



TENSIONES EN LA MASA DE SUELOS

PARTE 1

Area de Geotecnia.
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



TENSIONES EN LA MASA DE SUELOS

PARTE 1

OBJETIVO:

- Establecer los conceptos de tensiones geostáticas y presiones efectivas.
- Establecer los conceptos de presiones hidrodinámicas e hidrostáticas

REFERENCIAS

- Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. BRAJA M. DAS. Capítulo 8. Esfuerzo en la masa de suelos. 8.1 a 8.4.
- Soil Mechanics in Engineering Practice. 3° Edición. Terzaghi, K.; Peck, R. y Mesri, G. Chapter 3. Hydraulic and Mechanical Properties of Soils. Artículo 15.

Area de Geotecnia.

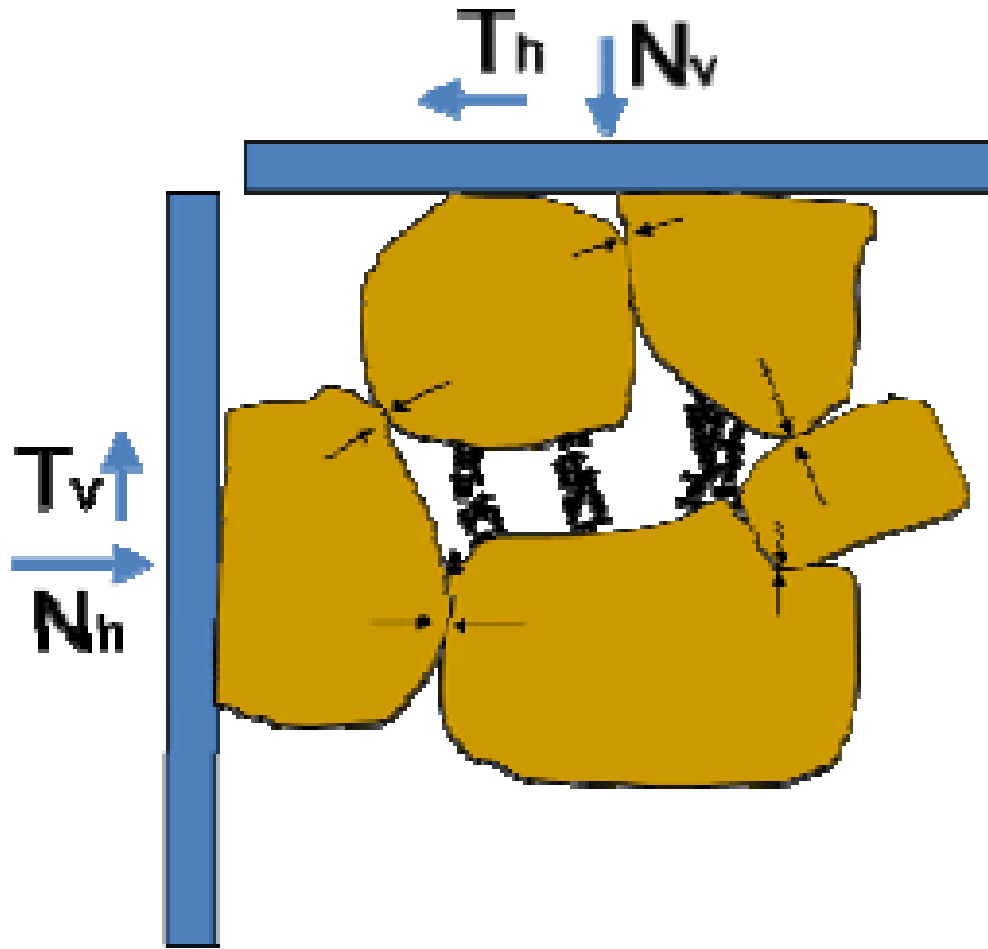
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



PRESIONES GEOSTÁTICAS

CONCEPTOS GENERALES

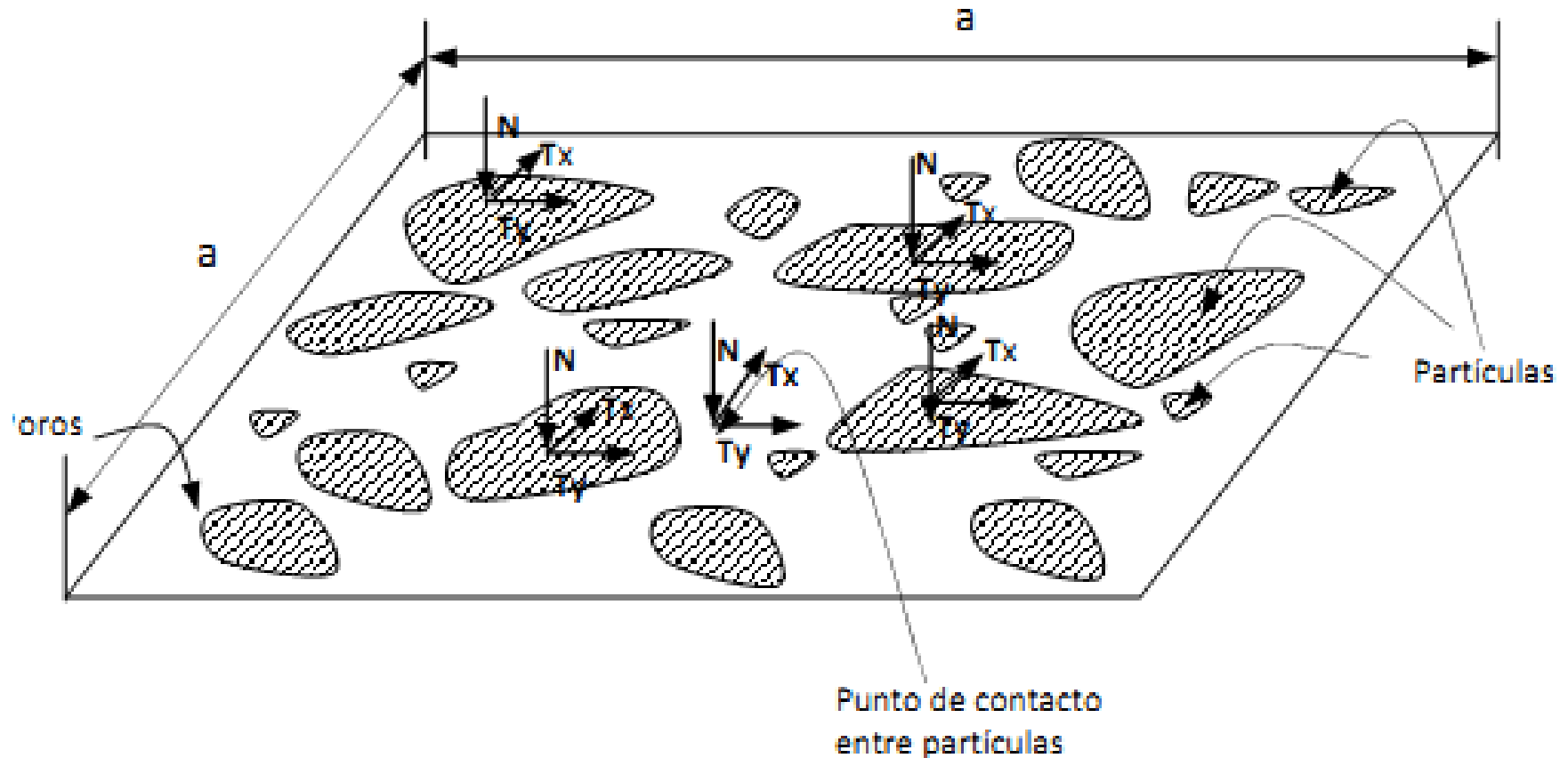


Presiones totales en el medio continuo
(nominales, aplicadas sobre el área total)



