

# INFORME MECÁNICA Y TRANSPORTE DE FLUIDOS

NOMBRES Y APELLIDOS: CÉSAR ADRIÁN VALLADARES GAGO

CÓDIGO: 74648938

## I) INTRODUCCIÓN:

### 1) ¿Cuáles son las etapas del proceso de una simulación?

Son tres las etapas del proceso de simulación (CFD):

Fase de **preprocesamiento**, la cual incluye:

Determinar las propiedades del fluido, el modelo matemático, las ecuaciones de interés; realizar todas las simplificaciones posibles, generar el modelo CAD (creado o importado) y crear el mallado, teniendo en cuenta la precisión que necesitamos, la capacidad de nuestro equipo y el tiempo que durará el procesamiento.

Fase del **procesamiento** (solver): Se configura la simulación, seleccionando los modelos matemáticos, sus parámetros y se ejecuta el procesamiento.

Fase del **post-procesamiento**: En esta última etapa se analizan los resultados obtenidos, se compara con la realidad o con lo que se esperaba obtener y comprender su comportamiento.

### 2) ¿Cuáles son las ventajas de la discretización con volúmenes finitos? Mencionar tres.

- La discretización permite acelerar el procesamiento, actuando sobre ciertos puntos.
- Realiza una aproximación muy cercana al sistema original.
- Brinda libertad para escoger parámetros que serán definidos de acuerdo a las necesidades del problema.

### 3) ¿Cuáles son los alcances y restricciones de los solvers IcoFoam y SimpleFoam?

Ambos modelos solo están enfocados en flujos incompresibles. El primero es utilizado solo para flujos laminares transitorios y se implementa para resolver la ecuación de Navier Stokes y de continuidad. El segundo se utiliza solo en flujos laminares o turbulentos, estacionarios y se emplea para resolver la ecuación de continuidad y de momento.

## II) TEORÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS:

**A.1) Campos de velocidades:** es un campo vectorial que representa la propiedad de velocidad de un volumen de control, está en función del tiempo y de sus tres dimensiones.

**A.2) Campos de presiones:** es una propiedad de un volumen de control que representa la presión en función del tiempo y de sus dimensiones, es usado en el enfoque Euleriano.

**A.3) Líneas de corriente:** Son líneas que indican la dirección del fluido en cada punto, son tangentes a la velocidad del flujo y no se pueden conocer experimentalmente a menos que el flujo sea estacionario.

**A.4) Condiciones iniciales:** Son valores ya definidos (por el mismo caso en estudio) para ciertas variables en un momento dado, que serán necesarias para determinar los valores y el comportamiento en todo tiempo.

**A.5) Condiciones de borde:** Son valores ya definidos (por el mismo caso en estudio) que restringen el dominio de las variables.

**A.6) Estabilidad numérica:** Es una propiedad que consiste en que el error de entrada no afecte significativamente al sistema.

**A.7) Convergencia:** Se da cuando al variar los valores de forma ordenada llega a un punto, donde la variación del resultado no varía significativamente y es estable.

**A.8) Discretización numérica:** Es la conversión de ecuaciones diferenciales a ecuaciones exponenciales discretas (definido por puntos).

**A.9) Malla computacional:** Conjunto de puntos donde se realizará la simulación, siendo los valores posibles de las variables solo estos puntos, por ende, mientras mayor sea la cantidad de puntos la simulación será más precisa.

**B.1) Flujo laminar:** Flujo donde las líneas de corriente son paralelas, caracterizado por un flujo suave, ordenado y por capas que no se alteran, se puede identificar si el número de Reynolds es menor de 2000.

**B.2) Flujo turbulento:** Flujo donde las líneas de corriente son desordenadas, se caracteriza por un flujo caótico y se evalúa si el número de Reynolds es mayor a 4000.

**B.3) Flujo incompresible:** densidad permanece aproximadamente constante a lo largo de todo el flujo y en consecuencia no hay cambio en el volumen.

