



Solucionario propiedades hidráulicas del suelo

Mecanica de suelos (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas)



Escanea para abrir en Studocu



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS
MECÁNICA DE SUELOS (CI561)
ACTIVIDAD GRUPAL
Ciclo 2022-II

Profesor: Raúl I. Contreras Fajardo
Sección: CX51

Pregunta N°1

Un estrato arenoso con 3m de espesor promedio y pendiente $V=1:H=4$ se sitúa entre dos estratos de arcilla, prácticamente impermeable, como se muestra en la Fig. 1. Para la observación del flujo, se instalan dos piezómetros en los puntos A y B cuya separación horizontal es de 60m. Si el caudal observado por metro de ancho es de $Q=90\text{lt/hr}$, calcular el coeficiente de permeabilidad de la arena.

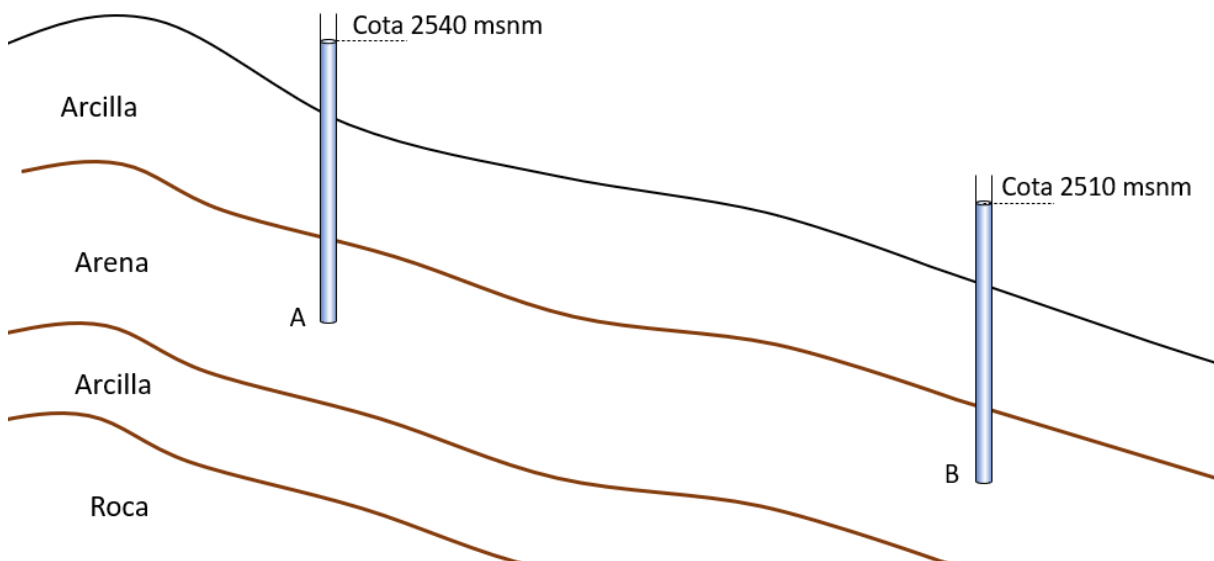
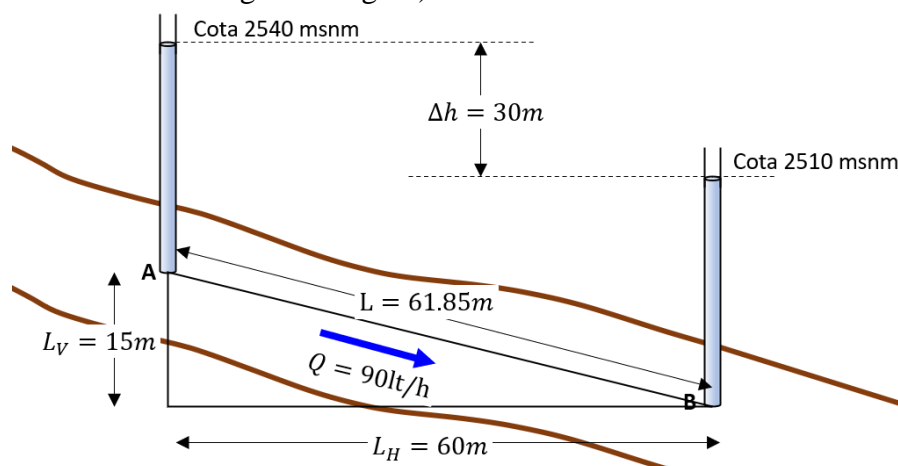


