

GEOLOGIA Y GEOTECNIA 2016

REDES DE FILTRACIÓN

**Ing. Silvia Angelone
Ing. M. Teresa Garibay**

Desarrollo de la clase

1) INTRODUCCIÓN

- 1-1) Características de la masa de suelo
- 1-2) Aspectos geotécnicos del movimiento del agua en el suelo

2) REDES DE FILTRACIÓN

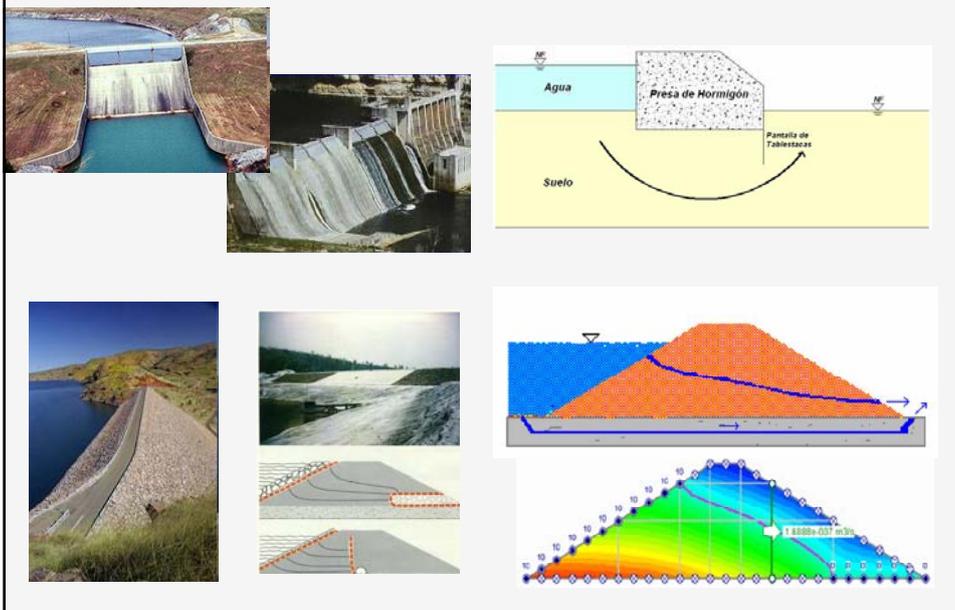
- 2-1) Conceptos generales
- 2-2) Ecuaciones hidrodinámicas que rigen el flujo de agua a través de los suelos
- 2-3) Trazado de la red de flujo
 - 2-3-1) Condiciones hidráulicas de borde
 - 2-3-2) Recomendaciones para el trazado de la red de flujo
- 2-4) Cálculo del gasto o caudal en suelos isótropos
- 2-5) Cálculo de presiones en el agua dentro de la masa de suelo
- 2-6) Estabilidad del suelo
 - 2-6-1) Gradiente hidráulico crítico
 - 2-6-2) Defensas contra la erosión
 - 2-6-2-1) Filtros naturales
 - 2-6-2-2) Filtros con geosintéticos
- 2-7) Cálculo del gasto o caudal en suelos anisótropos

3) ANALISIS DE FILTRACIONES UTILIZANDO SEEP/W – GeoStudio 2007

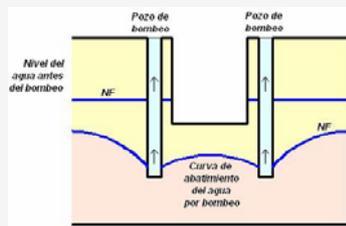
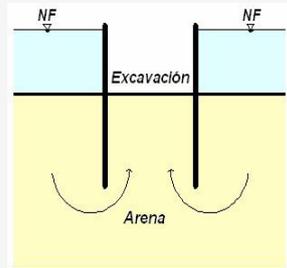
BIBLIOGRAFÍA

- **Terzaghi y Peck: arts 11, 12, 22 y 23**
- **Baja Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Cap. 4**
- **Apunte de Geología y Geotecnia. FILTRACIONES (2010)**