PRESIONES GEOSTÁTICAS

CONCEPTOS GENERALES



Presiones físicas reales

(El suelo es una combinación de partículas sólidas en contacto. La presión a través del esqueleto sólido ocurre por medio de los contactos)



PRESIONES GEOSTÁTICAS

PRESIONES VERTICALES

PRESIONES VERTICALES

$$\sigma = \gamma z$$

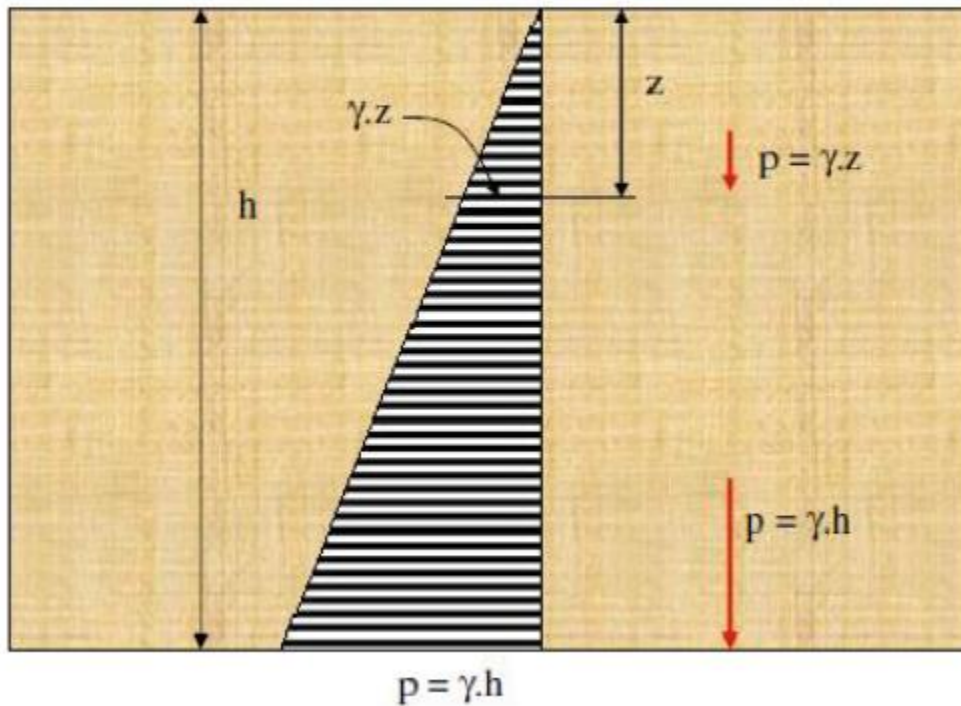


Diagram illustrating the vertical stress distribution in a soil column of height h . The weight of the column is $W = \gamma A h$. The stress at the base is σ . The stress distribution is shown as a triangular area on the left side of the column.

$$\sigma = W/A = \gamma A h / A = \gamma h$$

$$\sigma_v = \int_0^z \gamma \cdot dz$$



$$\sigma_v = \sum \gamma \cdot \Delta z$$

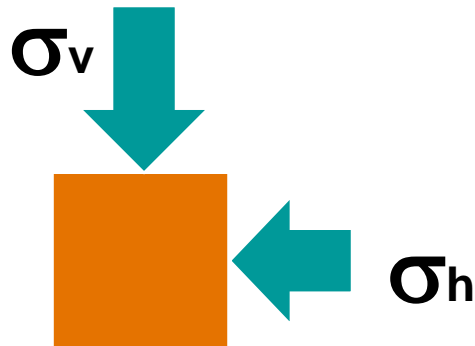


PRESIONES GEOSTÁTICAS

PRESIONES HORIZONTALES

PRESIONES HORIZONTALES

$$K = \sigma_h / \sigma_v$$



Jaky (1944)

$$K_o = 1 - \text{seno } \varphi$$

φ ángulo de fricción

Massarsch (1979) para arcillas normalmente consolidadas

$$K_o = 0,44 + 0,42 \left[\frac{IP(\%)}{100} \right]$$

Brooker & Ireland (1965)

$$K_o = 0,95 - \text{sen } \phi'$$

Mayne & Kulhawy (1981)

arcillas preconsolidadas

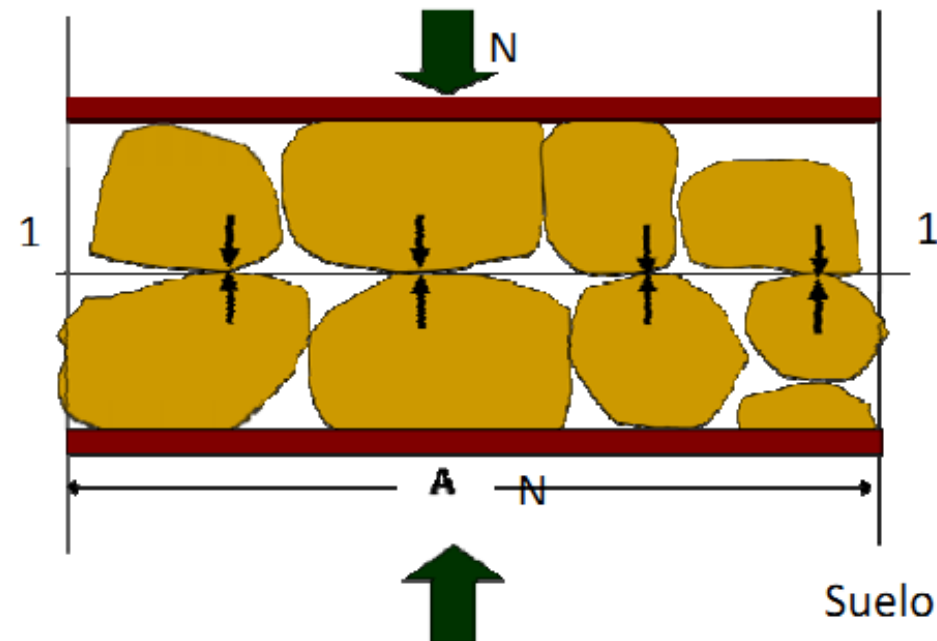
$$K_o = (1 - \text{sen } \phi') \cdot OCR^{\text{sen } \phi'}$$