Fig. 1

Solución

Si colocamos el nivel de referencia en la cota 0 msnm, la energía del punto A (altura de elevación + altura de presión) resulta $h_A = 2540\text{m}$ y la energía del punto B (altura de elevación + altura de presión) resulta $h_B = 2510\text{m}$, por lo tanto; la pérdida de energía o carga es: $\Delta h = h_A - h_B = 2540\text{m} - 2510\text{m} = 30\text{m}$. Es importante mencionar que independientemente del nivel de referencia la pérdida de energía será la misma. Entonces la dirección de flujo es de A hacia B recorriendo una longitud de $L = 15\sqrt{1^2 + 4^2} = 61.85\text{m}$ (Longitud inclinada-Ver siguiente figura)



Utilizando la Ley de Darcy podemos expresar el coeficiente de permeabilidad de la siguiente manera:



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

$$V = \frac{Q}{A} = k \frac{\Delta h}{L} \rightarrow k = \frac{QL}{A \times \Delta h} \dots (1)$$

Como el estrato evaluado tiene un espesor de 3m y el caudal medido por metro de ancho es 90 lt/h, entonces el área transversal es $A = 3m \times 1m = 3m^2$, además expresamos el caudal en m/s

$$Q = 90 \frac{lt}{h} = 90 \left(\frac{10^{-3} m^3}{3600 s} \right) = 2.5 \times 10^{-5} m^3/s$$

Entonces en (1)

$$k = \frac{(2.5 \times 10^{-5} m^3/s)(61.85m)}{(3m^2)(30m)} = 1.72 \times 10^{-5} m/s$$

$$k = 1.72 \times 10^{-5} m/s$$

Pregunta N°2

La Fig. 2 muestra un permeámetro de 8 pulgadas de diámetro donde se instala una muestra conformada por dos suelos de 0.5m de longitud cada uno. Si la permeabilidad de los suelos $k_2 = 2k_1 = 2.5 \times 10^{-5} m/s$.

- Indicar la dirección de flujo justificando su respuesta.
- Calcular la poro-presión en el punto B.
- Calcular el caudal.

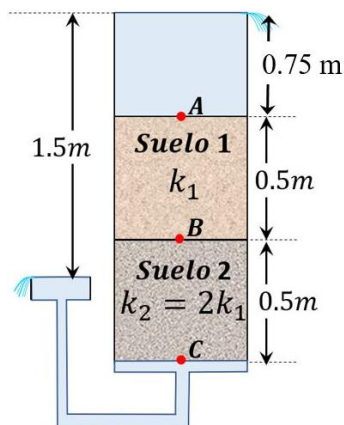
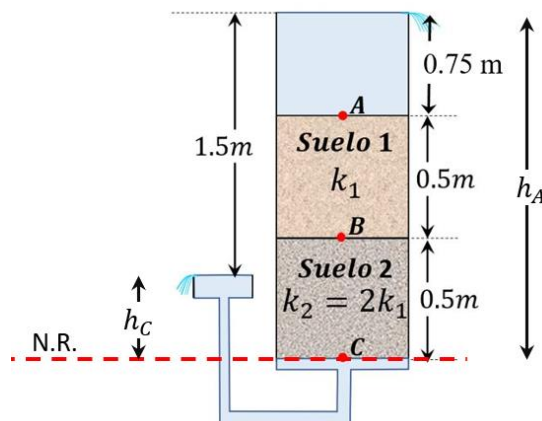


Fig. 2

Solución

- Si colocamos el nivel de referencia (N.R.) a la cota del punto C (ver figura) podemos notar que la energía del punto A ($h_A = 1.75m$) es mayor que la energía del punto C (h_C) por lo tanto; el flujo va de A hacia C causando una pérdida de carga total $\Delta h = 1.5m$





UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

- b) La presión de poros del punto B u_B está expresada en función de la altura de presión como:

$$u_B = h_p^B \times \gamma_w.$$

La altura de presión puede ser expresada como la energía total menos la altura de elevación, del punto C.

