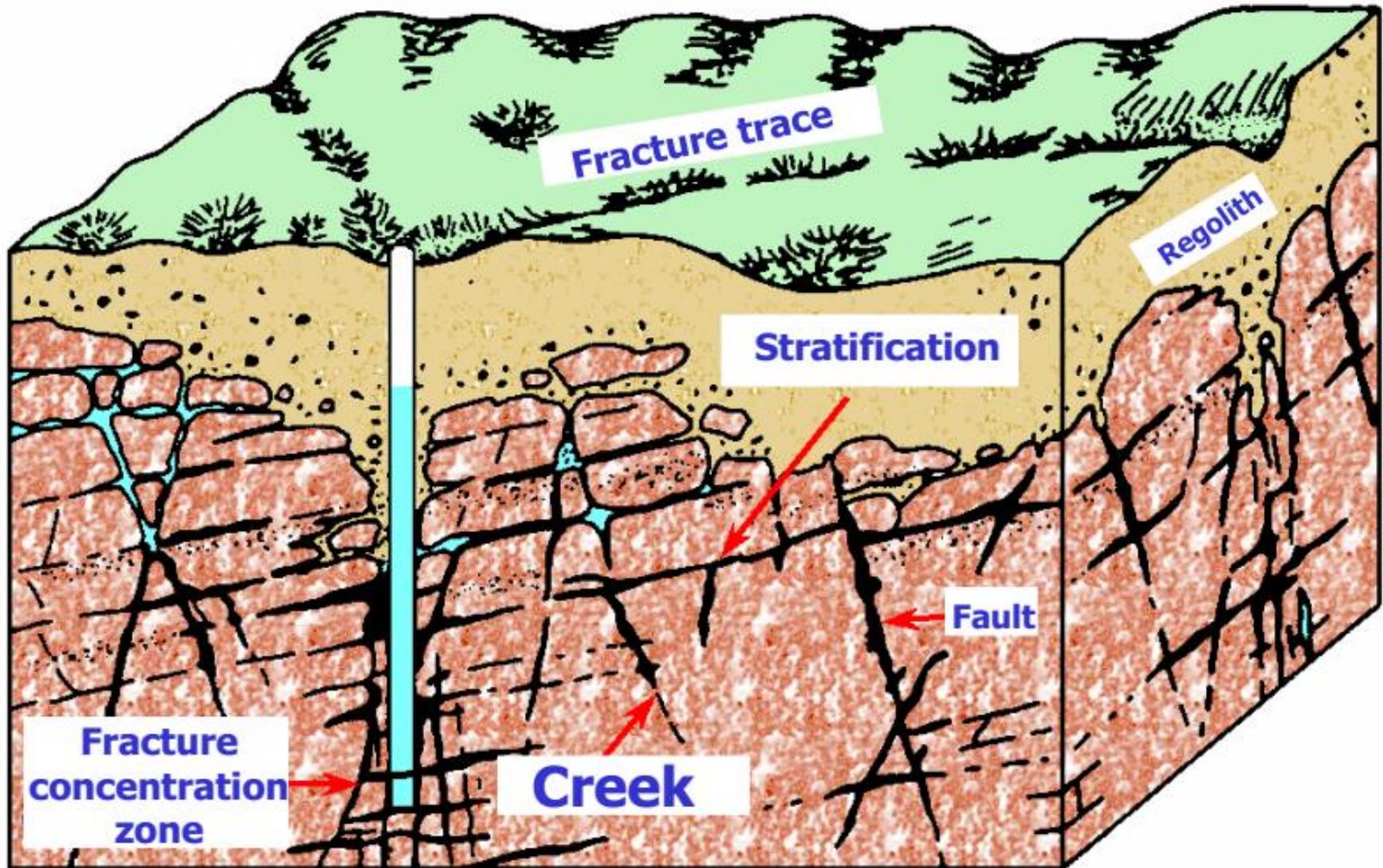
Principio Básico de Aplicación.

Errores en la Definición de la Permeabilidad

- Representatividad de la muestra
- Orientación del estrato que se está evaluando
- Gradiente hidráulico adoptado
- Disolución de aire en la corriente
- Pérdidas en el permeámetro.