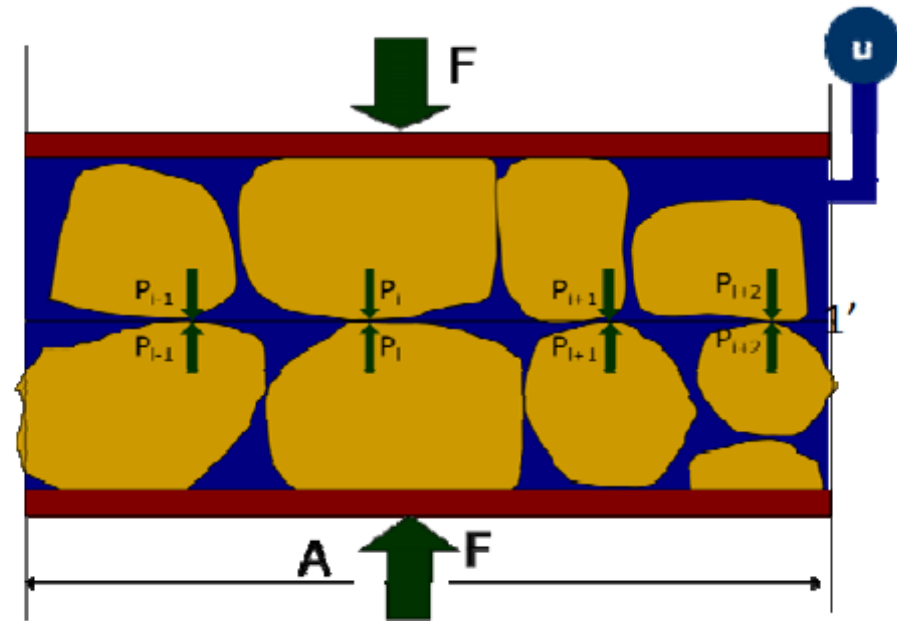
PRESIONES GEOSTÁTICAS

PRESIONES VERTICALES

PRESIONES MEDIA SUELO SIN AGUA



PRESIONES MEDIA SUELO CON AGUA



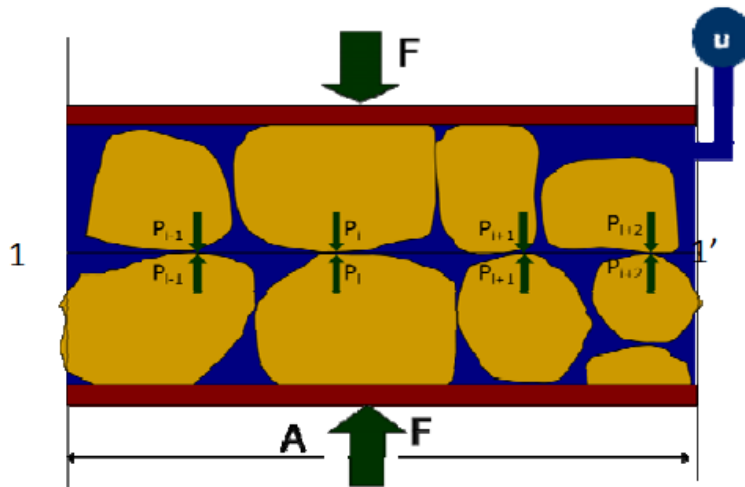
La presión media se reduce en función de la presión hidrostática



PRESIONES GEOSTÁTICAS

PRESIONES VERTICALES

PRESIONES EFECTIVA



$$F = \sum_1^n p_i + u(A - A_c)$$

$$\frac{F}{A} = \frac{\sum_1^n p_i}{A} + u \frac{(A - A_c)}{A}$$

La presión total (σ), es la suma de:

- La presión de contacto entre sólidos (σ'), más
- La presión de poros (u) en el área efectiva

$$\sigma = \sigma' + u \left(1 - \frac{A_c}{A} \right)$$



PRESIONES GEOSTÁTICAS

PRESIONES VERTICALES

PRESIONES EFECTIVA

$$\sigma' = \sigma - u$$

σ' = Presión efectiva

σ = Presión Total

u = Presión del agua o Presión de poros



PRESIONES GEOSTÁTICAS

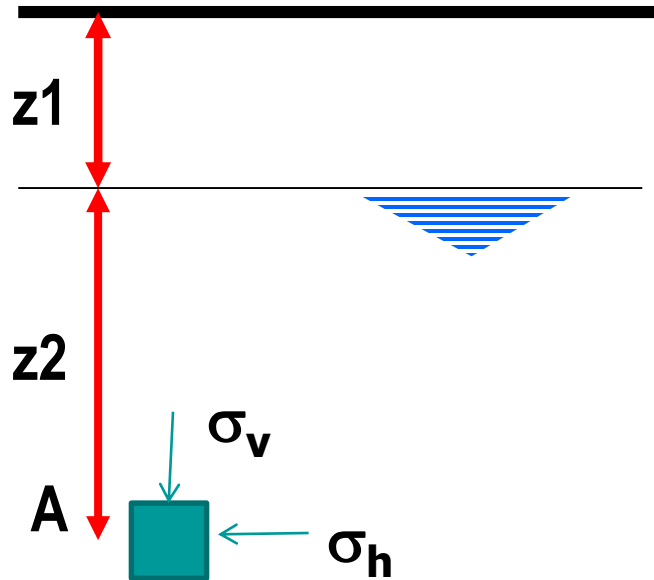
VALORES TÍPICOS DE LAS FUERZAS DE CONTACTO MEDIAS EN SUELOS GRANULARES

Tipo de suelo	Diámetro de las partículas [mm]	FUERZA media de contacto (gr) para un esfuerzo macroscopio [kg/cm ²]		
		1,0	10,0	100,0
Gravas	60,0	3	30	300
Arenas	2,0	0,003	0,03	0,3
Limos	0,06	0,0000003	0,00003	0,0003

CONCEPTO DE TENSIONES EN MEDIO GRANULAR



Presión vertical



$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

$$\sigma_v = \sum \gamma \cdot \Delta h$$

Total

$$\sigma_{vA} = \gamma_1 \cdot \Delta h_1 + \gamma_2 \cdot \Delta h_2$$

Efectiva

$$\sigma'_{vA} = \sigma_{vA} - \gamma_w \cdot \Delta h_2$$

Presión horizontal

Efectiva

$$\sigma'_{hA} = k_o \cdot \sigma'_{vA}$$

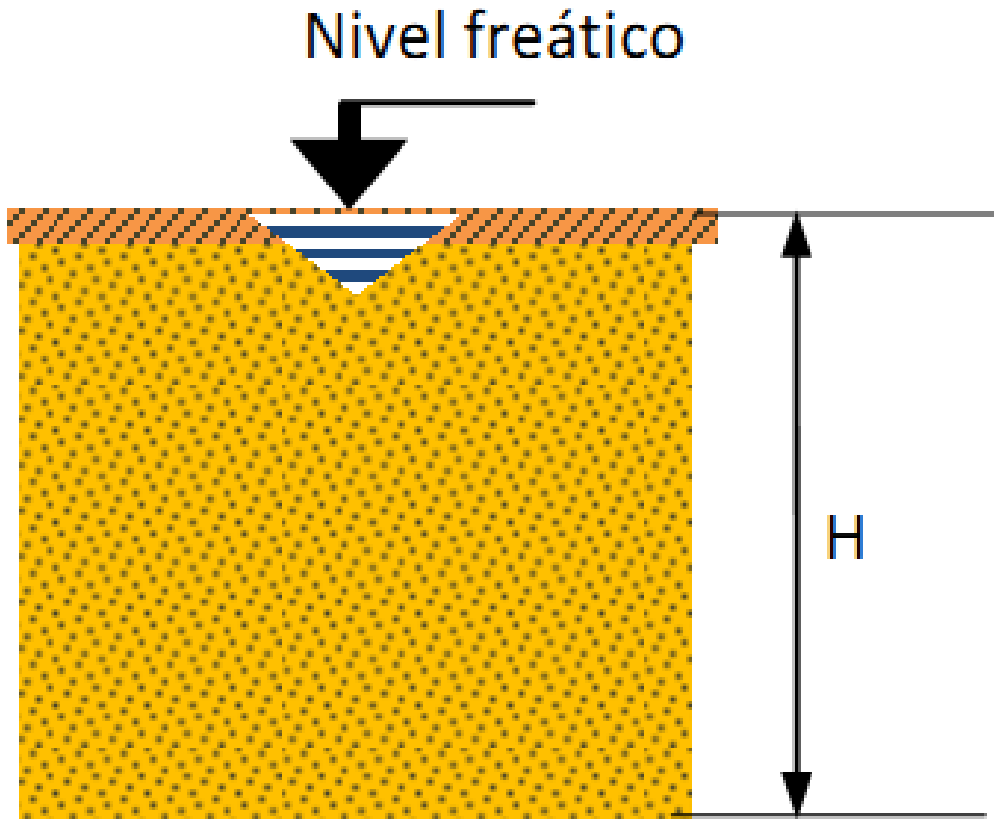
Total

$$\sigma_{hA} = \sigma'_{vA} + u_A$$



PRESIONES GEOSTATICAS

PESO UNITARIO SUMERGIDO



$$\sigma = \gamma_{SAT} \cdot H$$

$$u = \gamma_w \cdot H$$

$$\sigma' = \sigma - u$$

$$\sigma' = \gamma_{SAT} \cdot H - \gamma_w \cdot H$$

$$\sigma' = \gamma' \cdot H$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