$$u_B = (h_C - h_e^B) \gamma_w$$

La energía de C es igual a la energía del punto A menos la pérdida de energía causada por el suelo 1, entonces:

$$u_B = [(h_A - \Delta h_1) - h_e^B] \gamma_w \dots (1)$$

Por otro lado, el caudal del flujo del suelo 1 es igual al caudal del suelo 2 (principio de continuidad), entonces:

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 V_1 = A_2 V_2 \rightarrow A_1 k_1 \frac{\Delta h_1}{L_1} = A_2 k_2 \frac{\Delta h_2}{L_2} \dots (2)$$

Según los datos del problema: $A_1 = A_2$, $L_1 = L_2$ y $k_2 = 2k_1$, reemplazando en la ecuación (2):

$$\Delta h_1 = 2\Delta h_2 \dots (3)$$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = \Delta h = 1.5m \dots (4)$$

De (3) y (4), resulta:

$$\Delta h_1 = 1.0m \text{ y } \Delta h_2 = 0.5m$$

En la ecuación (1), se tiene:

$$u_B = [(1.75m - 1.0m) - 0.5m] 9.81 \text{ kN/m}^3$$

$$\mathbf{u_B = 2.453 kPa}$$

- c) Para calcular el caudal utilizamos la ecuación (2)

$$Q_1 = A_1 k_1 \frac{\Delta h_1}{L_1}$$

$$A_1 = \frac{\pi(8 \times 2.54m/100)^2}{4} = 3.243 \times 10^{-2} m^2$$

Reemplazando:

$$Q_1 = (3.243 \times 10^{-2} m^2)(2.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}) \left(\frac{1m}{0.5m} \right)$$

$$Q_1 = (3.243 \times 10^{-2} m^2)(2.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}) \left(\frac{1m}{0.5m} \right)$$

$$\mathbf{Q_1 = 1.62 \times 10^{-6} m^3/s}$$



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Pregunta N°3

La Fig. 3 muestra un permeámetro de 4 pulgadas de diámetro. Una muestra constituida por dos suelos de 0.5 m de longitud cada uno, se somete a un flujo de carga constante, donde $k_1=1.5k_2=1.5 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$. Considerando que P_{atm} es la presión atmosférica y que el peso específico del agua $\gamma_w=10 \text{ kN/m}^3$

- Determine la carga de elevación (h_e), la carga de presión (h_p) y la carga total (h) en los puntos A, B y C con respecto al nivel de referencia e indicar la dirección de flujo.
- Determine el caudal.
- Determine la presión de poros en el punto B

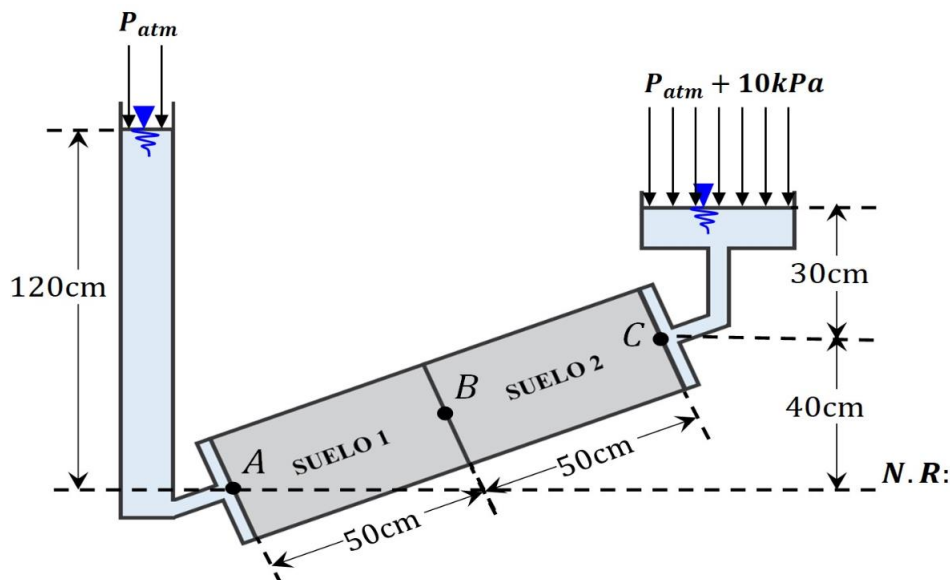


Fig. 3

Solución

- Determine la carga de elevación, de presión y la energía total respecto del nivel de referencia indicado