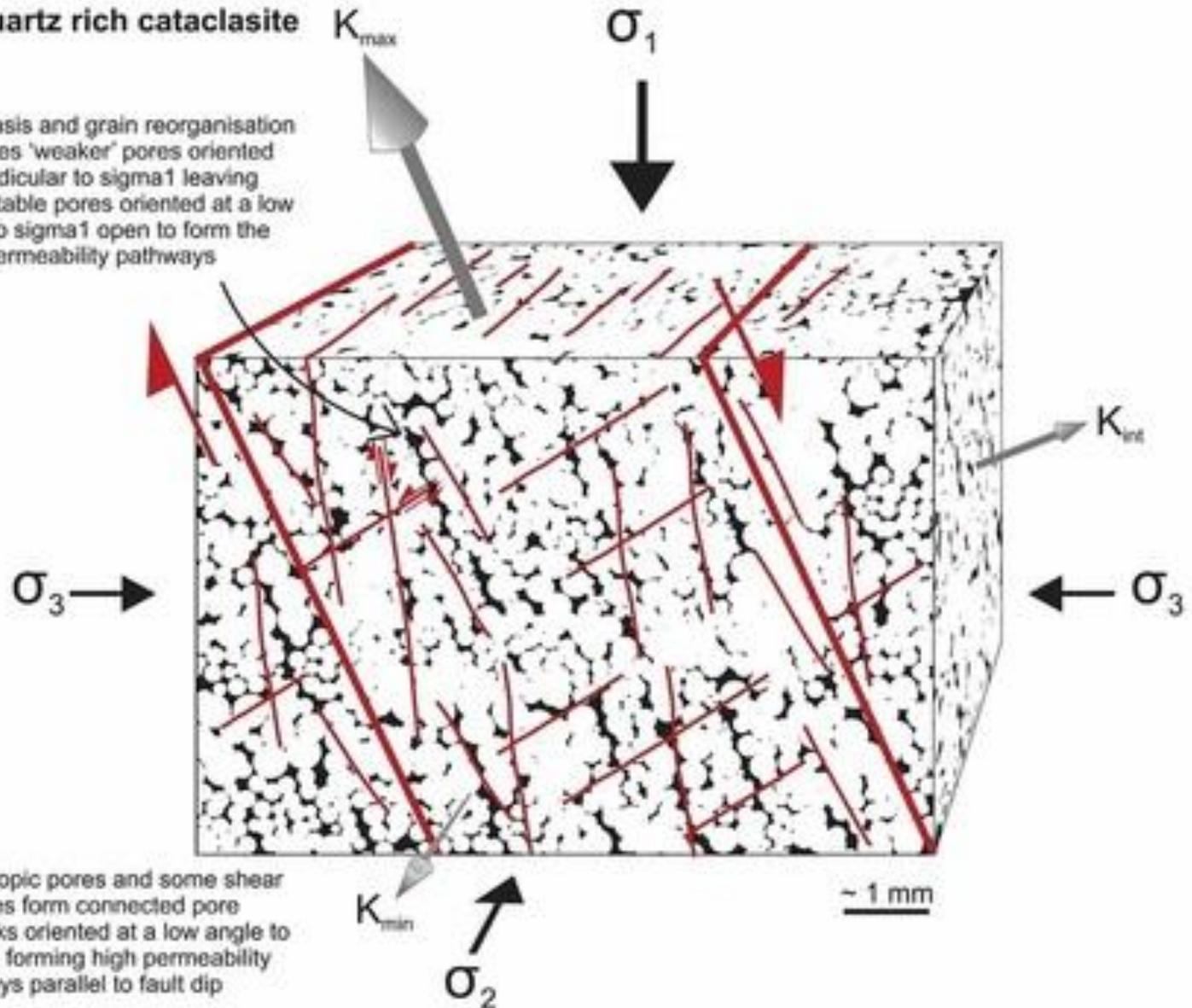
PERMEABILIDAD EN MACIZO ROCOSO



PERMEABILIDAD EN MACIZO ROCOSO

b Quartz rich cataclasite

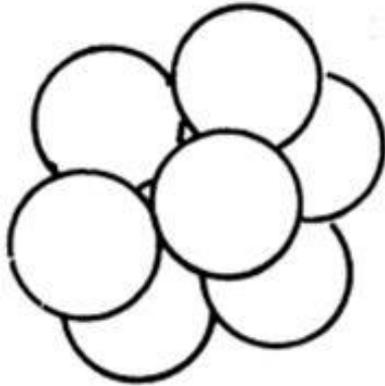
Cataclasis and grain reorganisation collapses 'weaker' pores oriented perpendicular to σ_1 leaving more stable pores oriented at a low angle to σ_1 open to form the main permeability pathways



Anisotropic pores and some shear fractures form connected pore networks oriented at a low angle to σ_1 forming high permeability pathways parallel to fault dip

