



Laboratorio  
de Aerodinámica  
y Fluidos

UTN F.R.H.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO

# TP N°1 “Pérdida de carga en cañerías”



**Laboratorio  
de Aerodinámica  
y Fluidos**

UTN F.R.H.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO**

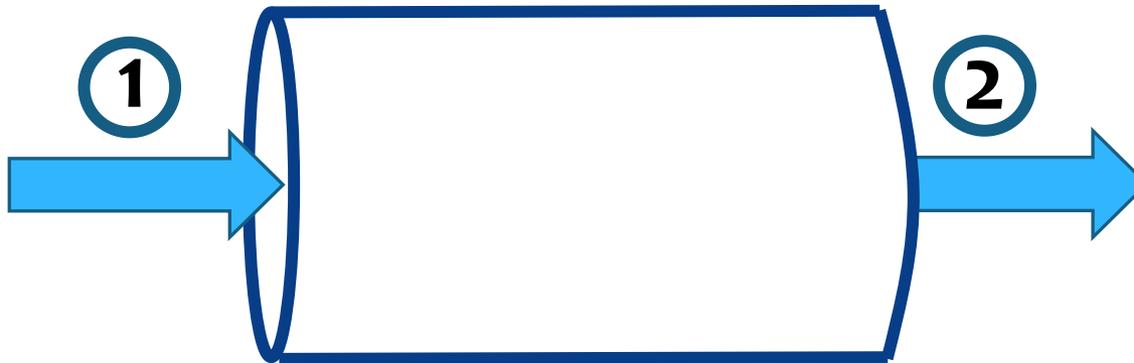
# Parte i: Ecuaciones Básicas

➤ Ecuación de Continuidad

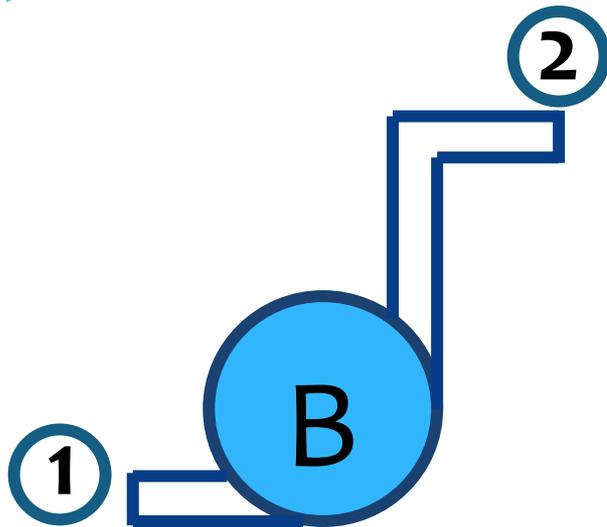
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \bar{v}) = 0 \quad ,$$

Para el caso de un flujo estacionario, la expresión se puede escribir como:

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$



Y si lo consideramos incompresible:  $A_1 v_1 = A_2 v_2$



➤ Ecuación general de la Energía Mecánica para Fluidos

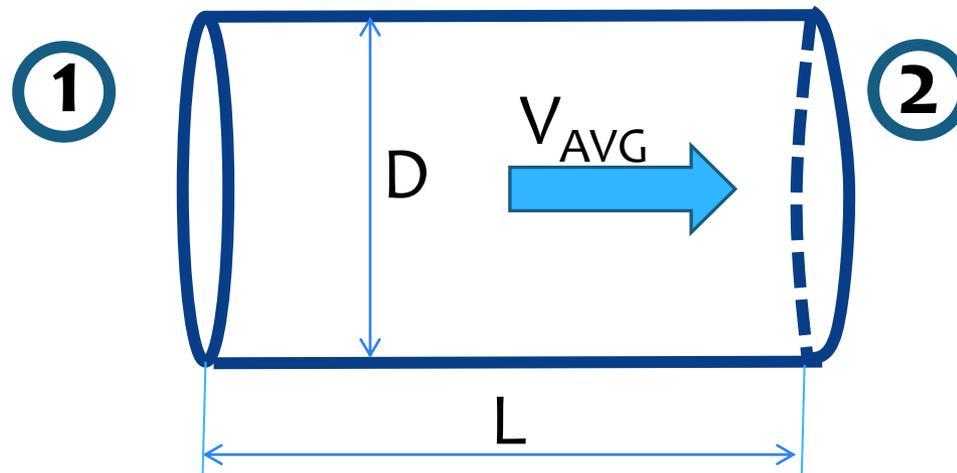
$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_B - h_L - h_{ACC} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$