La presión atmosférica actúa por ambas superficies de agua por lo tanto se equilibra entre sí. Además, la presión de 10 kPa aplicada en la superficie de agua del recipiente derecho se puede reemplazar por altura de agua

$$h_p = \frac{P_0}{\gamma_w} = \frac{10 \text{ kPa}}{10 \text{ kN/m}^3} = 1 \text{ m}, \text{ esta altura de presión debe adicionarse en el punto C}$$

En el punto A

$$h_{e(A)} = 0.00 \text{ m}$$

$$h_{p(A)} = 1.20 \text{ m}$$

$$h_{(A)} = h_{e(A)} + h_{p(A)} = 1.20 \text{ m}$$

En el punto C

$$h_{e(C)} = 0.40 \text{ m}$$

$$h_{p(C)} = 0.30 \text{ m} + 1 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$$

$$h_{(C)} = h_{e(C)} + h_{p(C)} = 1.70 \text{ m}$$

Se observa que el punto C presenta mayor energía con respecto al punto A por lo tanto; el flujo va de C hacia A

En el punto B: La energía del punto B es igual a la energía del punto C menos la pérdida de energía de C a B (h_2) y se puede expresar de la siguiente manera:

$$h_{(B)} = h_{(C)} - h_2 \dots (1)$$



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Con las ecuaciones de flujo y la ley de Darcy, tenemos:

$$Q_{suelo\ 1} = Q_{suelo\ 2} \rightarrow v_1 A_1 = v_2 A_2 \rightarrow k_1 \left(\frac{h_1}{L_1} \right) A_1 = k_2 \left(\frac{h_2}{L_2} \right) A_2$$

Las áreas transversales del suelo 1 y suelo 2 con constantes ($A_1 = A_2$), del mismo modo las longitudes ($L_1 = L_2$) y $k_1 = 1.5k_2 = 1.75 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ entonces:

$$k_1 h_1 = k_2 h_2 \rightarrow 1.5k_2 h_1 = k_2 h_2 \rightarrow 1.5h_1 = h_2 \dots (2)$$

Además, la pérdida de carga total es:

$$h_1 + h_2 = h_{(C)} - h_{(A)} = 1.70\text{m} - 1.20\text{m} = 0.50\text{m}$$

$$h_1 + h_2 = 0.50\text{m} \dots (3)$$

Entonces, con esas dos ecuaciones (2) y (3) se determina los valores de:

$$h_1 = 0.20\text{m} \rightarrow i_1 = 0.40$$

$$h_2 = 0.30\text{m} \rightarrow i_2 = 0.60$$

En (1)

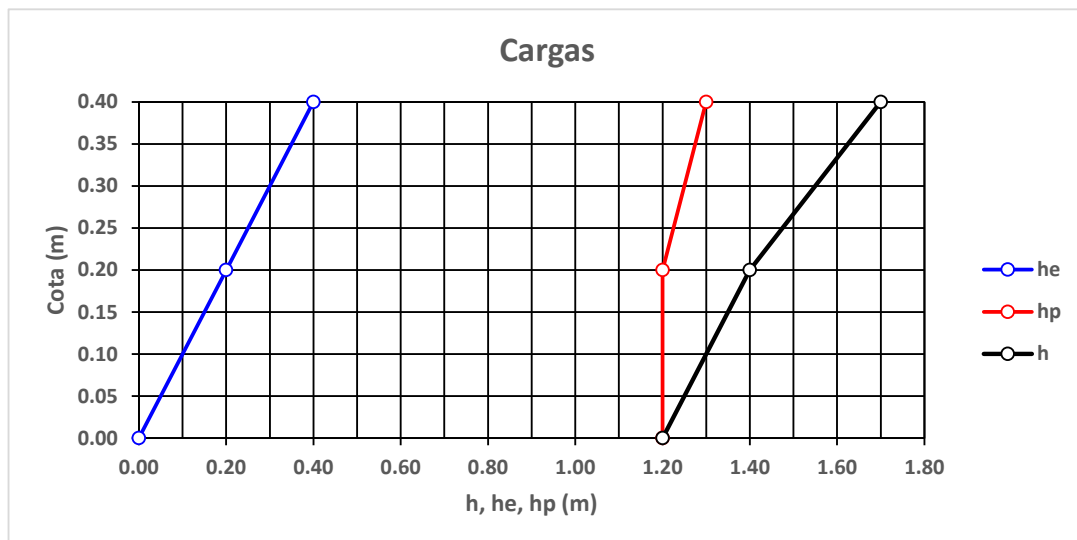
$$h_{(B)} = 1.70\text{m} - 0.30\text{m} = 1.40\text{m}$$