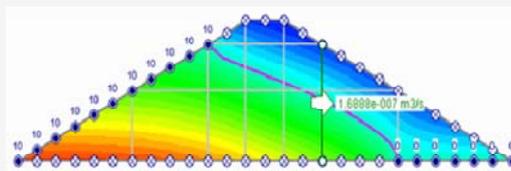
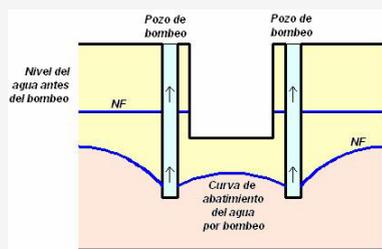
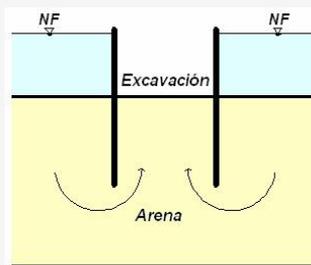
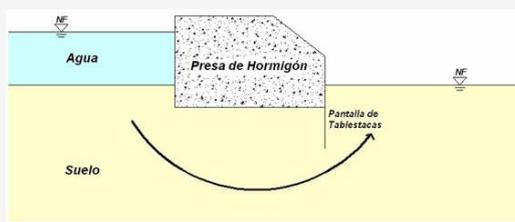
Problemas de Filtración



Problemas de Filtración



Problemas de Filtración



Cuestiones a determinar

- El gasto o caudal de filtración a través de la zona de flujo
- Las presiones dentro de la masa de suelo
- Las sobrepresiones de filtración
- La influencia del flujo de agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que escurre.
- Las posibilidades del agua de infiltración de producir arrastres de material sólido, erosiones, tubificación, etc.
- Las presiones sobre las estructuras.

Hipótesis de partida

- Suelo y agua incompresibles. $V_v = cte$
- Régimen permanente. Flujo estacionario
- Flujo laminar. Velocidad de filtración baja
- Válida la ley de Darcy. ($v = k i$)
- $k = constante$

Resolución del Problema

Se parte de la ecuación de continuidad de Laplace que gobierna la filtración de cualquier líquido incompresible a través de un medio poroso

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

Para el plano y con un suelo isótropo respecto a la permeabilidad: $k_x = k_z$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

Resolución de la ecuación de Laplace

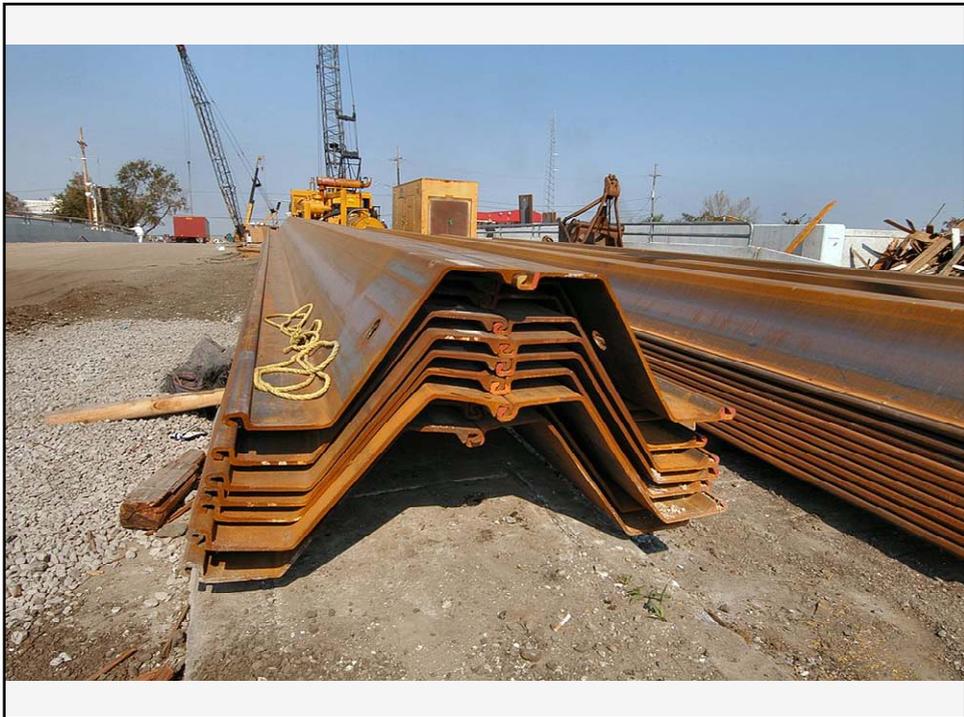
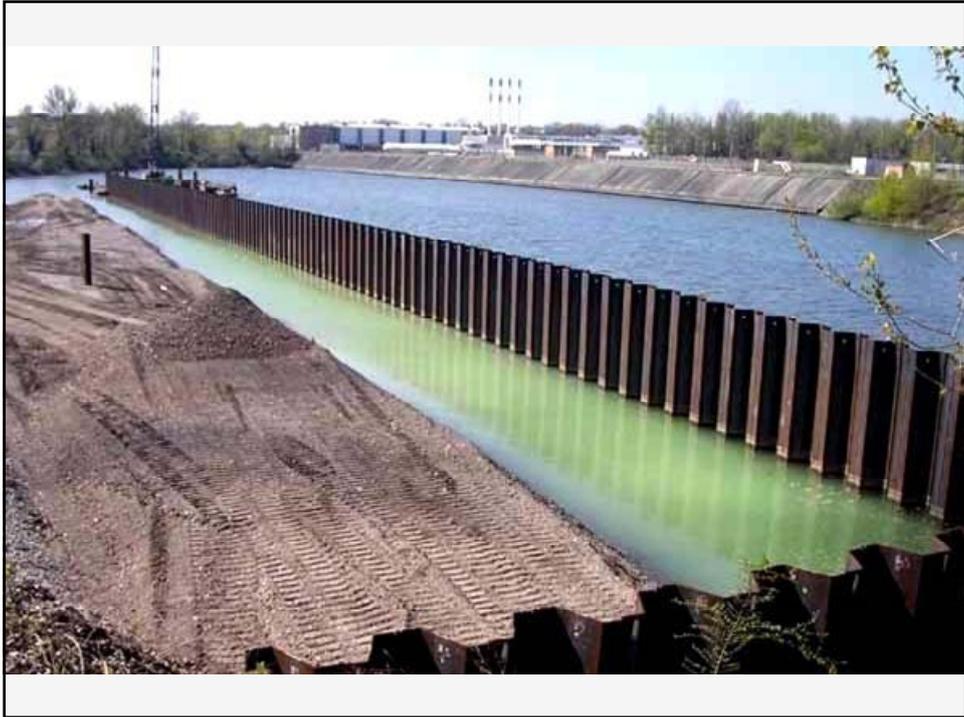
Dos familias de **curvas ortogonales** entre sí