PRESIONES GEOSTATICAS

PESO UNITARIO SUMERGIDO

$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

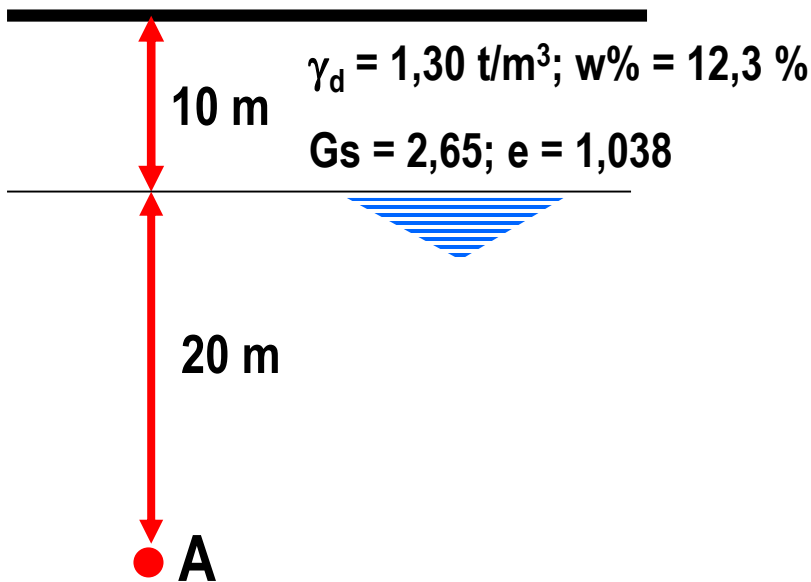
$$\sigma_v = \sum \gamma \cdot \Delta h$$

$$\sigma_h = k_o \cdot \sigma_v$$

$$\gamma = 1,30 \text{ t/m}^3 [1+(12,3/100)] = 1,46 \text{ t/m}^3$$

$$w_{\text{sat}}\% = 1,038 \cdot 100 / 2,65 = 39,2 \%$$

$$\gamma_{\text{SAT}} = 1,30 \text{ t/m}^3 [1+(39,2 / 100)] = 1,81 \text{ t/m}^3$$



Presiones totales

$$\sigma_A = (1,46 \text{ t/m}^3 \cdot 10 \text{ m}) + (1,81 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m}) = 50,8 \text{ t/m}^2$$

Presión del agua

$$u_A = 1,00 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} = 20,0 \text{ t/m}^2$$