**B.4) Flujo transitorio:** Flujo donde las propiedades del fluido dependen del tiempo.

**B.5) Flujo estacionario:** Flujo donde las propiedades del fluido permanecen aproximadamente constantes en el tiempo.

**C.1) Ecuación de energía:** La energía acumulada en un CV es igual a la transferencia de energía más el trabajo realizado más la energía producida dentro, esto es:

$$\frac{\partial (C_p \rho T dV)}{\partial t} = K \nabla T \cdot d\vec{A} + \dot{Q}_p + \dot{W} - C_p \rho T \vec{u} \cdot d\vec{A}$$

, con vector de área y velocidad saliendo del CV, llegando a la siguiente ecuación:

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla T \right) = K \nabla T^2 \cdot d\vec{A} + \dot{Q}_p + \dot{W}$$

**C.2) Ecuación general de transporte:**

El teorema general de transporte de Reynolds es el siguiente:

$$\frac{dB_{\text{sist}}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho b dV + \int_{SC} \rho b \vec{V} \cdot \vec{n} dA$$

, donde B<sub>sist</sub> representa la propiedad extensiva del sistema y b su correspondiente propiedad intensiva.

**C.3) Ecuación de la conservación de la masa:** Partiendo de que en un volumen de control el volumen acumulado es igual al volumen que entre menos el que sale, en expresión matemática es igual a:

$$\int \frac{d}{dt} (\rho dv) + \int \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = 0$$

, con vector de área y velocidad saliendo del CV, llegando a la siguiente ecuación:

$$\frac{dp}{dt} + \nabla \cdot (p \vec{v}) = 0$$

**C.4) Ecuación de la cantidad de movimiento:** El momento que puede adquirir un CV es igual al momento que entre menos el que sale más la acción de las fuerzas que actúan esto es equivalente a:

$$\frac{d}{dt} \int (u p dV) = - \int p \vec{v} d\vec{A} - \int \vec{P} \cdot d\vec{A} + \int g p dV + \int (\vec{\tau} \vec{A})$$

, con vector de área y velocidad saliendo de CV, simplificando se llega a la siguiente expresión:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \cdot \nabla u = -\nabla \cdot P + \nabla \cdot \tau - \rho g$$

#### D) Teoría de la capa límite:

Al estar en contacto, los fluidos, con superficies sólidas, están afectan al flujo de forma que cuando un punto está más próximo al borde, este disminuye su velocidad tangente a la superficie (específicamente en las zonas de contacto esta velocidad se vuelve 0 con respecto al borde), por ende, si el sólido no está en movimiento la velocidad tangente a la superficie en la capa límite es 0.

#### E) Teoría y explicación por término de la ecuación de Navier-Stokes:

Con la ecuación de Navier-Stokes se puede relacionar directamente la viscosidad Newtoniana o no Newtoniana para fluidos incompresibles.

-El primer término es el producto de la densidad por el cambio de velocidad con respecto al tiempo (si el flujo es estacionario, entonces se puede simplificar esta expresión, si no hubiera viscosidad obtendríamos la ecuación de Bernoulli).

-El segundo término indica la densidad por velocidad por la gradiente del campo de velocidad, que es un término que siempre suele aparecer y es debido a que indica la variación causada por la masa que entra o sale.

-El tercer término es la gradiente del campo de presión.

-En el cuarto termino aparece la viscosidad (adimensional) multiplicado por el gradiente del campo de velocidad al cuadrado.

-El quinto termino es debido al efecto de la gravedad, para el caso en que la gravedad no afecte, este término se simplifica.

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \rho \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\nabla P + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \rho \mathbf{g}$$

Esta ecuación se puede representar en coordenadas rectangulares o cilíndricas.