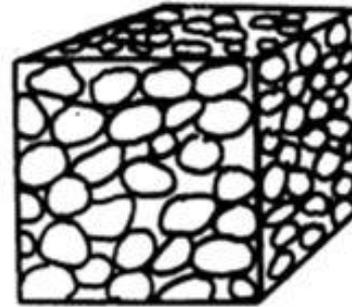


PERMEABILIDAD EN MACIZO ROCOSO

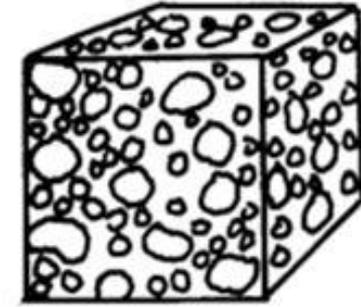


Porous material

Primary Openings

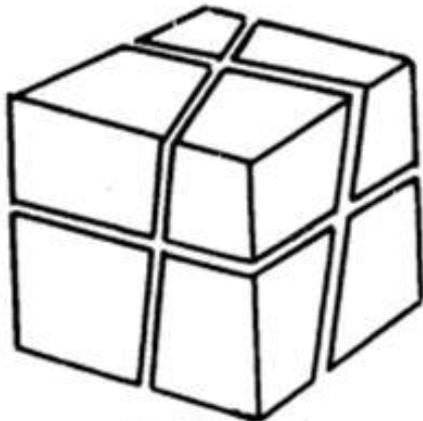


Well-sorted sand

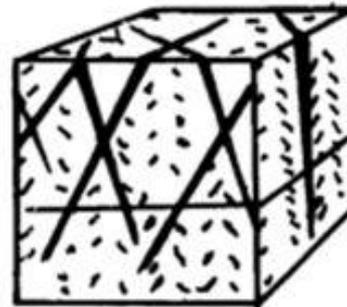


Poorly sorted sand

Secondary Openings



Fractured rock



Fractures in granite

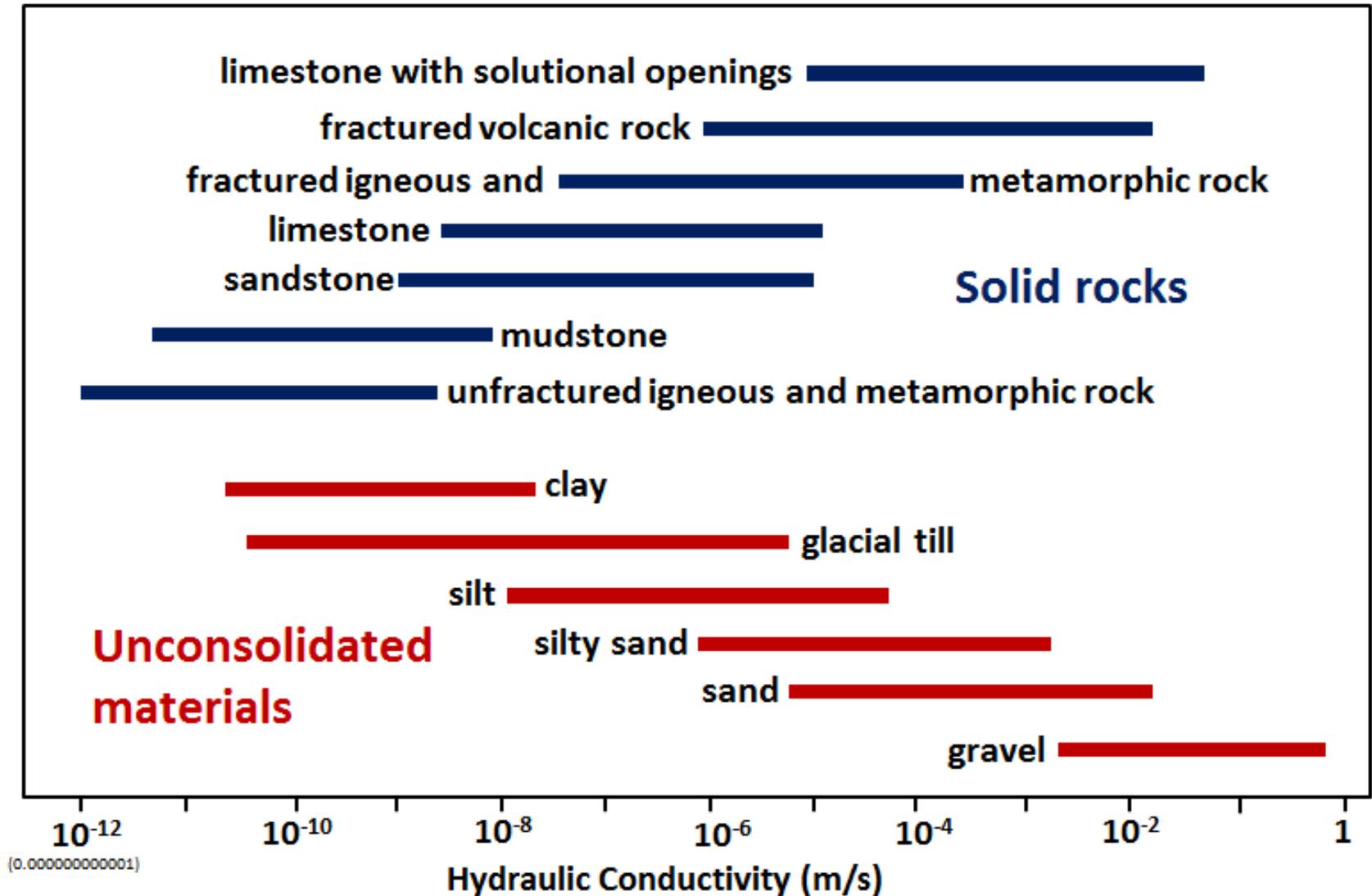


Caverns in limestone

PERMEABILIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA

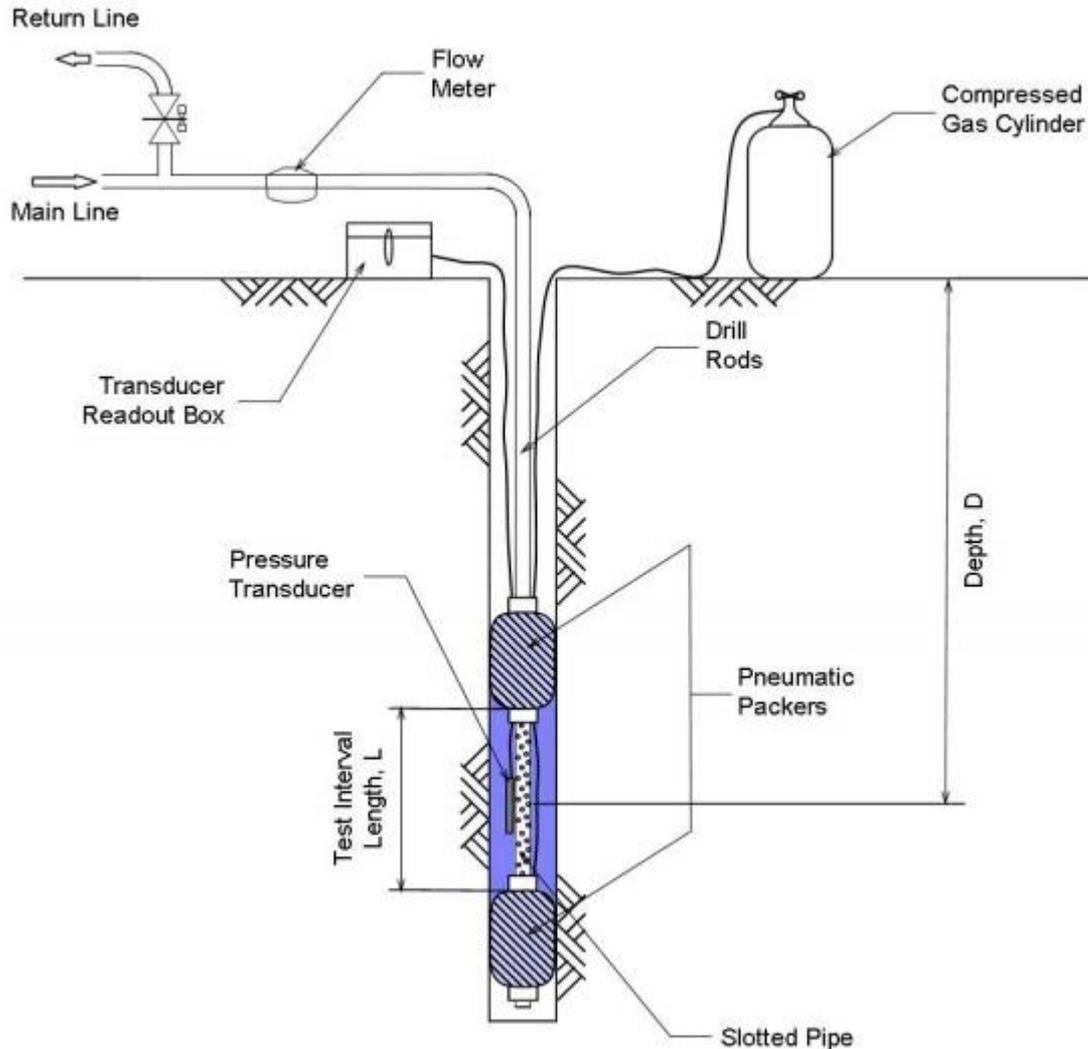


PERMEABILIDAD EN MACIZO ROCOSO



EJEMPLOS

PERMEABILIDAD EN MACIZO ROCOSO



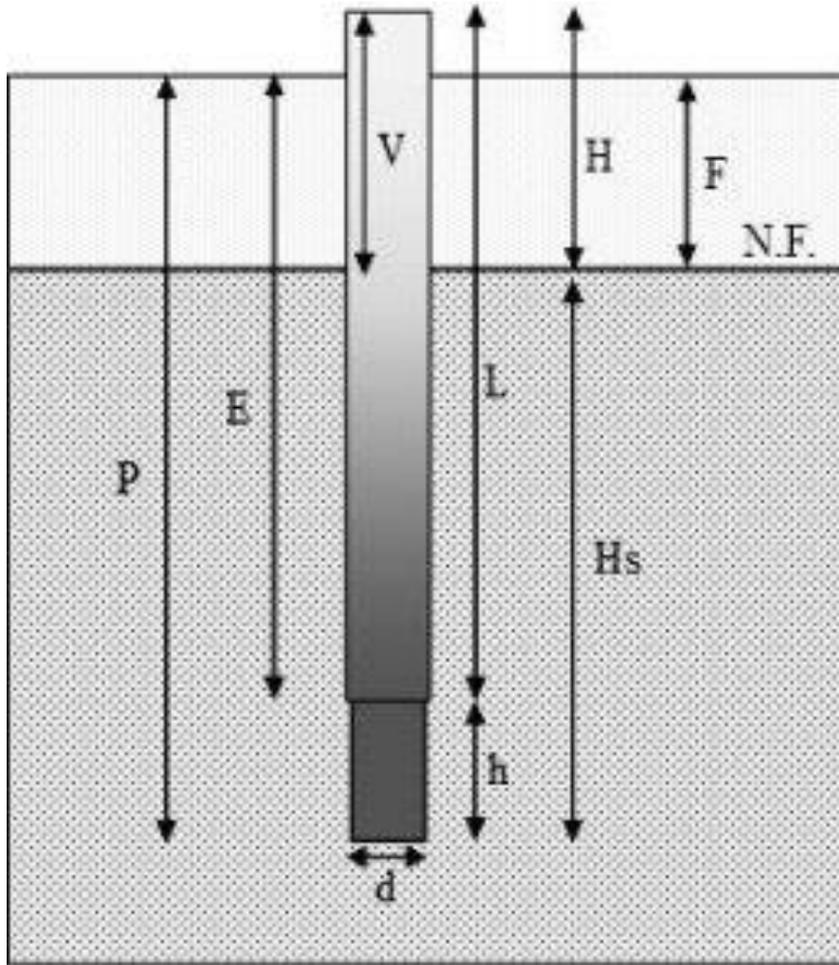
Cantidad de aguas que filtra en:

- 1 metros,
- 10 minutos y
- 10 kg/cm² de presión.

ENSAYO LUGEON



PERMEABILIDAD EN SUELOS



$$K = m \cdot Q / H$$

Donde:

K: Coeficiente de permeabilidad

m: Coeficiente que depende de las características geométricas del hueco de perforación del sondeo.