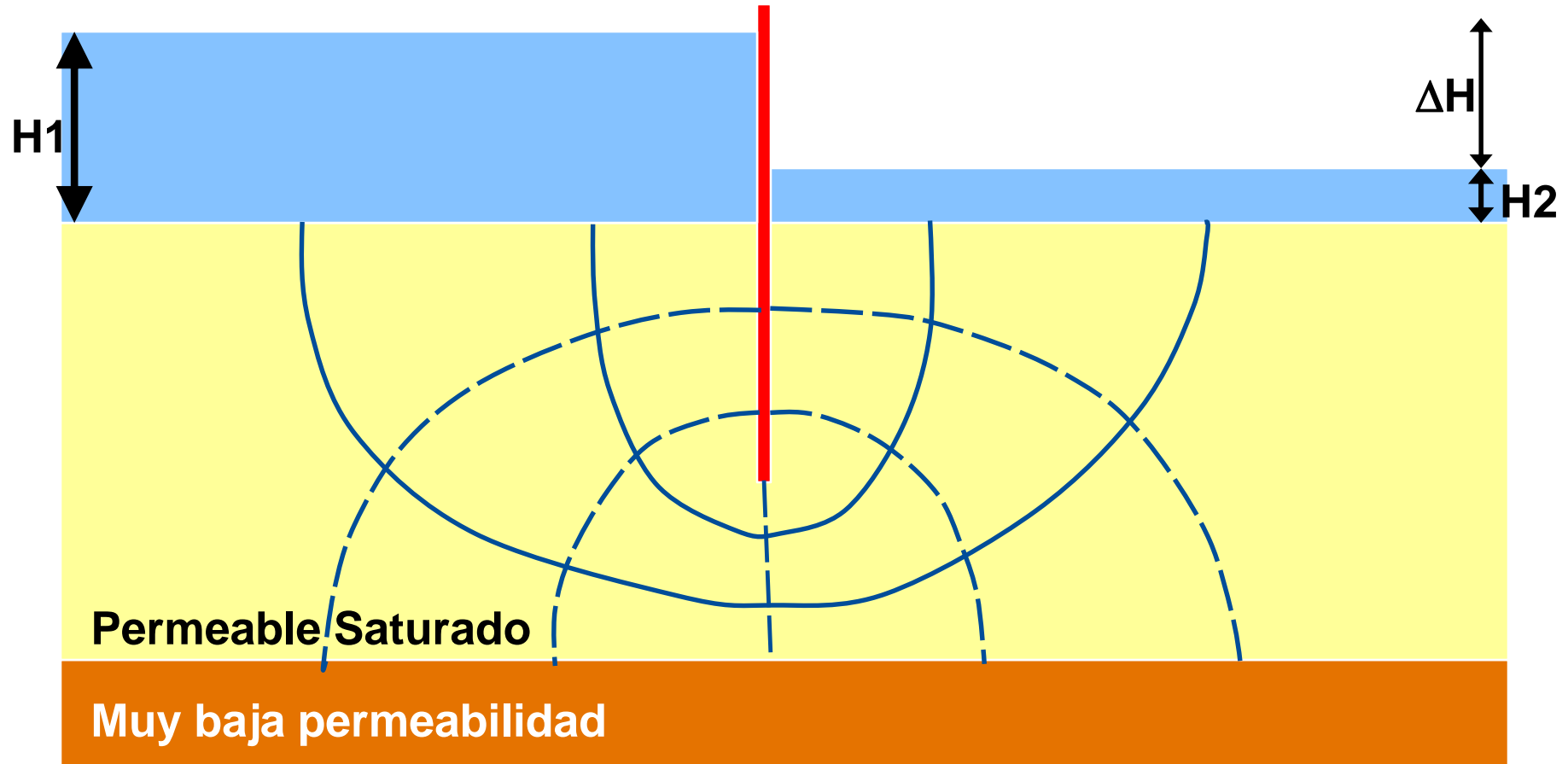
Presiones efectivas verticales

$$\sigma'_A = 50,8 \text{ t/m}^2 - 20,0 \text{ t/m}^2 = 30,8 \text{ t/m}^2$$

Calcular valor de presiones horizontales



PRESIONES HIDRODINAMICAS



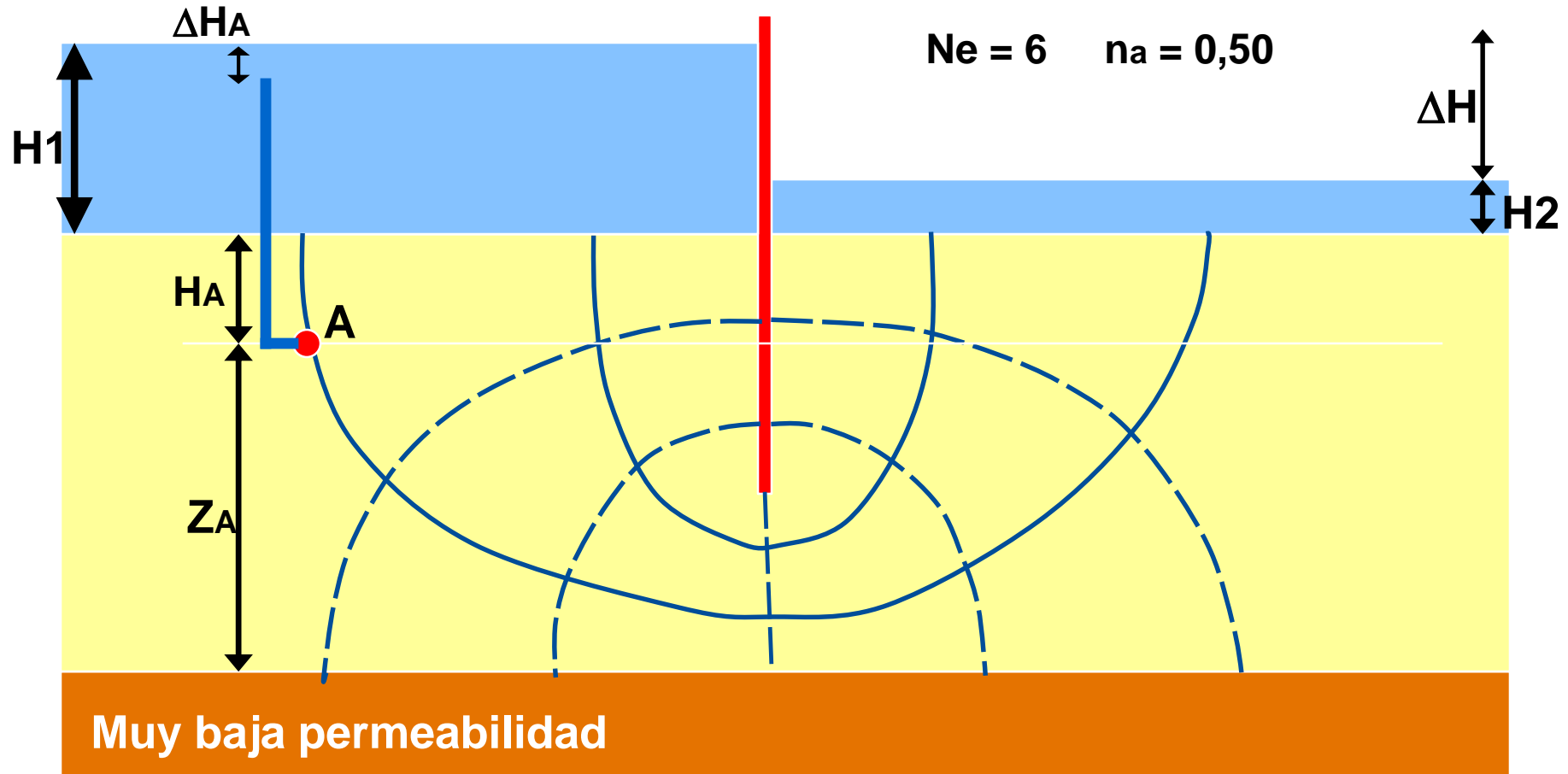


PRESIONES HIDRODINAMICAS

$$u_A = \gamma_w (H_1 + H_A - n_a/N_e \Delta H)$$

$$\Delta H_A = \Delta H \times (n_a / N_e)$$

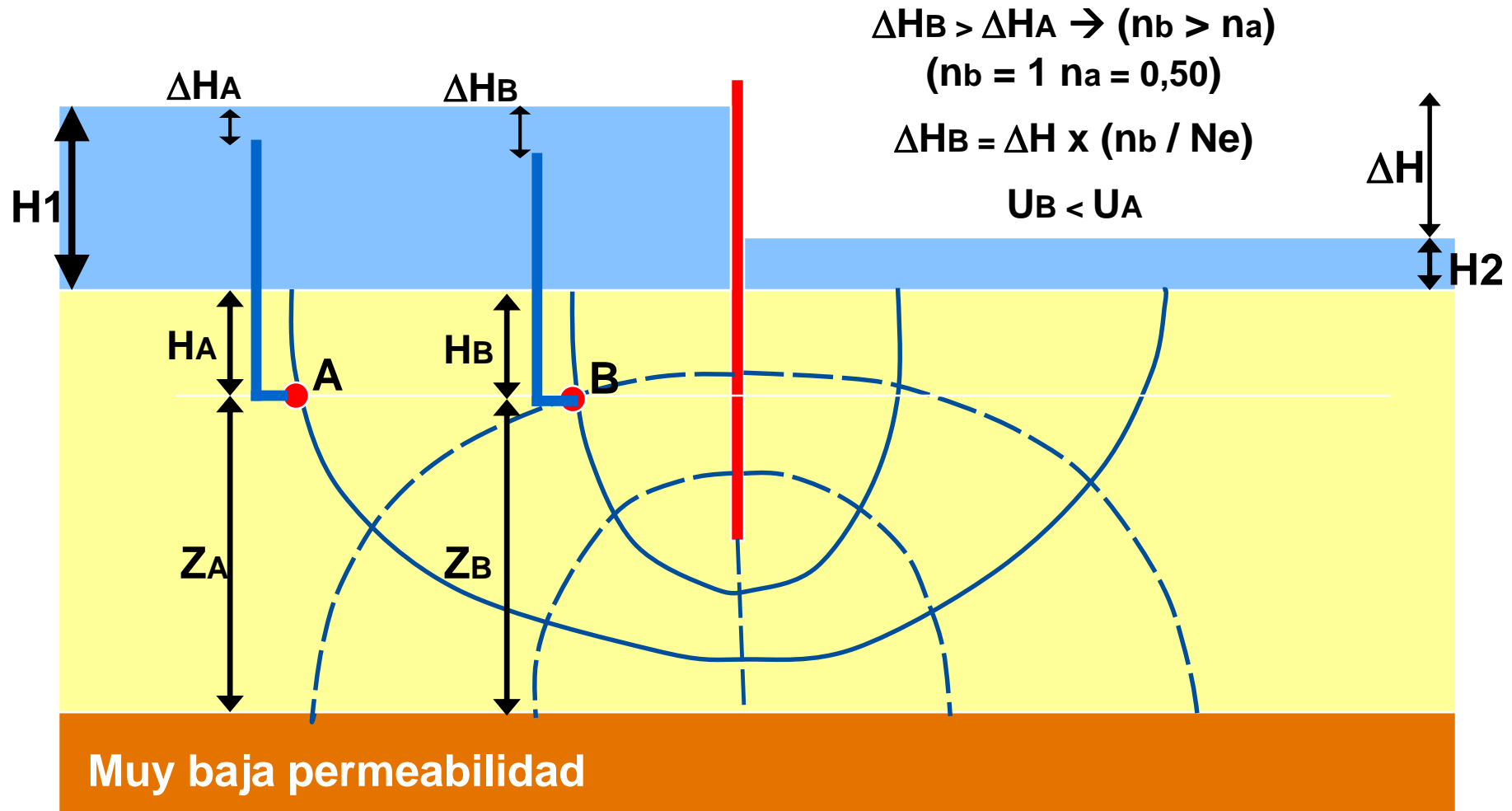
$$N_e = 6 \quad n_a = 0,50$$





PRESIONES HIDRODINAMICAS

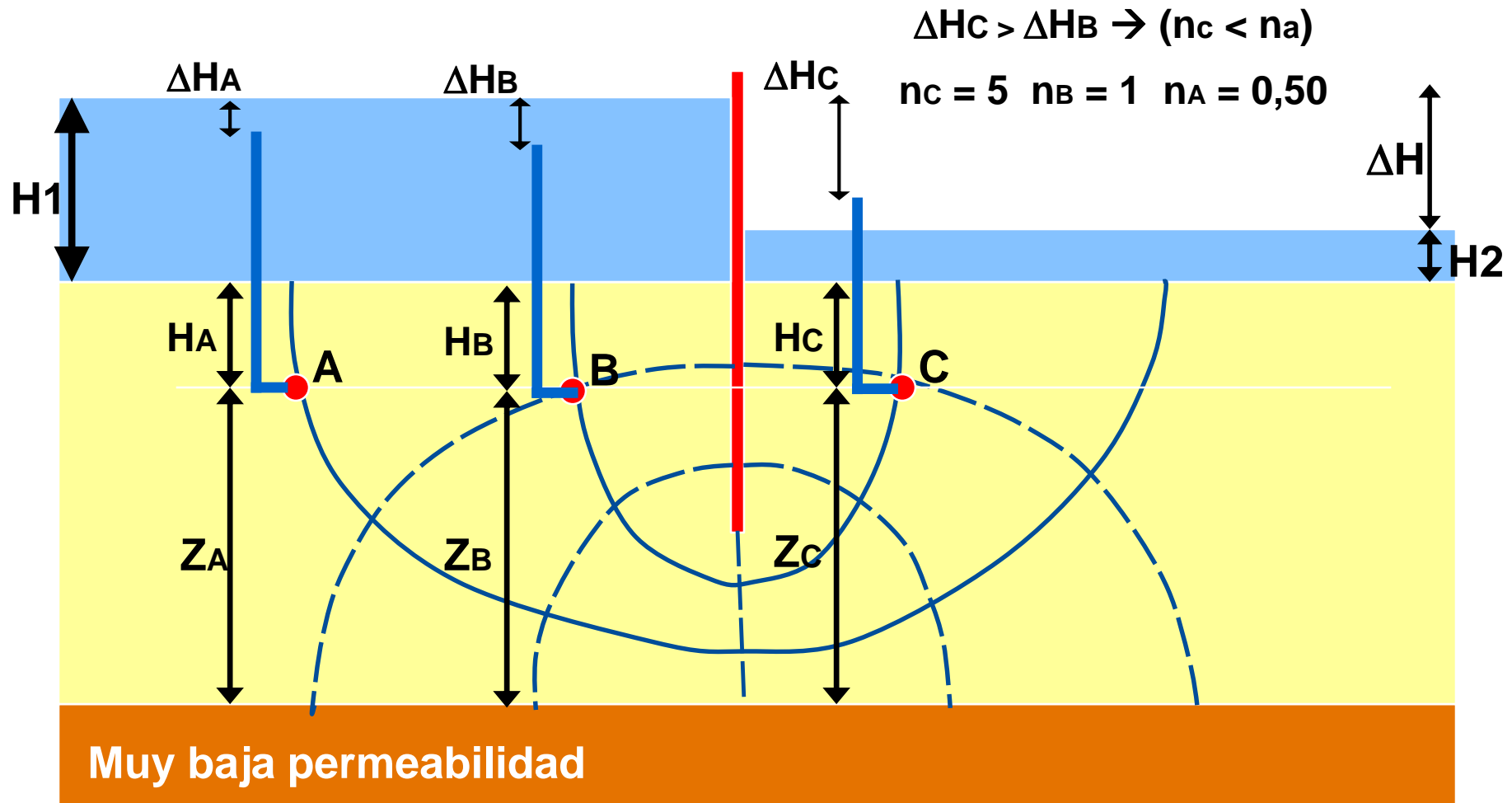
$$u_B = \gamma_w (H_1 + H_B - n_b/N_e \Delta H)$$





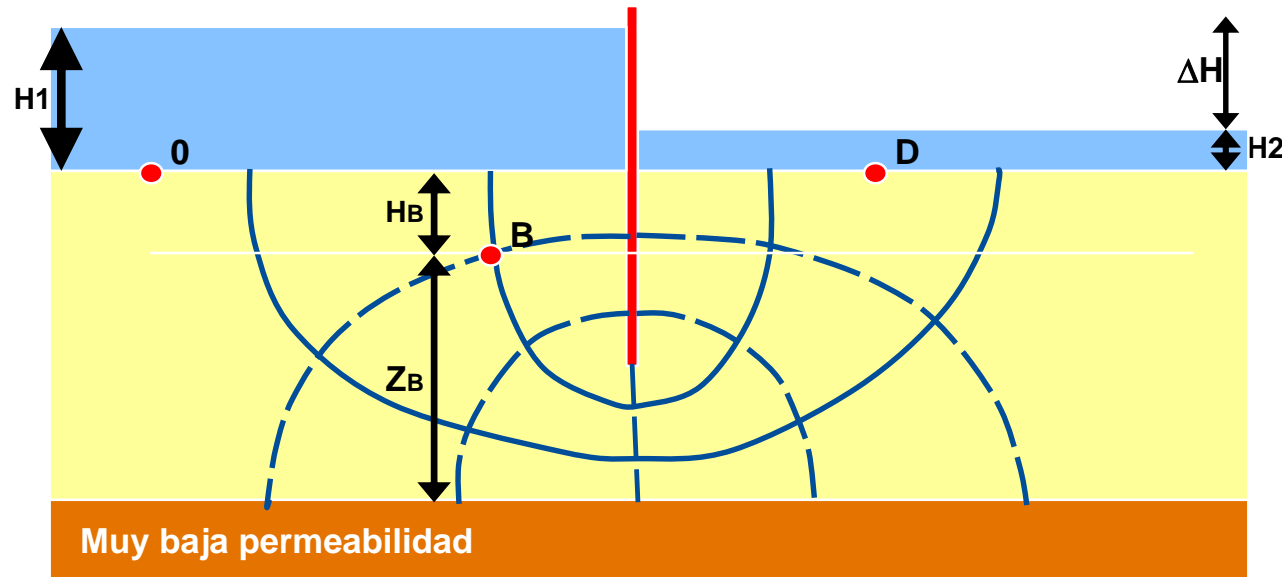
PRESIONES HIDRODINAMICAS

$$u_c = \gamma_w (H_1 + H_c - n_c/N_e \Delta H)$$





PRESIONES HIDRODINAMICAS