Caso para la coordenada X (donde el azul representa el primer término, el verde el segundo, el rosa el tercero el negro el cuarto y el rojo el quinto):

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) + \rho g_x$$

### III) DESARROLLO DE MODELOS:

#### 1) Escriba las instrucciones en la terminal que utilizaría para correr los modelos Elbow y Airfold2d

Para el modelo Elbow (abro la terminal desde la carpeta elbow):

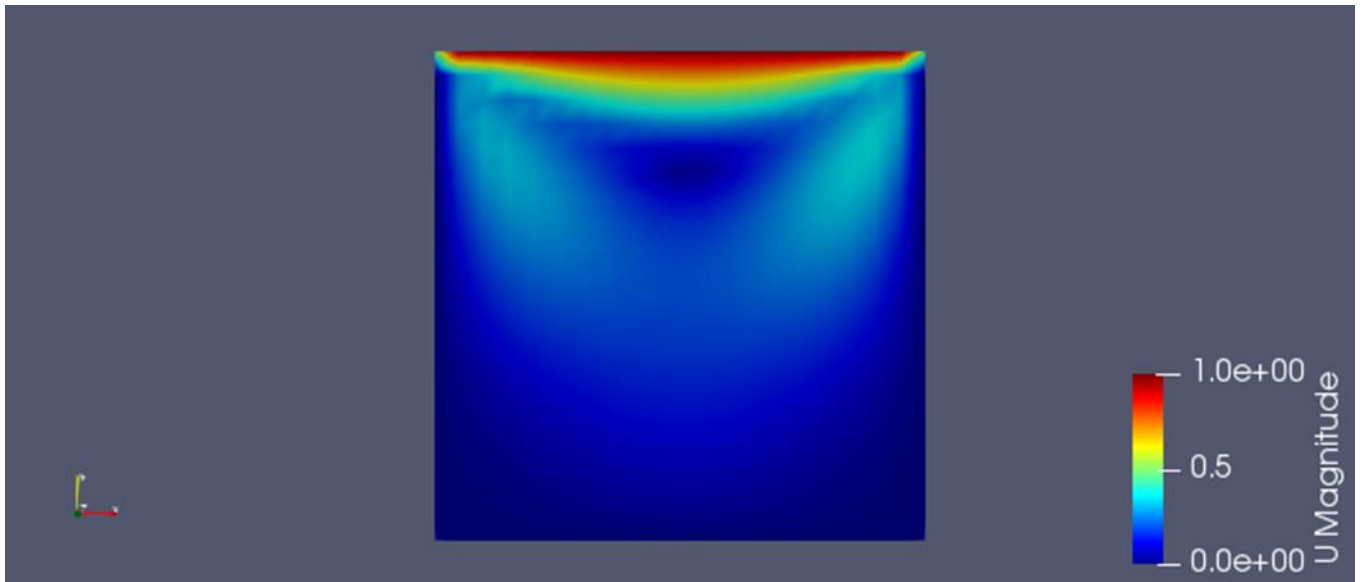
```
$ fluentMeshToFoam elbow.msh
$ icoFoam
$ icoFoam > info
$ paraFoam
```

Para el modelo Airfold2D (abro la terminal desde la carpeta elbow):