Q: Caudal de agua

H: Altura desde la superficie del agua hasta la profundidad del **nivel freático**.

$$m = \ln(2h/d) / 2 \cdot \pi \cdot h$$

ENSAYO LEFRANC (constante)

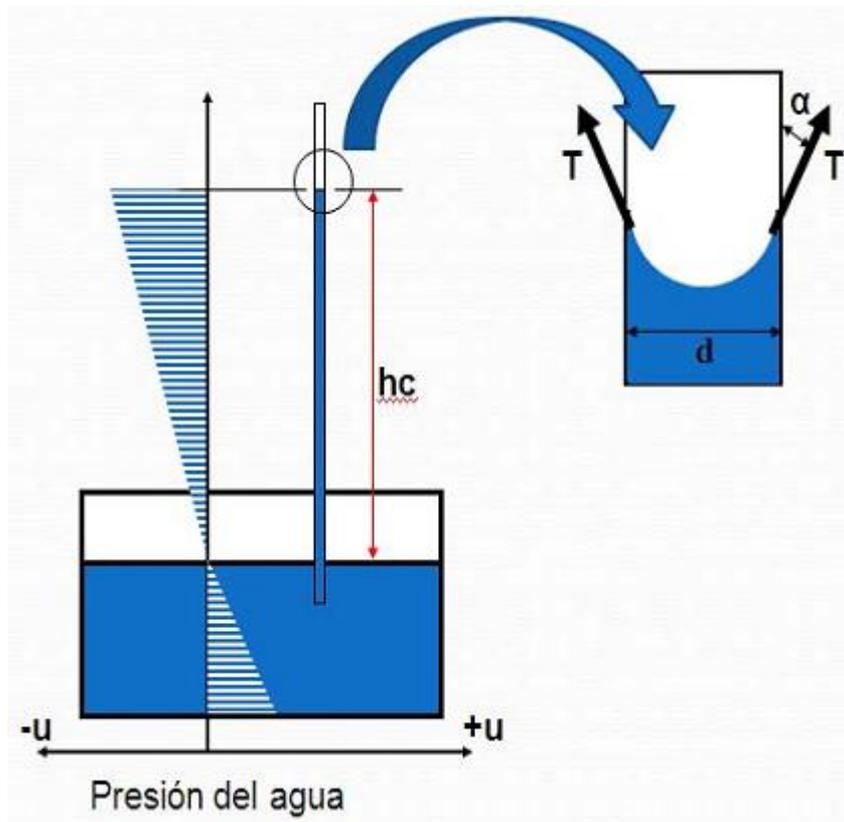


SUELOS NO SATURADOS

**Area de Geotecnia.
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

MODELO PERFIL DE HUMEDAD



$$\pi \cdot r^2 \cdot hc \cdot \gamma_w = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot T \cdot \cos \alpha$$

$$hc = \frac{2 \cdot T \cdot \cos \alpha}{r \cdot \gamma_w} = \frac{2 \cdot T}{\frac{r}{\cos \alpha} \cdot \gamma_w} = \frac{2 \cdot T}{R \cdot \gamma_w}$$