P. HIDRODINAMICA (Total)

$$u_o = \gamma_w (H_1 + 0 - 0/N_e \Delta H) = \gamma_w H_1$$

$$u_B = \gamma_w (H_1 + H_B - 1/N_e \Delta H)$$

$$u_D = \gamma_w (H_1 + 0 - 6/N_e \Delta H) = \gamma_w H_2$$

P. FILTRACION (Efectiva)

$$u_o = \gamma_w (\Delta H - 0/N_e \Delta H) = \gamma_w \Delta H$$

$$u_B = \gamma_w (\Delta H - 1/N_e \Delta H) = 5/6 \gamma_w \Delta H$$

$$u_c = \gamma_w (\Delta H - 6/N_e \Delta H) = 0$$



Ejercicio: Presiones Hidrodinámicas

Datos:

$$\gamma_{\text{SAT}} = 1,80 \text{ t/m}^3; h_C = 4,00 \text{ m}; \Delta H = 6,00 \text{ m}; H_2 = 3,5 \text{ m}$$

Presiones totales en C

$$\sigma_C = (1,0 \text{ t/m}^3 \cdot 3,50 \text{ m}) + (1,80 \text{ t/m}^3 \cdot 4,00 \text{ m}) = 10,7 \text{ t/m}^2$$