$h_L$

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho g} = f \frac{L V_{AVG}^2}{D 2g} ; \Delta P_L = \rho g h_L \quad \text{“Ecuación de Darcy”}$$

$$f = \frac{8 \tau_w}{\rho V_{AVG}^2} \quad \text{“Factor de Fricción de Darcy”}$$





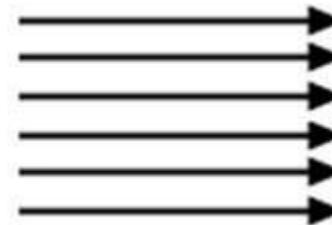
## ➤ Flujo Laminar y turbulento

El flujo *laminar* es aquel donde los esfuerzos viscosos son dominantes y por ello al introducirle una perturbación ésta es amortiguada rápidamente. Se caracteriza por ser un flujo cuyas partículas siguen trayectorias definidas.

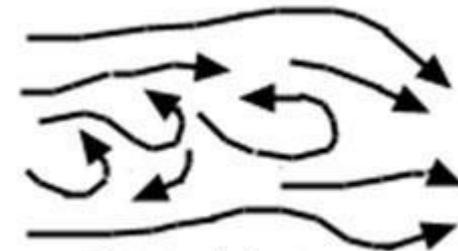
El mecanismo de transporte en dirección normal a la corriente, es decir, la disipación, existe solo a nivel molecular dado que las líneas de corriente se comportan de forma ordenada y el fluido apenas se entremezcla.

Un flujo *turbulento* se caracteriza por ser irregular y complejo. El paso de un flujo laminar a uno turbulento, denominado *transición*, queda determinado por el número de Reynolds, pero salvo en casos simples, el número de Reynolds crítico en el que el flujo pasa de ser laminar a turbulento es difícil de calcular.

A diferencia del caso anterior, hay una entremezcla del fluido a nivel macroscópico, donde las líneas de corriente dejan de comportarse de forma ordenada para comenzar a formar torbellinos. Se lo puede definir como un movimiento no estacionario y no periódico en el cual a velocidad, la presión, la temperatura y otras variables de transporte fluctúan.