Líneas de Flujo - $\Psi(x, y) = \text{cte}$

Es una línea a lo largo de la cual de una partícula de agua viaja de aguas arriba a aguas abajo en medio del suelo permeable

Líneas Equipotenciales - $\Phi(x, y) = \text{cte}$

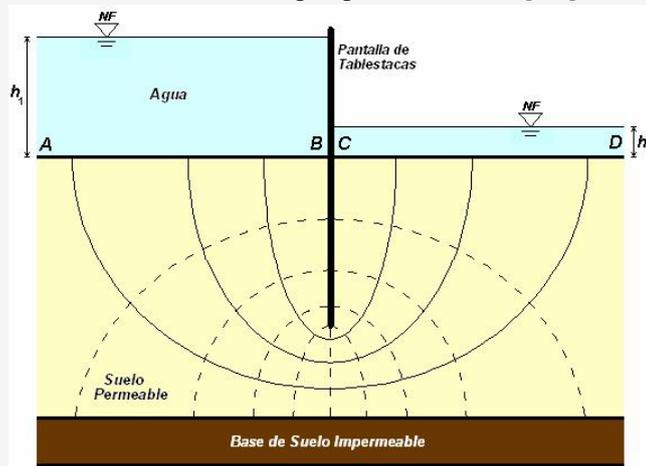
Es una línea a lo largo de la cual la carga potencial o nivel piezométrico es igual en todos sus puntos