$$h_{e(B)} = 0.20\text{m} \text{ (punto medio)}$$

$$h_{p(B)} = h_{(B)} - h_{e(B)} = 1.40\text{m} - 0.20\text{m} = 1.20\text{m}$$

Cuadro resumen

Punto	Cota (m)	he (m)	hp (m)	h (m)
A	0	0	1.2	1.2
B	0.2	0.2	1.2	1.4
C	0.4	0.4	1.3	1.7



b) Cálculo de caudal

$$Q_{suelo\ 1} = Q_{suelo\ 2} = Q = v_1 A_1 = k_1 i_1 A_1$$

$$Q = (1.75 \times 10^{-6} \text{ cm/s})(0.4) \left(\pi \frac{7.62^2}{4} \text{ cm}^2 \right)$$

$$Q = 3.192 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

c) Determine la presión de poros en el punto B

$$u = \gamma_w (h_{p(B)}) = 10 \text{ kN/m}^3 (1.2\text{m}) = 12 \text{ kPa}$$

Pregunta N°4



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Para evaluar las condiciones hidráulicas de una muestra de arena con índice de vacíos de 0.65, se utilizó un permeámetro de carga constante de 4 pulgadas de diámetro (ver Fig. 4). Durante el ensayo se colectó 45 g de agua en 105 segundos. Ubicando el nivel de referencia en la cota cero, determine:

- Grafique la carga de elevación, carga de presión y carga total.
- Determinar el coeficiente de permeabilidad en cm/s.
- La velocidad de infiltración en cm/s.

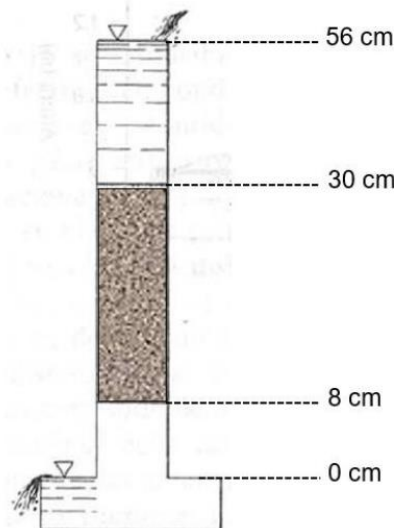


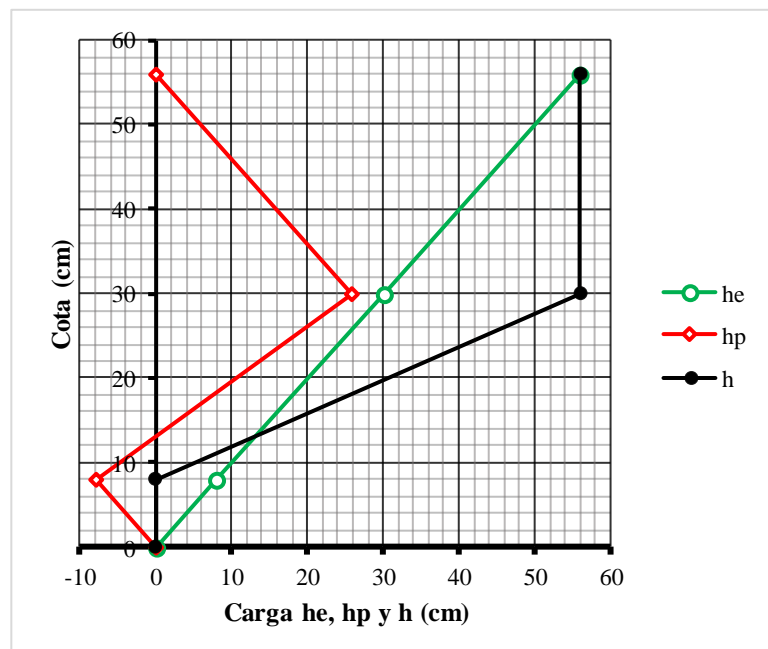
Fig. 4

Solución

a. Grafique la carga de elevación, carga de presión y carga total.