Flujo laminar



Flujo turbulento

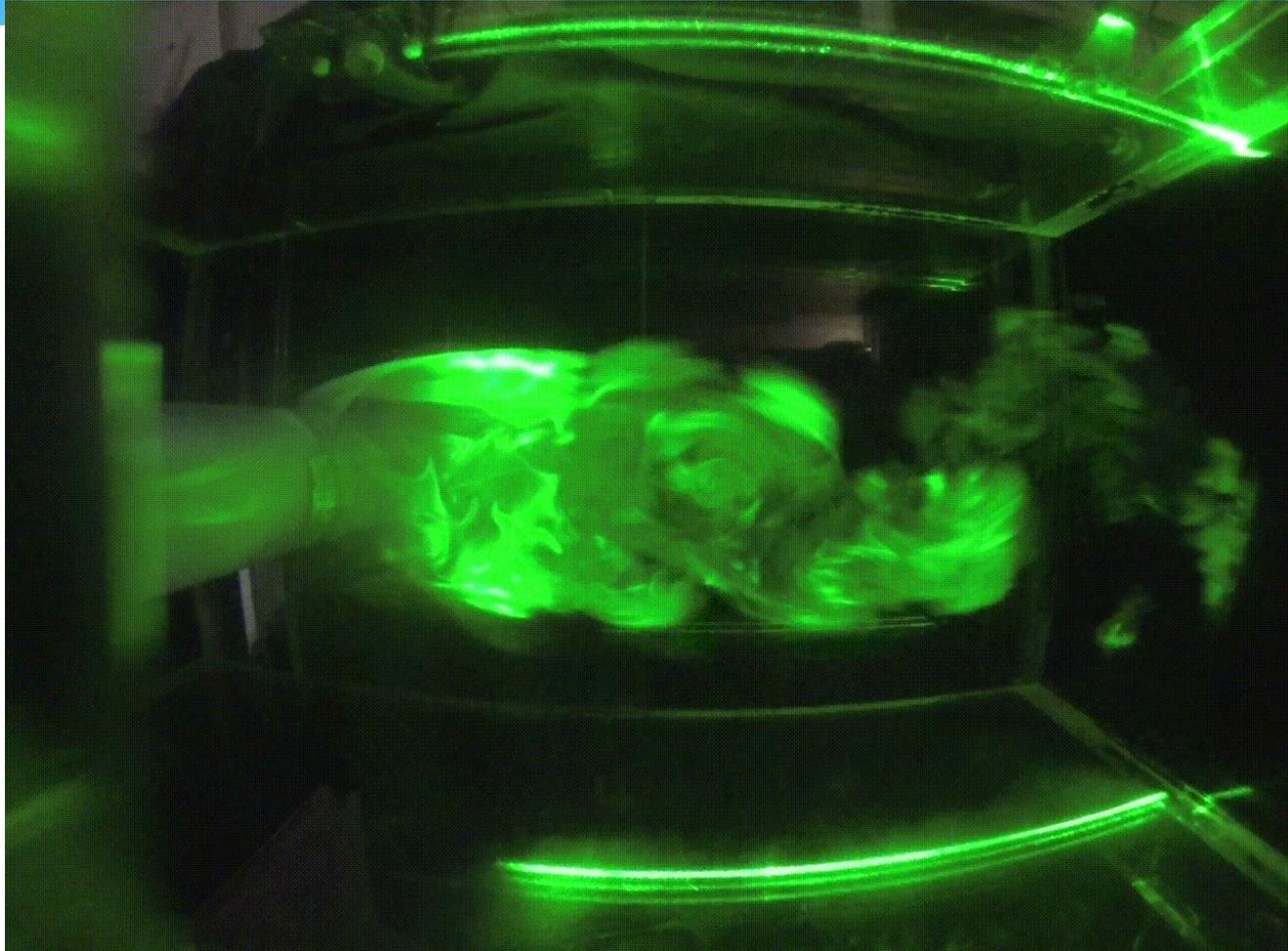


Laboratorio  
de Aerodinámica  
y Fluidos

UTN F.R.H.

# Flujo laminar vs Turbulento

**UTNHAEDO**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO





Para el agua tendremos los siguientes regímenes:

- Laminar  $Re < 2300$
- Transición  $2300 < Re < 4000$
- Turbulento  $Re > 4000$

Con 
$$Re = \frac{V_{AVG} * D * \rho}{\mu}$$

Donde

$\mu$  = viscosidad dinámica

$\rho$  = densidad



# $f$ : Factor de fricción de Darcy

- Expresión para flujo laminar

$$f = \frac{64 \mu}{\rho D V_{AVG}} = \frac{64}{Re}$$

- Expresión para flujo turbulento

$$\frac{1}{f^{1/2}} \cong 1.99 \log \left( Re_d f^{\frac{1}{2}} \right) - 1.02$$

*Solución diferencial*

$$\frac{1}{f^{1/2}} = 2.0 \log \left( Re_d f^{\frac{1}{2}} \right) - 0.8$$

*Expresión de Prandtl*

$$0.316 Re_d^{-1/4} \quad 4000 < Re_d < 10^5 \quad \text{Expresión de Blasius}$$



# $f$ : Factor de fricción de Darcy

- Expresión para flujo turbulento (cont.)

$$\left[1.8 \log \left( \frac{Re_d}{6.9} \right) \right]^{-2}$$

Expresión de Colebrook (transición)

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2.0 \log \left( \frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.7} \right)$$

Expresión para flujo turbulento desarrollado

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Expresión de Colebrook  
(año 1939, tuberías lisas y rugosas)