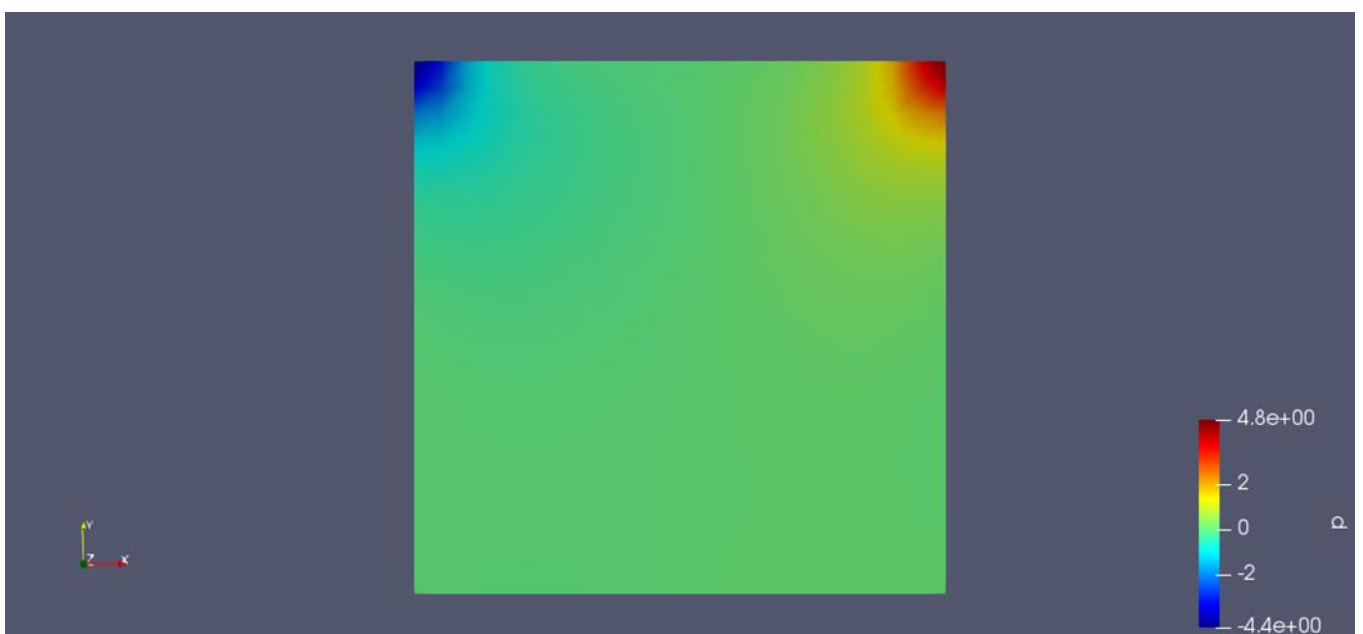
```
$ blockMesh
$ simpleFoam
$ simpleFoam > info
$ paraFoam
```

#### 2) Resultados y discusiones:

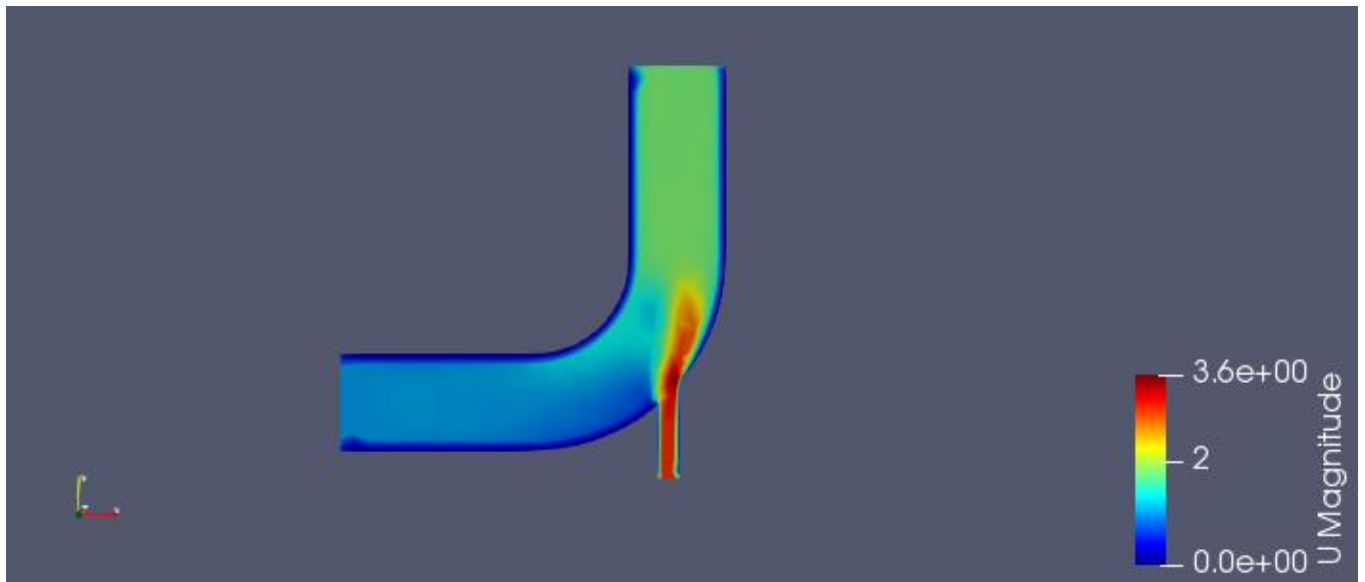
- Exporte los resultados gráficos en formato “.png” obtenidos en ParaView correspondientes a la última etapa de la simulación.
- Comente sus apreciaciones sobre los campos de velocidades y campos de presiones en las zonas críticas que tenga la geometría de estudio. Señale estas zonas en su gráfica.



