

# TRABAJO PRÁCTICO N°5

## FLUJO TRANSITORIO A TRAVÉS DE UN DUCTO

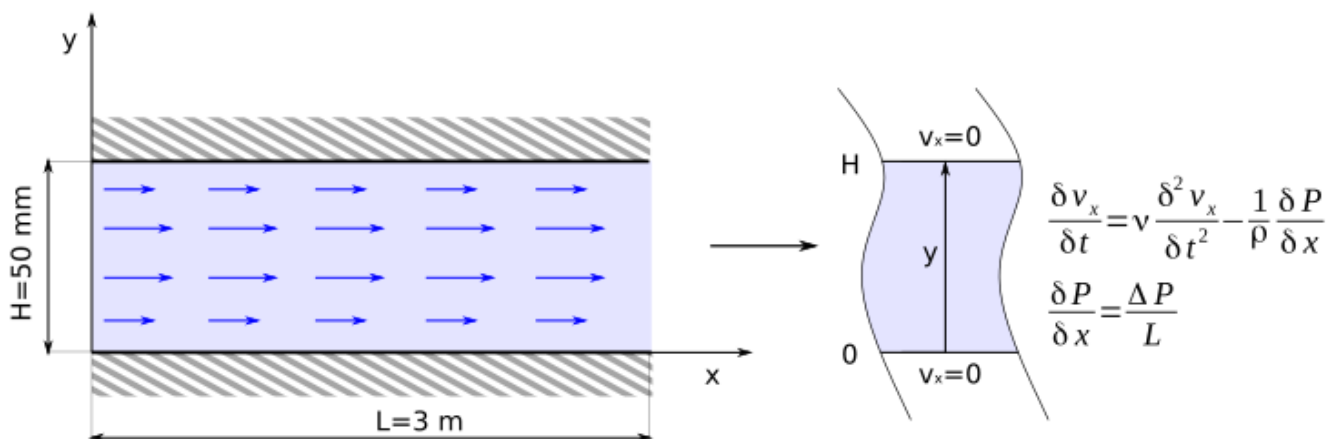
### Caso de estudio

Se tiene un ducto horizontal donde debe circular agua a 8 m/s. La sección transversal es un rectángulo de 100x50 mm, mientras que la longitud total es de 3 m. Para poder elegir la bomba necesaria se desea conocer la caída de presión en el ducto a causa de la viscosidad. Asimismo se quiere saber cuanto tiempo tardará el flujo en estabilizarse partiendo con un fluido totalmente quieto.

- Densidad  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Viscosidad dinámica  $\mu = 1,002 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

### Modelo

Debido a su naturaleza unidimensional se usarán ecuaciones simplificadas de Navier-Stokes. Entre otras asunciones se adoptará que la pérdida de carga por unidad de longitud a causa de la viscosidad es constante. Además el problema será dependiente del tiempo. Se estudiará solamente una fracción del ducto, como se ve:



- Parta de las ecuaciones de Navier-Stokes y, paso a paso, vaya realizando las consideraciones de simplificación hasta llegar a la ecuación mostrada en el dibujo. Justifique cada simplificación que realice.
- Si observa el diagrama notará que existe una simetría. Corte la geometría a la mitad y tome la parte de  $0$  a  $H/2$ , ¿qué condición se aplicará en la cara interna?
- Una vez aplicada la simetría dibuje nuevamente la sección del ducto con todas las condiciones de borde y ecuaciones diferenciales que deban aplicarse.

### Diferencias finitas

Todos los cálculos deben ser realizados en MATLAB dentro del algoritmo. Usar solamente las unidades kg.m.s

- Utilice Diferencias Finitas y Euler sobre las ecuaciones diferenciales. En el informe debe mostrar como parte de la ecuación diferencial hasta llegar a la expresión que usará en MATLAB, para cada ecuación. Si hay derivadas primeras utilizará la siguiente diferencia finita de mejor calidad:

$$\frac{df(x)}{dx} \approx \frac{3 \cdot f(x) - 4 \cdot f(x-h) - f(x-2h)}{2h}$$

Por otro lado Euler va a servir para aproximar la derivada temporal. El método tiene el siguiente aspecto:

$$\frac{\delta v_x}{\delta t}(t_0) = f_0 \rightarrow \frac{\Delta v_x}{\Delta t}(t_0) = f_0$$