MODELO PERFIL DE HUMEDAD

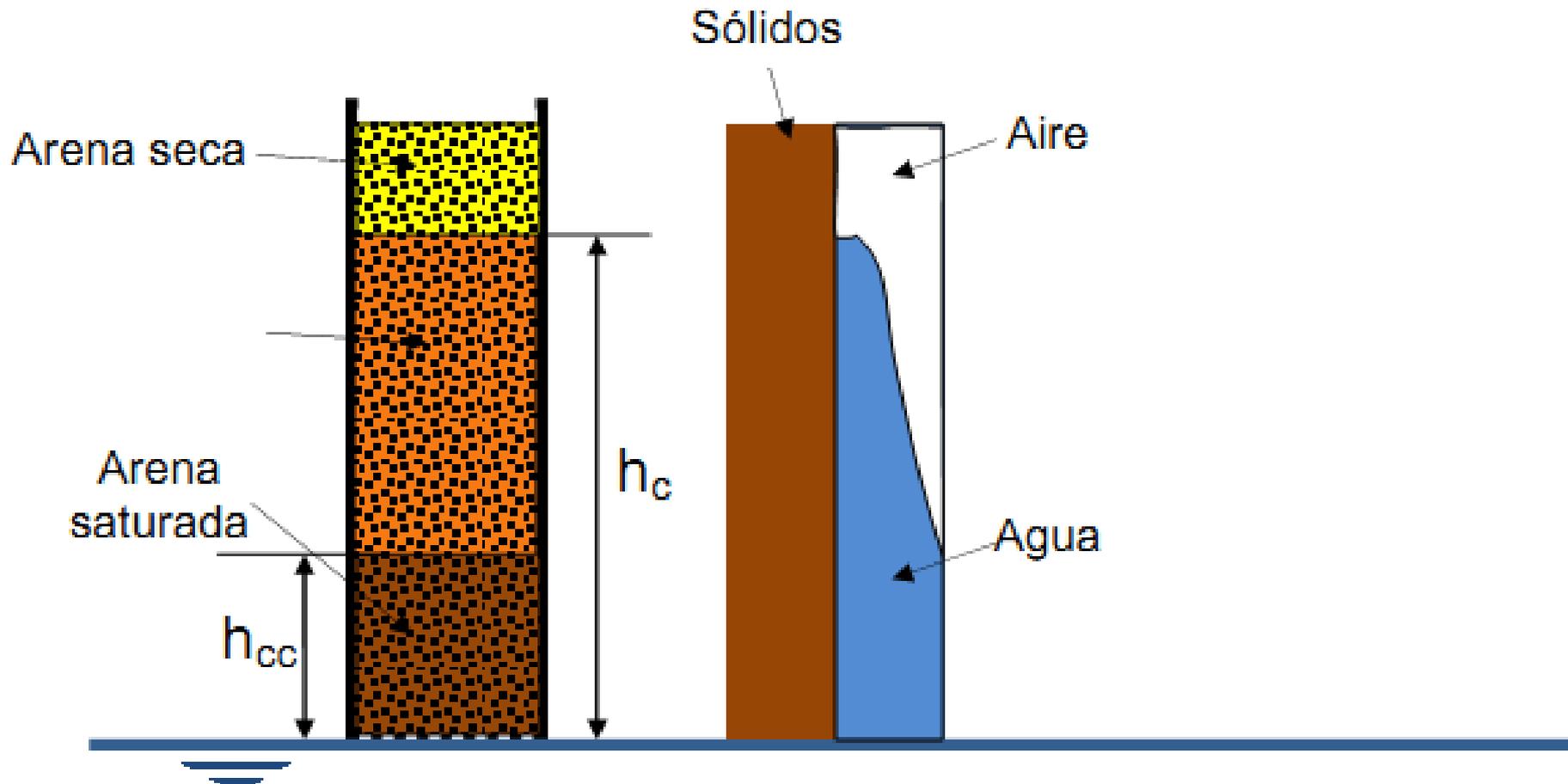
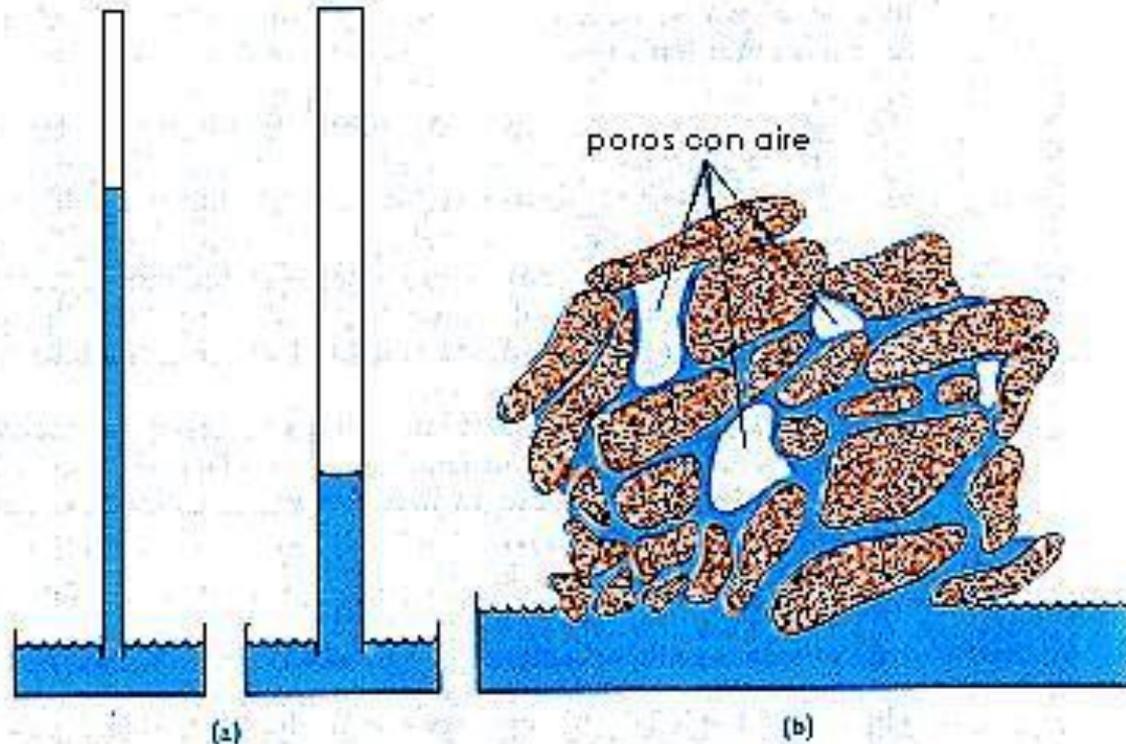


Figura 20: Ensayo de ascensión capilar en una arena.