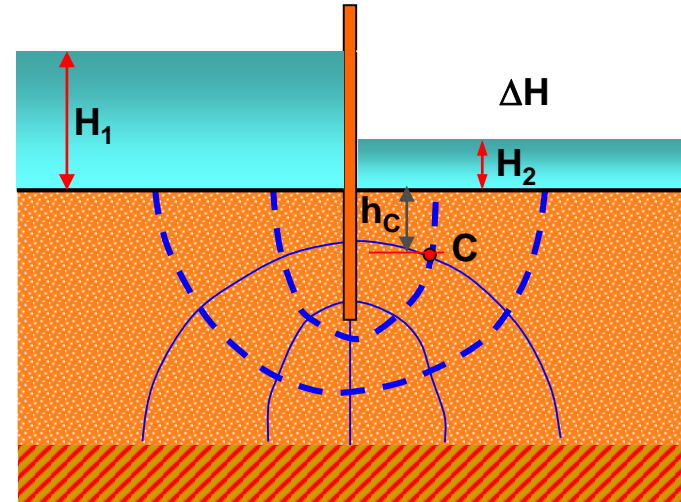
Presión del agua (hidrodinámica) en C

$$u_C = \gamma_w [H_1 + h_C - n_C \cdot (\Delta H / N_e)]$$

$$u_C = 1,00 \text{ t/m}^3 [9,50 \text{ m} + 4,00 \text{ m} - 5 \cdot (6,0 \text{ m} / 6)] = 8,50 \text{ t/m}^2$$

Presión efectiva en C

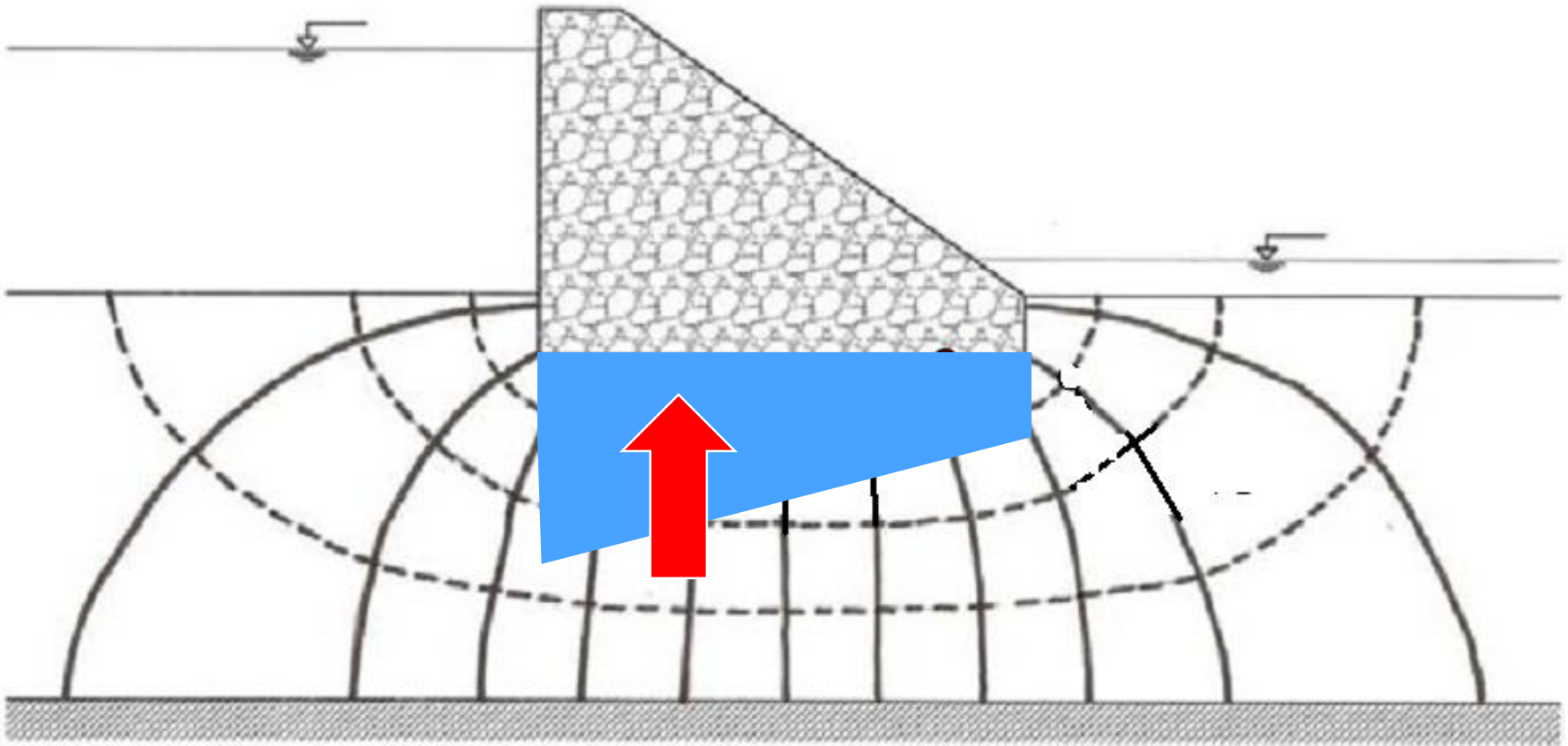
$$\sigma'_C = 10,7 \text{ t/m}^2 - 8,5 \text{ t/m}^2 = 2,2 \text{ t/m}^2$$



No hay sifonaje en el C, porque las presiones efectivas son mayores a “0” ($\sigma'_C > 0$)



PRESIONES HIDRODINAMICAS

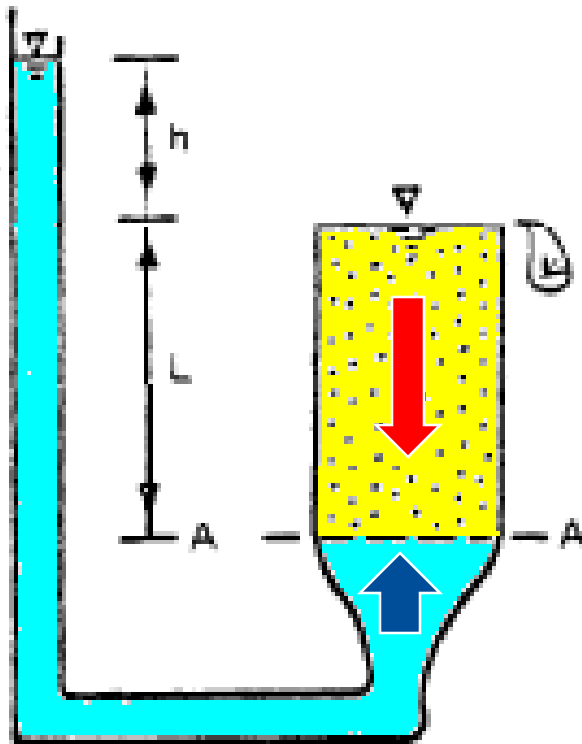


- El diagrama de presiones hidrodinámicas, integrado, genera una fuerza perpendicular a la losa de fondo del azud.
- Tiende a levantarlo



EROSION POR SIFONAMIENTO

Fuerzas del Sistema



P Total Suelo

$$F_d = \gamma_{\text{sat}} \cdot L \cdot A$$

P Hidrodinámica

$$F_a = (h + L) \cdot \gamma_w \cdot A$$

Equilibrio

$$\gamma_{\text{sat}} \cdot L \cdot A = (h + L) \cdot \gamma_w \cdot A$$

$$\frac{h}{L} = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_w} - 1 = \frac{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w}{\gamma_w}$$

$$\frac{h}{L} = i_{\text{crit}} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