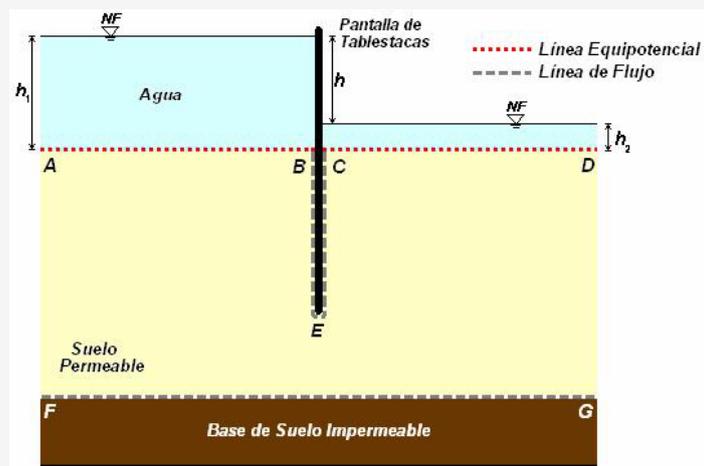
Resolución del Problema

Trazado de las REDES DE FLUJO

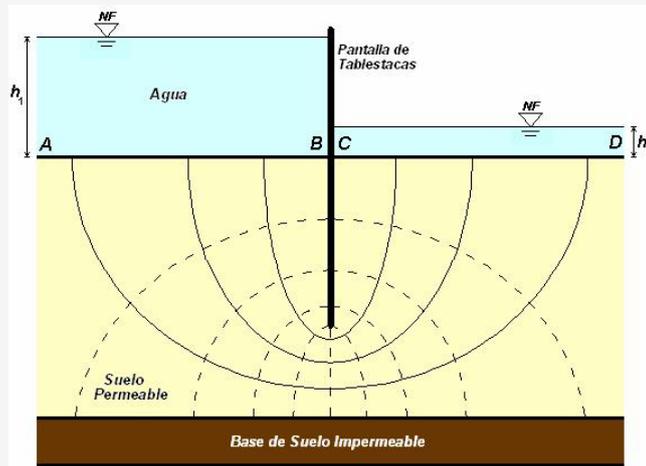
Conjunto de líneas de flujo y líneas equipotenciales



Condiciones de Borde



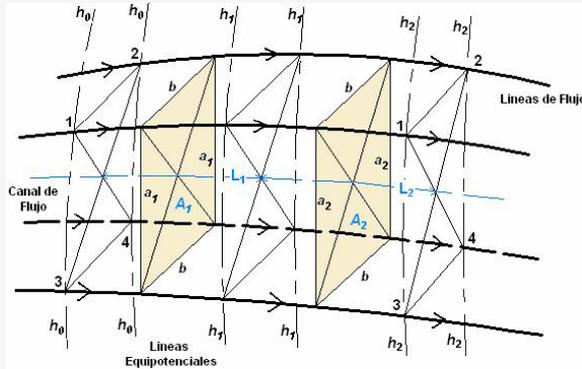
Trazado de las restantes Conjunto de líneas de flujo y líneas equipotenciales



Cuestiones a determinar

- El gasto o caudal de filtración a través de la zona de flujo
- Las presiones dentro de la masa de suelo
- Las sobrepresiones de filtración
- Las presiones sobre las estructuras.
- La influencia del flujo de agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que escurre.

Cálculo del Caudal



h_i : altura piezométrica en cada una de las equipotenciales
 L_i : distancia entre las líneas equipotenciales consecutivas

$$q = k \cdot i \cdot A = \text{cte}$$

$$i_1 \times A_1 = i_2 \times A_2$$

$$\Delta h = h_0 - h_1 = h_1 - h_2$$

$$\frac{\Delta h \times a_1 \times b}{L_1} = \frac{\Delta h \times a_2 \times b}{L_2}$$

$$\frac{a_1}{L_1} = \frac{a_2}{L_2}$$

Campos cuadrados

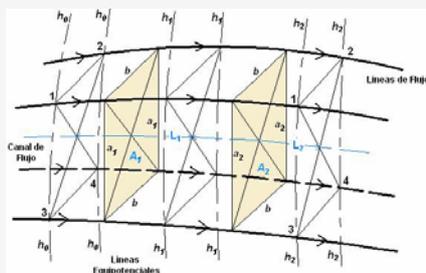
Cálculo del Caudal

$$\Delta q = v \times A = v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 = k \times i \times a \times b$$

$$\Delta q = k \times i \times a = k \times \frac{\Delta h}{L} a$$

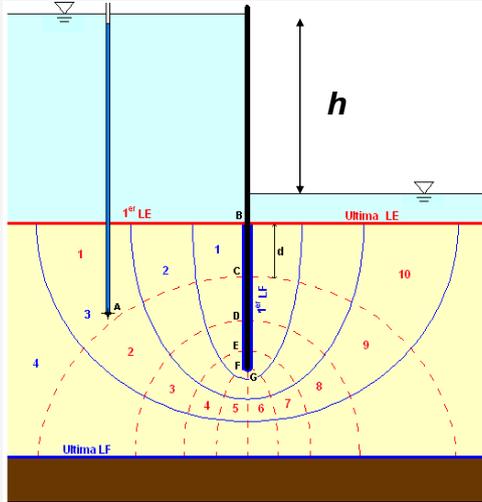
$$\Delta q = \frac{q}{N_f} \quad \Delta h = \frac{h}{N_c}$$