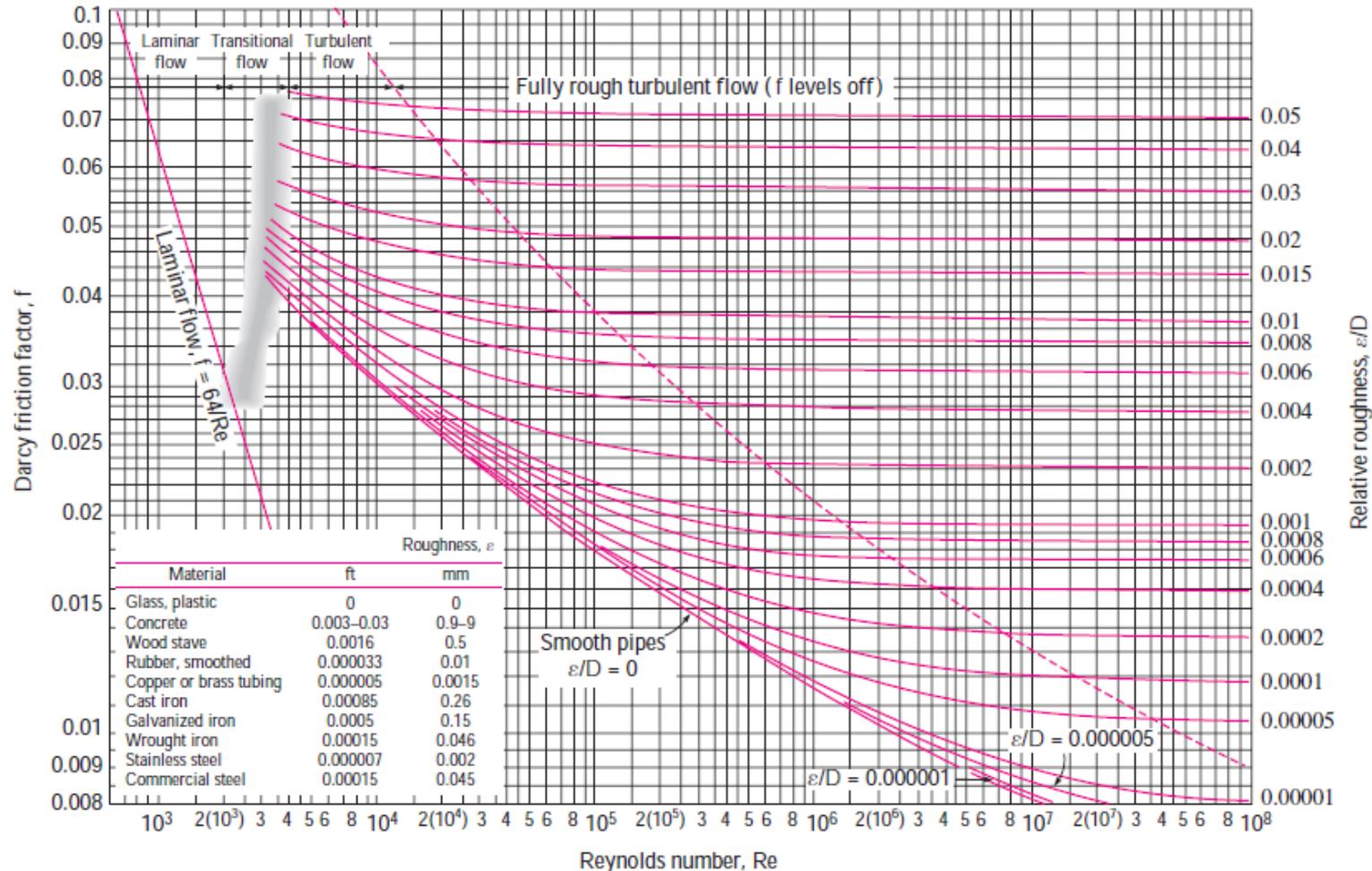
$$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left( \frac{6.9}{Re} + \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} \right)$$

Expresión de Haaland



# $f$ : Factor de fricción de Darcy

## ➤ Expresión para flujo turbulento (cont.)



The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular pipes for use in the head loss relation  $h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ . Friction factors in the turbulent flow are evaluated from the Colebrook equation  $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$ .

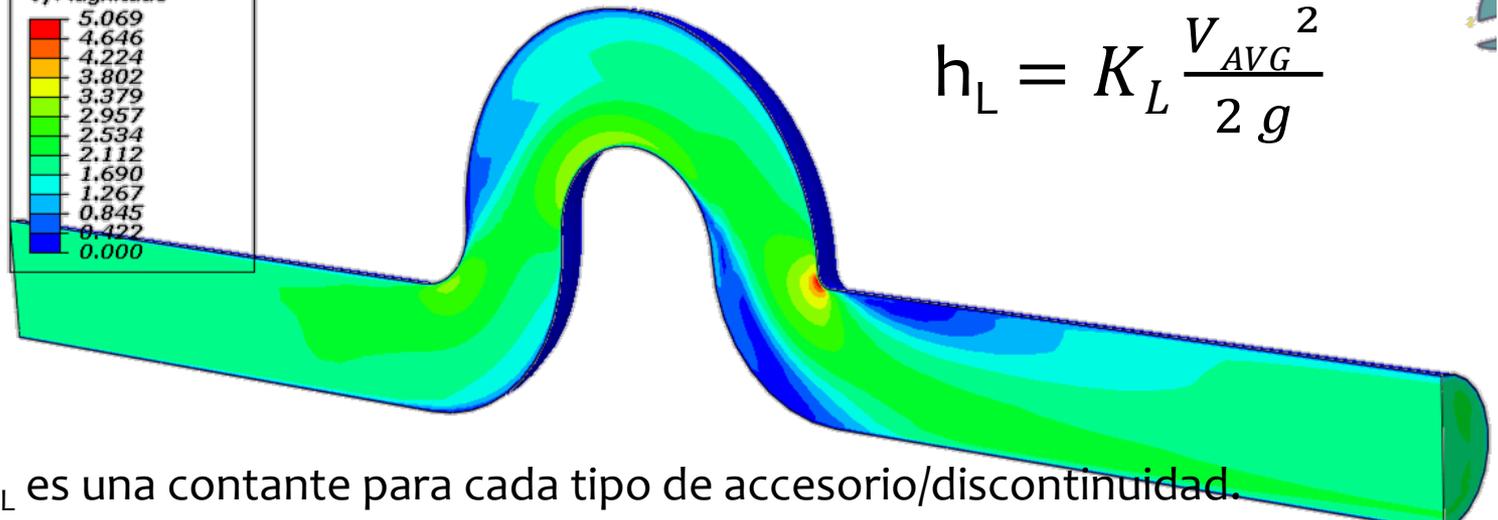
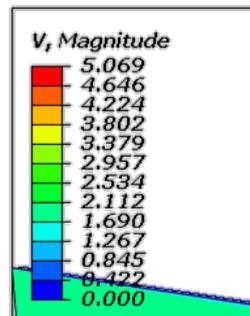