EFFECTO DE LA CAPILARIDAD

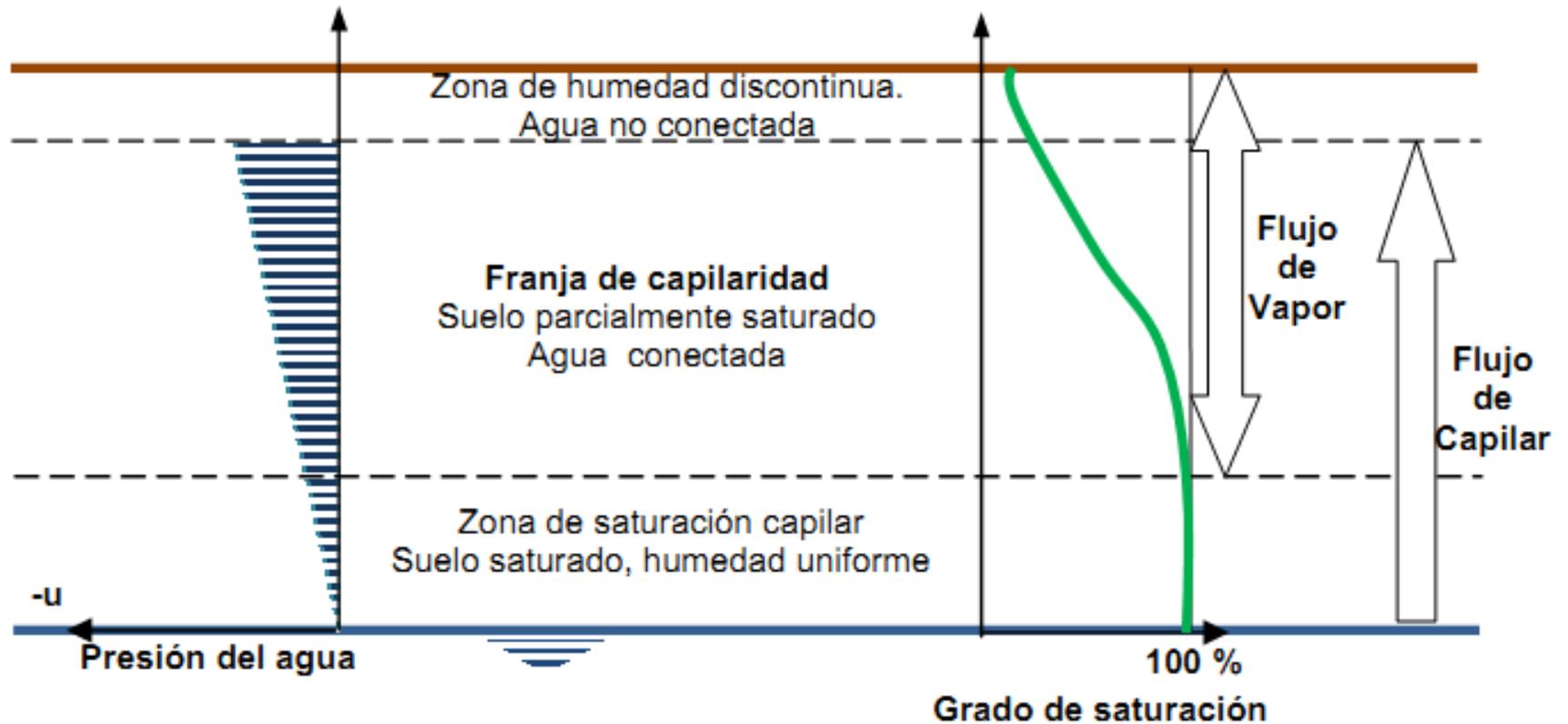


El efecto capilar se puede demostrar colocando un fino tubo capilar sobre una superficie de agua libre. El agua asciende por el tubo, tanto más cuanto más delgado sea (más importancia tienen las paredes) (parte a del dibujo). En el suelo se forman tubos capilares en el contacto entre las partículas, por los que asciende el agua y queda retenida (parte b del dibujo).

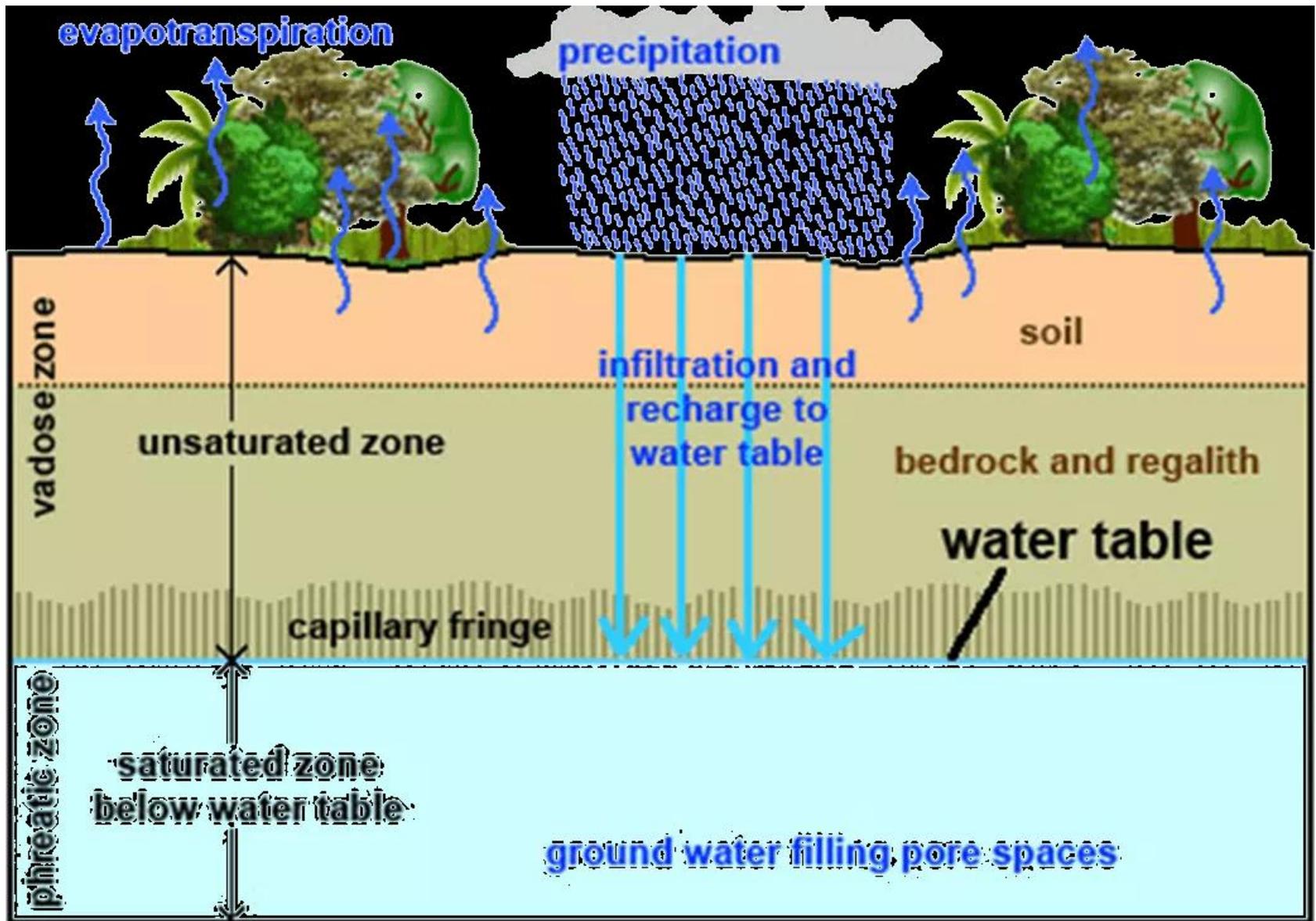
N.C. Brady 1984
The nature and Properties of soils
Macmillan Pub.