$$q = k \times h \times \frac{N_f}{N_c} \times \frac{a}{L}$$



$$q = k \times h \times \frac{N_f}{N_c}$$

Cálculo del Caudal



$$N_f = 4$$

$$N_c = 10$$

$$q = k \times h \times \frac{N_f}{N_c}$$

Factor de Forma

$$\frac{N_f}{N_c} = \text{cte.}$$

Cálculo del Caudal para $k_x \neq k_z$

TRAZADO DE UNA RED TRANSFORMADA

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \frac{1}{\frac{k_z}{k_x}} \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{k_z}{k_z} \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

$$x_T = x \cdot \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$$

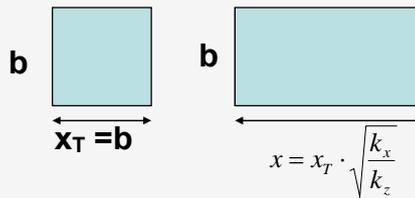
$$\frac{\partial^2 h}{\partial x_T^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

Red cuadrada

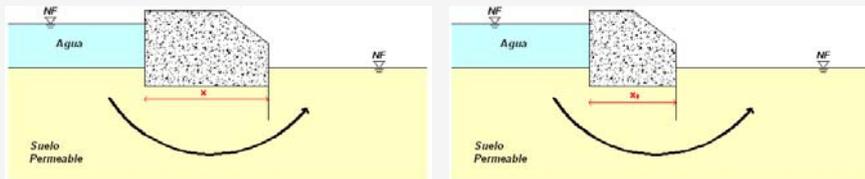
Cálculo del Caudal para $k_x \neq k_z$

TRAZADO DE UNA RED TRANSFORMADA

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x_T^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$



Red cuadrada



Cálculo del Caudal para $k_x \neq k_z$

TRAZADO DE UNA RED TRANSFORMADA

Red cuadrada

$$\Delta q_T = k_e \cdot i \cdot A = k_e \cdot \frac{\Delta h}{x_T} \cdot b \cdot 1$$

$$\Delta q = k_x \cdot \frac{\Delta h}{x} \cdot b \cdot 1$$

$$\Delta q_T = \Delta q$$

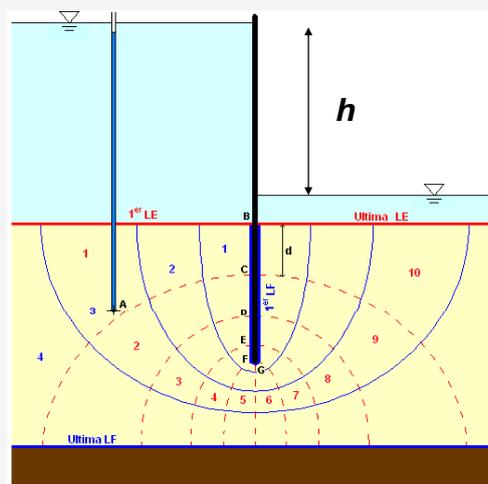
$$k_e = \sqrt{k_z \cdot k_x}$$

$$q = k_e \cdot h \cdot \frac{N_f}{N_c}$$

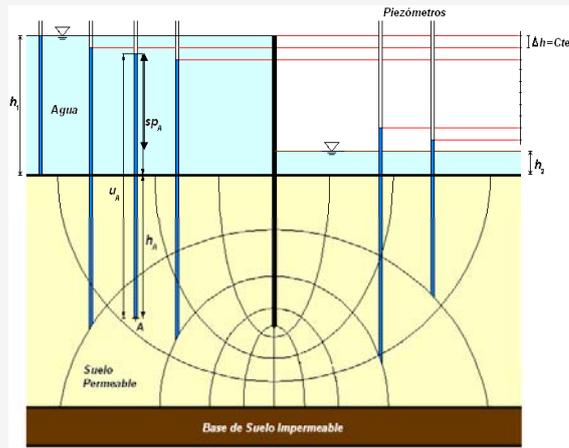
Cuestiones a determinar

- El gasto o caudal de filtración a través de la zona de flujo
- Las presiones dentro de la masa de suelo
- Las sobrepresiones de filtración
- Las presiones sobre las estructuras.
- La influencia del flujo de agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que escurre.