# Perdida de carga en accesorios

Cada vez que la condición de flujo se desvía del caso unidimensional/ducto de sección constante, se produce una pérdida de carga.

Los casos más comunes y estudiados son:

- Entrada o salida de un ducto o cañería.
- Expansión o contracción súbita del ducto.
- Curvas, “codos”, bifurcaciones (“tes”) y otros accesorios.
- Válvulas, parcial o totalmente abiertas.
- Expansión o contracción gradual.



$$h_L = K_L \frac{V_{AVG}^2}{2g}$$

En donde  $K_L$  es una constante para cada tipo de accesorio/discontinuidad.

- Energía en altura de una turbomáquina.

$$h_B = \frac{T * \omega}{Q * \gamma} = \frac{\cancel{N} m \cancel{s} 1 m^3}{m^3 \cancel{s} \cancel{N}} = [m]$$

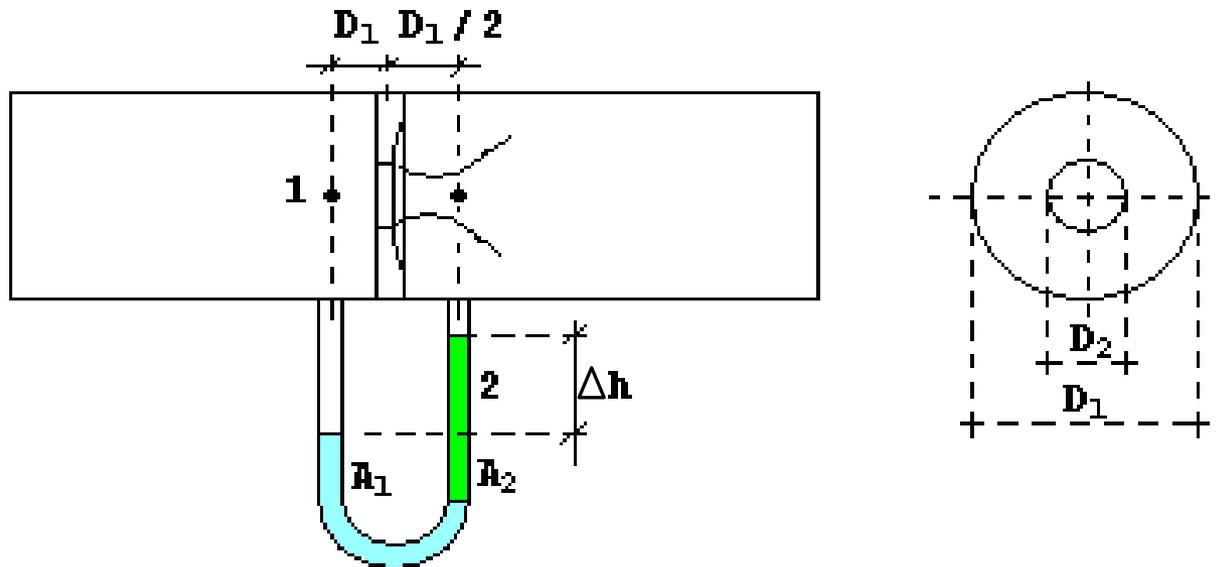
T= momento Torsor ,  $\omega$  = velocidad angular , Q= caudal volumétrico ,  $\gamma$ =peso específico