Luego debe realizarse el proceso recursivo:

$$v_{x1} \approx v_{x0} + f_0 \cdot dt$$

$$\dots$$

$$v_{xi} \approx v_{xi-1} + f_{i-1} \cdot dt$$

- b) Calcule la pérdida de presión con la ecuación de Poiseuille de placas planas. Llame a este valor **dP**.
- c) Cree un vector **y** que parta de 0 hasta H/2 con ny=20 elementos.
- d) Cree un vector **t** que parta de 0 hasta 3000 (segundos) con nt=50 elementos.
- e) Cree la matriz **Vx** de tamaño ny x nt con todos sus elementos cero.
- f) Resuelva las ecuaciones aplicando Euler y Diferencias Finitas. Por cada intervalo de tiempo deberá calcular la matriz **K** y el vector **N** de las diferencias finitas. No es necesario guardarlas pero si se deberá ir completando la matriz de velocidades **Vx**.
- g) Realice la gráfica velocidad vs tiempo de la velocidad máxima en cada intervalo de tiempo. Viendo la gráfica determine el momento en que la velocidad se estabiliza, con un error de +-0,6% del valor de velocidad esperado. Agréguele títulos a la gráfica y a los ejes indicando que es cada cosa y en que unidad está. Llame a este tiempo **T\_EST**.
- h) Llame a la velocidad máxima estabilizada **VMAX\_MDF**.
- i) Calcule la velocidad máxima usando la ecuación de Poiseuille y compárela con la anterior. Llame a este segundo valor **VMAX\_POI**.
- j) Use el script `plotperfil(H,Vx,0)`. Esto ploteará una animación del desarrollo del perfil de velocidad.
- k) Use el script `plotvel(H,L,Vx,0)`. Esto ploteará una animación del desarrollo de las velocidades dentro del ducto.
- l) Borre todas las variables que haya usado salvo las importantes, para ello ejecute `clearvars -except dP VMAX_MDF VMAX_POI T_EST Vx`

## CFD

- a) Dibuje el ducto con la sección indicada pero de longitud L=50 mm ya que nos interesa estudiar el perfil y no toda la longitud. El espesor del ducto es de 2 mm. Debe cerrar los orificios extremos para crear un espacio vacío interno cerrado. La apariencia del material debe ser transparente. Dibuje la pieza centrada con los planos de referencia.
- b) Cree un croquis que sea una línea contenida en la cara izquierda, centrado, que vaya del extremo inferior al superior.
- c) Cree un estudio en Flow Simulation, fluido water, régimen laminar.
- d) Defina la malla con un tamaño global N°4 y con refinamiento sobre la cara superior e inferior de celda N°1 celda parcial N°2.
- e) Indique objetivos globales de velocidad X mínima, máxima y media.
- f) Aplique condiciones de frontera, extremo izquierdo v=6 m/s desarrollada y derecho presión ambiente.
- g) Simule.
- h) Cree un ploteo de corte con contorno centrado para ver la velocidad X.
- i) Cree una gráfica XY de la velocidad X con el croquis creado anteriormente. Compare esta curva con la determinada en diferencias finitas.

## CFD de tubería

- j) Abra el archivo `pipe.x_t`.
- k) Cree un estudio en Flow Simulation. fluido water, régimen combinado. Malla global N°3.
- l) Aplique condiciones de frontera. tapa superior v=8 m/s desarrollada, tapa inferior presión ambiente.
- m) Simule.

- n) Cree una trayectoria de flujo de velocidad de 150 líneas.
  - o) Cree un ploteo de superficie de contorno de velocidad, 50 niveles, en las dos tapas. Esto le permitirá ver como cambia el perfil de velocidad.
  - p) Cree un ploteo de corte de contorno de velocidad, 50 niveles, sobre los planos Alzado y Vista Lateral.
- 

## Informe

- Se deben mostrar todos los desarrollos de ecuaciones de Navier-Stokes, Diferencias Finitas y Euler.
- Los desarrollos de ecuaciones pueden ser escritos a mano y luego escaneados. El papel debe ser blanco liso.
- Deben responderse las preguntas si las hay.
- Si dice “dibujar”, “graficar”, “plotear” se deben poner dichos gráficos en el informe. Agregar títulos si no los tienen.
- Si dice “comparar” se deben mostrar los gráficos (en caso de haber), comentar similitudes, diferencias y explicarlas en caso de que sepa o sospeche cual pueden ser las causas.
- En caso de imágenes de computadora es muy recomendable quitar los bordes de ventana y cualquier otro objeto que no sea la imagen. El fondo debe ser blanco o uniforme.

## A entregar

Un archivo comprimido con:

- Informe en pdf.
- Todos los scripts necesarios.
- Todas las piezas con sus simulaciones. Si los resultados de las simulaciones son pesados quitarlos (son las carpetas con números, 1, 2, 3, etc).