Cálculo de presiones en el agua dentro de la masa de suelo



Cálculo de presiones en el agua dentro de la masa de suelo



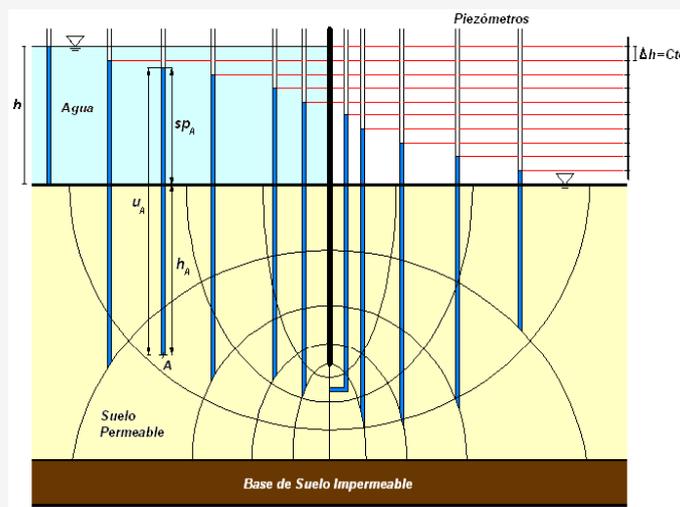
Presión neutra:

$$u_A = (h_1 + h_A - N_{cA} \times \Delta h) \times \gamma_w = (h_1 + h_A - \frac{N_{cA}}{N_c} h) \times \gamma_w$$

Sobrepresión de filtración

$$sp_A = (h - \frac{N_{cA}}{N_c} h) \times \gamma_w$$

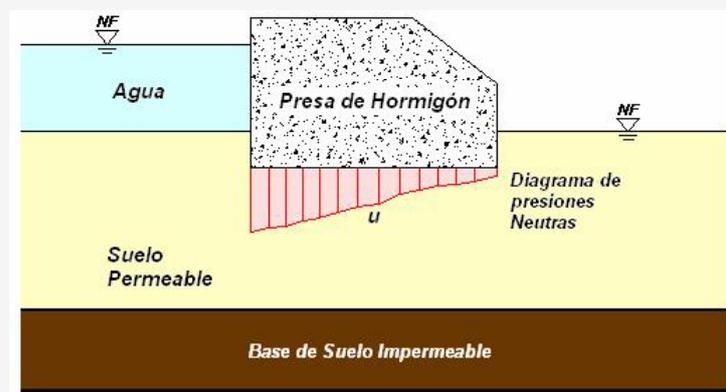
Presiones en el agua dentro de la masa de suelo



Cuestiones a determinar

- El gasto o caudal de filtración a través de la zona de flujo
- Las presiones dentro de la masa de suelo
- Las sobrepresiones de filtración
- **Las presiones sobre las estructuras**
- La influencia del flujo de agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que escurre

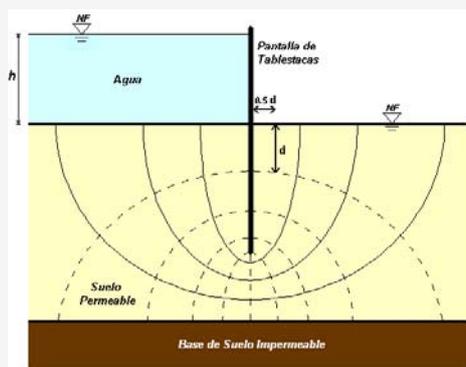
Cálculo de presión de filtración



Cuestiones a determinar

- El gasto o caudal de filtración a través de la zona de flujo
- Las presiones dentro de la masa de suelo
- Las sobrepresiones de filtración
- Las presiones sobre las estructuras
- La influencia del flujo de agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que escurre.

Cálculo del gradiente hidráulico de salida



$$\sigma' = \gamma' \times z - \gamma_w \times i \times z = 0$$

$$\gamma' = \gamma_w \times i \quad i_c = \gamma' / \gamma_w$$

$$i_s = \frac{\Delta h}{d} = \frac{h}{N_c \times d}$$

$$v \times i_s = i_c$$

[Planteos de soluciones posibles](#)

Correcciones del gradiente hidráulico de salida