MODELO PERFIL DE HUMEDAD

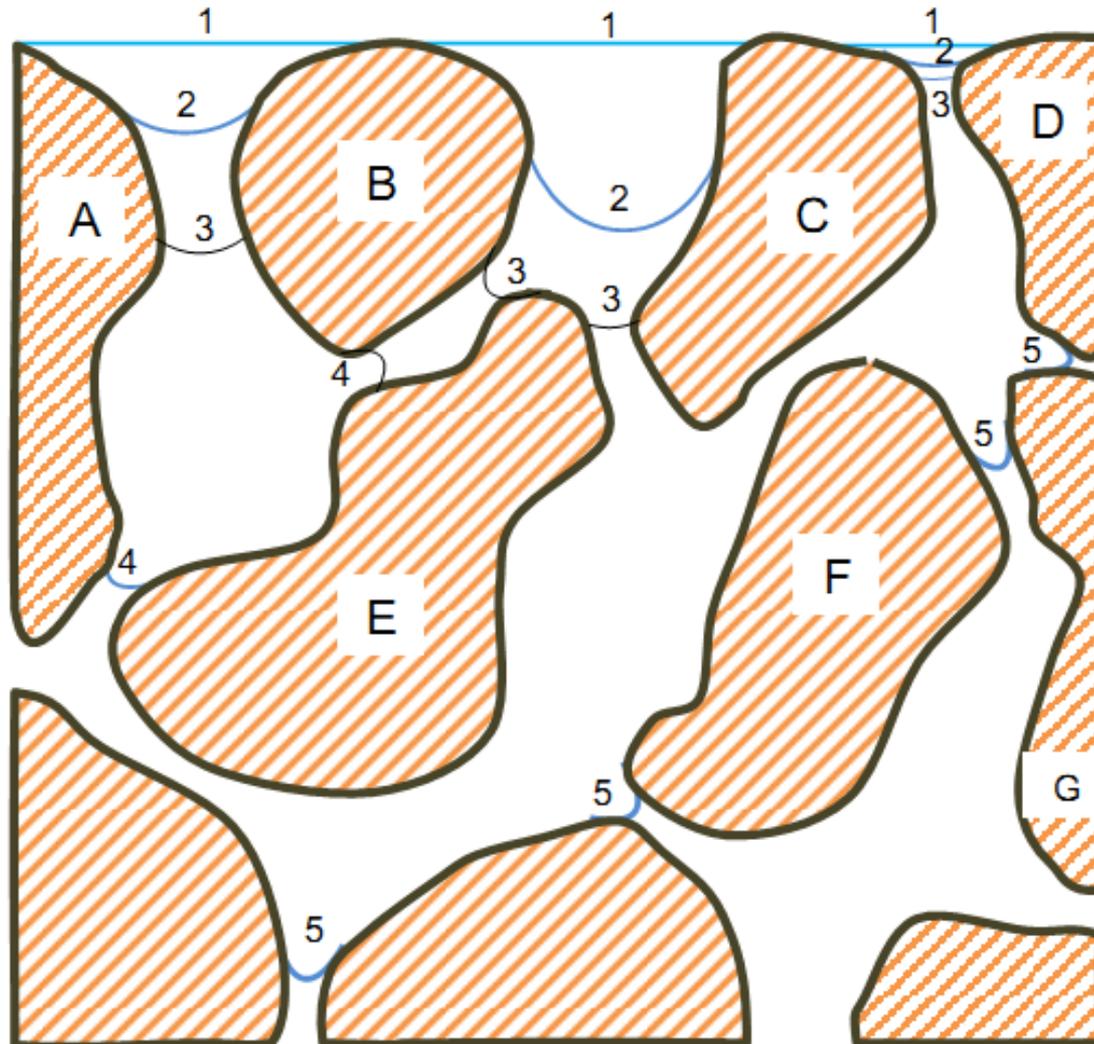


MODELO PERFIL DE HUMEDAD





MODELO PERFIL DE HUMEDAD CONTRACCION EN SUELOS FINOS



MODELO PERFIL DE HUMEDAD CONTRACCION EN SUELOS FINOS





EJERCICIOS PARTE 2