- Potencia

$$\dot{W}_B = \rho g Q h_B$$



# Placa Orificio



➤ Planteando Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta h_{ACC}$$



➤ Por Ecuación de Continuidad

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \rightarrow \text{Reemplazando en Bernoulli}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\left(V_1 * \frac{A_1}{A_2}\right)^2}{2g} + Z_2 + \Delta h_{ACC}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_1^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1 \right\} + \Delta h_{ACC}$$

$$\frac{2 \Delta P}{\rho} = V_1^2 \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1 \right\} + \text{CTE}$$

Y despejando la expresión para la velocidad:

$$\frac{2 \Delta P}{\rho} = V_1^2 \left\{ \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right\} + \text{CTE}$$

$$V_1 = Cd * \sqrt{\frac{\frac{2 \Delta P}{\rho}}{\left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}}$$

Siendo Cd el coeficiente de descarga (para  
nuestro caso Cd=0.6)

Podremos obtener finalmente el caudal

$$Q_1 = A_1 * V_1 = A_1 Cd * \sqrt{\frac{\frac{2 \Delta P}{\rho}}{\left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}}, \Delta P = \rho g \Delta h$$

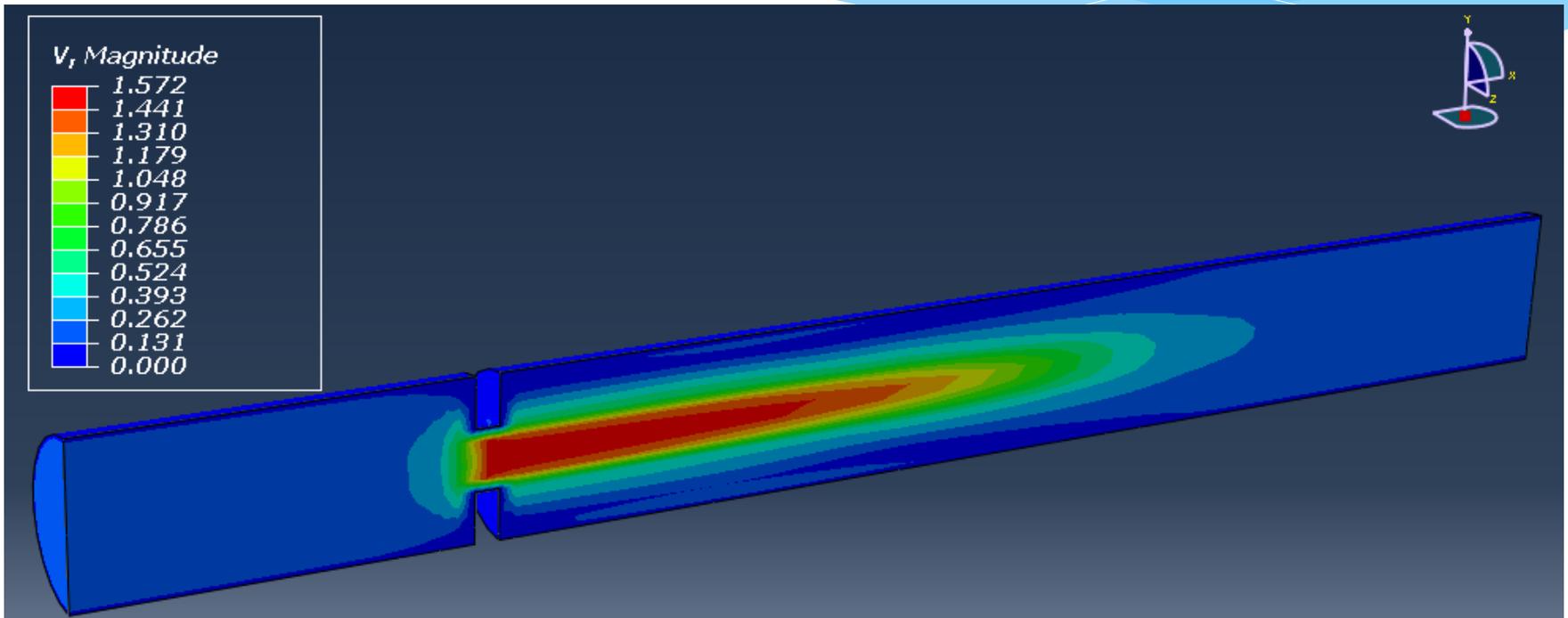


Laboratorio  
de Aerodinámica  
y Fluidos

UTN F.R.H.