Para determinar la carga de elevación, presión y total, se ubica el nivel de referencia en la cota 0, a partir del cual se obtiene:

cota (cm)	he (cm)	hp (cm)	h (cm)
0	0	0	0
8	8	-8	0
30	30	26	56
56	56	0	56



b. Determinar el coeficiente de permeabilidad en cm/s.



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Del cuadro anterior, el flujo desarrollado es descendente generando una pérdida de carga igual a 56 cm, como la longitud de la muestra es de 22cm, entonces el gradiente hidráulico es:

$$i = \frac{56\text{cm}}{22\text{cm}} = 2.545$$

Utilizando la Ley de Darcy,

$$v = ik \rightarrow k = \frac{v}{i}$$

La velocidad media v puede ser expresada como:

$$v = \frac{\text{Caudal}}{\text{Área}} = \frac{Q}{A} = \frac{\text{Vol}}{t \times A} \rightarrow k = \frac{\text{Vol}}{t \times A \times i}$$

Donde:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 10.16^2}{4} = 81.073\text{cm}^2$$

Reemplazando valores:

$$k = \frac{45\text{ cm}^3}{105\text{s} \times 81.073\text{cm}^2 \times 2.545}$$

$$k = 2.077 \times 10^{-3}\text{cm/s}$$

c. **Determinar la velocidad de infiltración en cm/s.**

$$v = ik = 2.545 \times 2.077 \times 10^{-3}\text{cm/s}$$

$$v = 5.286 \times 10^{-3}\text{cm/s}$$

La velocidad de infiltración v_s está expresada:

$$v_s = \frac{v}{n} = v \frac{(1+e)}{e} = 5.286 \times 10^{-3}\text{cm/s} \frac{(1+0.65)}{0.65}$$

$$v_s = 1.342 \times 10^{-2}\text{cm/s}$$

Pregunta N°5

La Fig. 5 muestra un permeámetro donde fue instalado una muestra de suelo heterogéneo de 900cm^2 de área transversal. Determinar el caudal Q considerando que $k_1 = 4.5 \times 10^{-7}\text{cm/s}$.

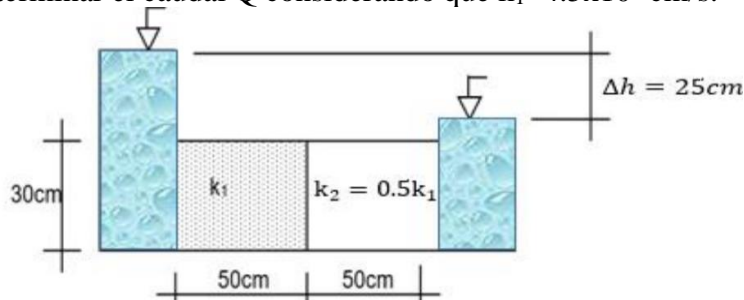


Fig. 5

Solución

El flujo se desarrolla de izquierda a derecha debido a que el lado izquierdo de la muestra presenta mayor carga, además; el caudal es constante para ambas muestras, esto quiere decir que las velocidades también son iguales ya que ambas muestras presentan la misma sección transversal.

$$v_1 = v_2$$

Utilizando la Ley de Darcy:

$$k_1 \times i_1 = k_2 \times i_2 \rightarrow i_2 = i_1 \frac{k_1}{k_2}$$

Como



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

$$k_2 = 0.5k_1 \rightarrow i_2 = 2i_1 \quad (1)$$

La pérdida de carga total es:

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = i_1 \times L_1 + i_2 \times L_2$$

$$25cm = i_1 \times 50cm + 2i_1 \times 50cm$$

$$i_1 = \mathbf{0.1667}$$

En (1)

$$i_2 = \mathbf{0.3333}$$

Entonces

$$Q = Q_1 = A \times v_1 = Ak_1 i_1 = (900cm^2)(4.5 \times 10^{-7}cm/s)(0.1667)$$

$$Q = \mathbf{6.75 \times 10^{-5}cm^3/s}$$