**Gradiente Crítico
(Hazar, 1935)**

$$F_s = \frac{i_{\text{cr}}}{i_{\text{exit}}}$$



EROSION POR SIFONAMIENTO

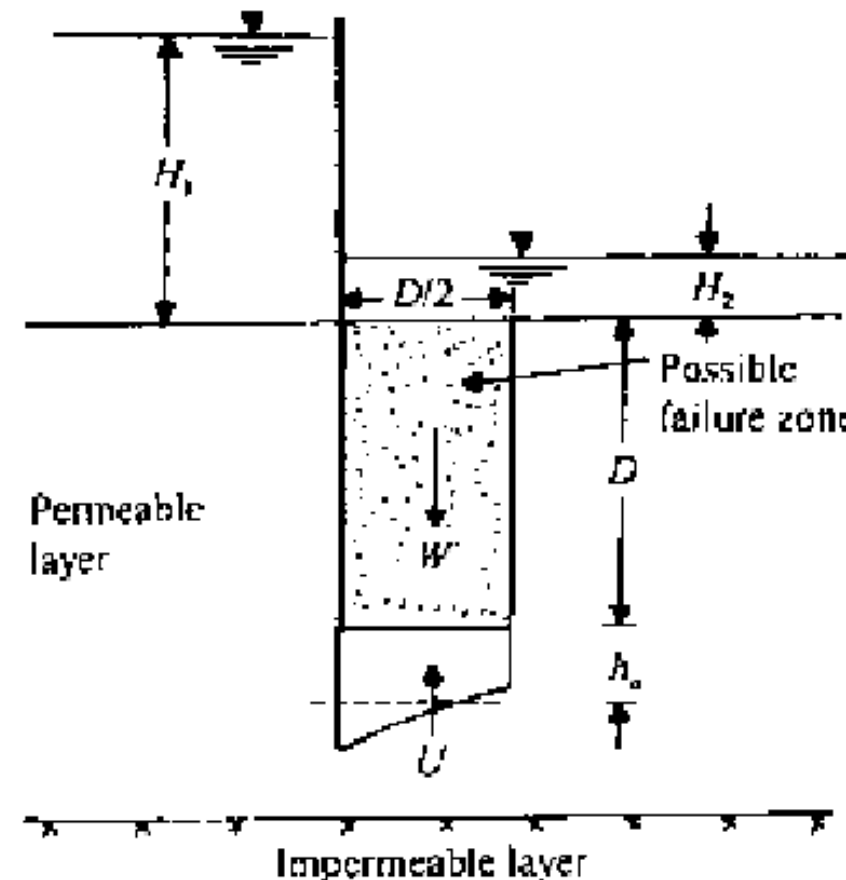
Relación de Tensiones (Terzaghi, 1922)

Equilibrio de Esfuerzos

Fuerza Ascendente $\rightarrow U = \frac{1}{2} \gamma_w D h_a$
 ha Presión de filtración

Fuerza Descendente $\rightarrow W' = \frac{1}{2} \gamma' D^2$

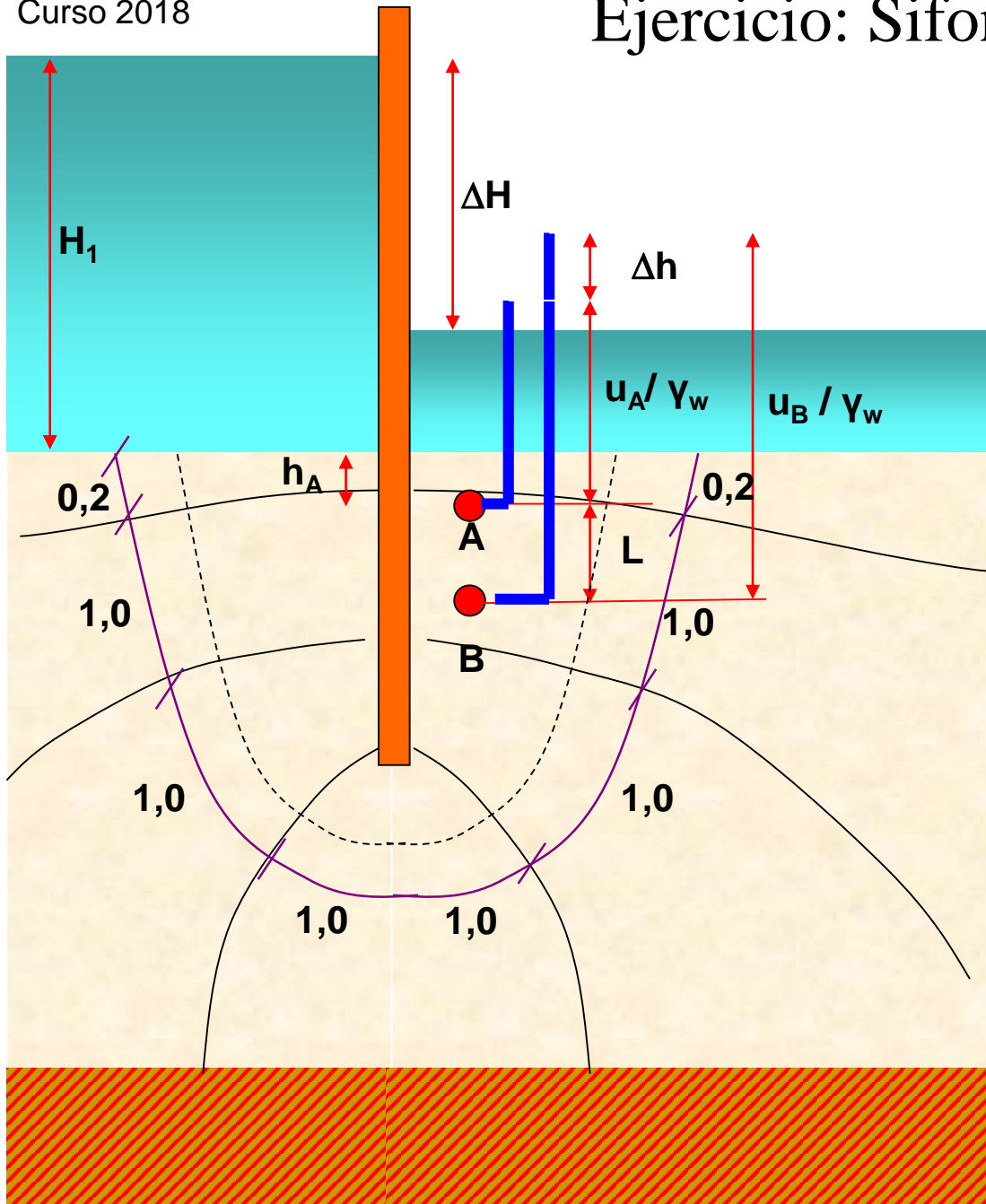
$$F_s = \frac{W'}{U} = \frac{\frac{1}{2} \gamma' D^2}{\frac{1}{2} \gamma_w D h_a} = \frac{D \gamma'}{h_a \gamma_w}$$







Ejercicio: Sifonaje



Pérdida de Carga

$$\Delta h = u_B / \gamma_w - u_A / \gamma_w$$

Gradiente hidráulico en AB

$$i = \Delta h / L$$

Gradiente crítico

$$i_c = \gamma' / \gamma_w$$

Coeficiente de seguridad al sifonaje

$$F.S._{sifonaje} = \frac{\gamma'}{\frac{\gamma_w}{\frac{\Delta h}{L}}}$$



EROSION POR SIFONAMIENTO

Distancia de Filtración (Lane, 1935)

Longitud de recorrido
ponderada

Creep ponderado $= \frac{L_w}{H_1 - H_2}$

Table 5.4 Safe values for the weighted creep ratio

Material	Safe weighted creep ratio
Very fine sand or silt	8.5
Fine sand	7.0
Medium sand	6.0
Coarse sand	5.0
Fine gravel	4.0
Coarse gravel	3.0
Soft to medium clay	2.0–3.0
Hard clay	1.8
Hard pan	1.6

$$L_w = \frac{\sum L_h}{3} + \sum L_v$$