# Placa Orificio

**UTNHAEDO**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO

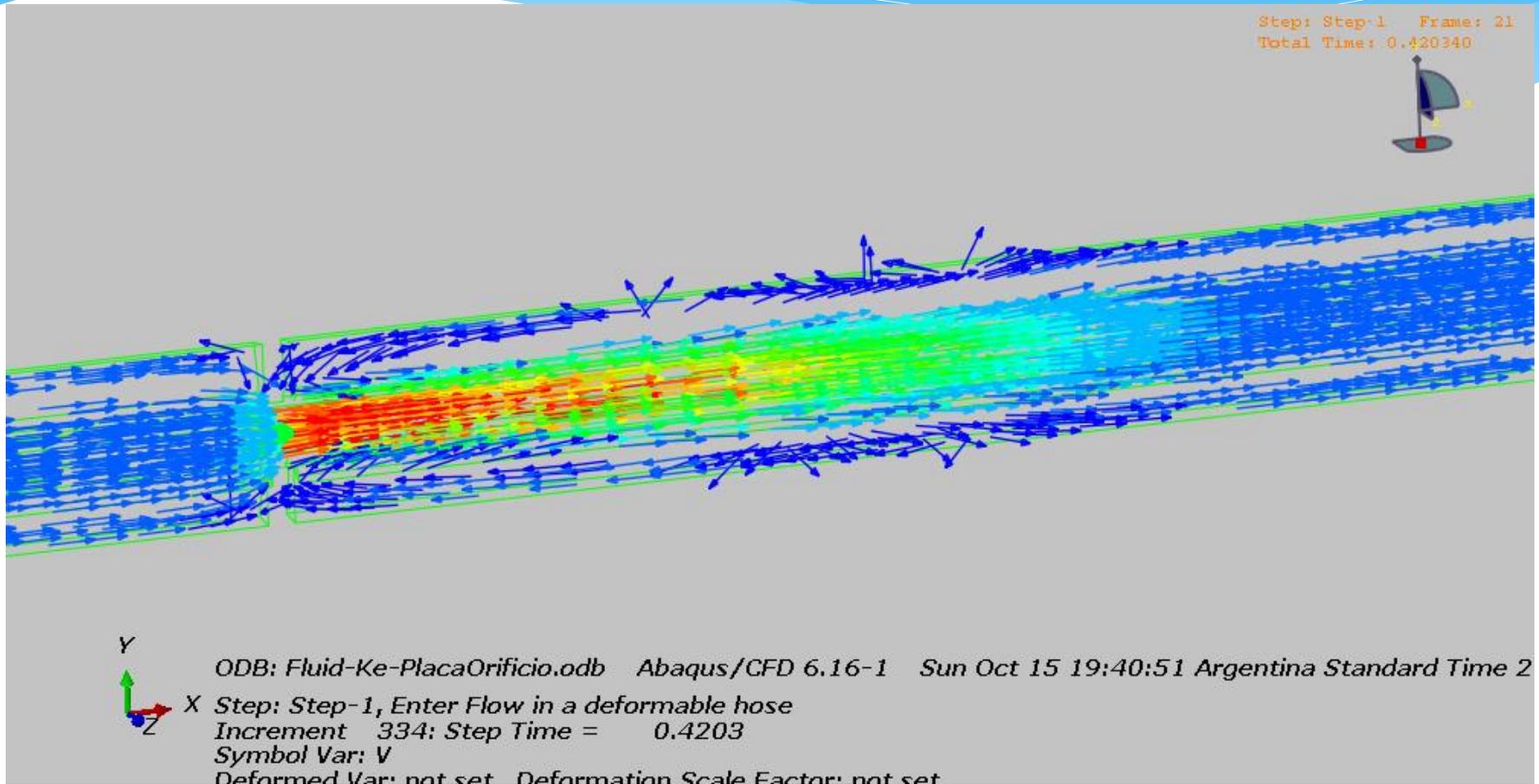




Laboratorio  
de Aerodinamica  
y Fluidos

UTN F.R.H.

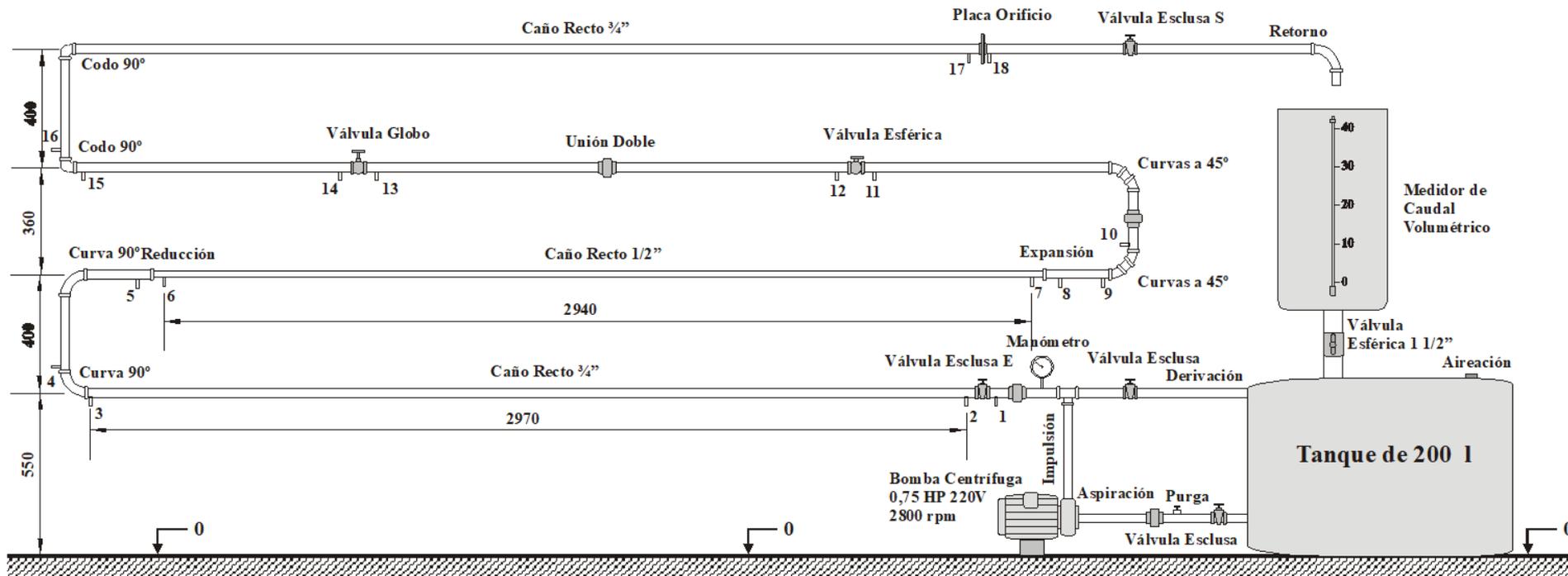
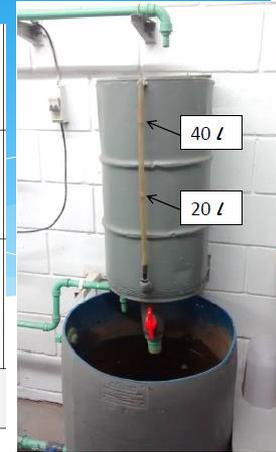
# Placa Orificio





# Layout

1-2	Válvula Esclusa		6-7	Caño recto $\phi$ 1/2"	$\phi_{int} = 15\text{mm}$ , $\epsilon = 0.15\text{mm}$	13-14	Válvula globo	
2-3	Tramo recto $\phi$ 3/4"	$\phi_{int} = 20\text{mm}$ , $\epsilon = 0.15\text{mm}$	7-8	Expansión brusca 1/2" - 3/4"		15-16	Codo de 90°	
3-4	Curva a 90°		9-10	Dos codos a 45°		17-18	Placa orificio	 $Cd = 0.6$ $\phi_{int} = 12\text{mm}$
5-6	Reducción brusca 3/4"-1/2"		11-12	Válvula esférica		Caudal	Medición 1: (0 → 20l) .....s Medición 2: (20l → 40l): .....s	



Tomadas	Caños accesorios	Observaciones	$\Delta H$ (medido) [cm]	$\Delta H$ (calculado) [cm]	Diferencia [%]
1-2	Válvula Esclusa				
2-3	Tramo recto $\phi$ 3/4"	$\phi_{int} = 20\text{mm}$ , $\epsilon = 0.15\text{mm}$			
3-4	Curva a 90°				
5-6	Reducción brusca 3/4" - 1/2"				
6-7	Caño recto $\phi$ 1/2"	$\phi_{int} = 15\text{mm}$ , $\epsilon = 0.15\text{mm}$			
7-8	Expansión brusca 1/2" - 3/4"				
9-10	Dos codos a 45°				
11-12	Válvula esférica				
13-14	Válvula globo				
15-16	Codo de 90°				
17-18	Placa orificio	 $C_d = 0.6$ $\phi_{int} = 12\text{mm}$			
Caudal	Medición 1: (0→20l) .....s Medición 2:(20l→40l): .....s	Volumétrico [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] .....	Placa Orificio [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] .....		