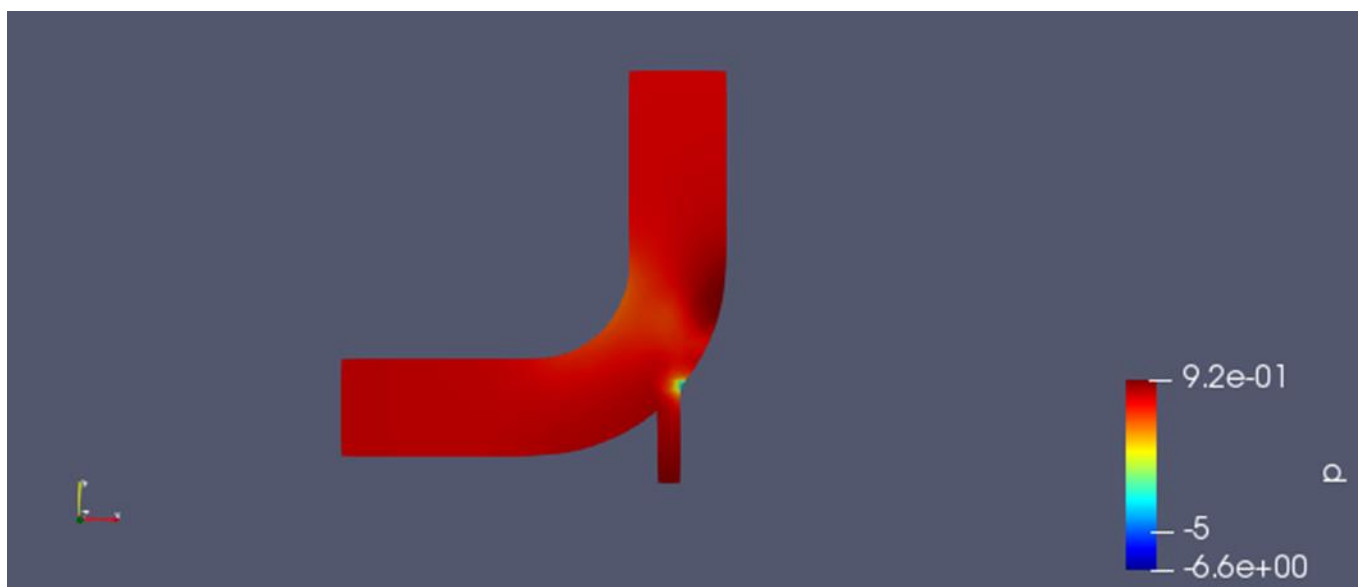
La cara superior no tiene pared, en cambio las otras caras si, se cumple la teoría de la capa límite y además es máxima.



La máxima y mínima presión se dan en lados opuestos del volumen de control, esto ocurre por que se está desplazando en la dirección de X



Se ve que en la entrada de la tubería pequeña la velocidad es mayor, esto se debe a que tiene que aumentar la velocidad para mantener constante el caudal



Del análisis del campo de velocidad del caso anterior, como la velocidad está en relación inversa a la presión, está debe disminuir en la entrada del tubo pequeño.

**- Comente las dificultades que se le presentaron en el desarrollo de la práctica:**

Se presentaron problemas para mallar el ejemplo del modelo Airfoil2D, modifique el archivo controlDict con las variaciones que se vieron en clase, pero seguía sin poder mallar.

### **3) Conclusiones:**

-Cavity: Se pudo observar claramente cómo funciona el mallado y creación de la superficie sólida, además se visualizó que cumplía la condición de capa límite.

-Elbow: El modelo Elbow nos permitió simular como varía las presiones y velocidades en el fluido para mantener la continuidad, además desde sus archivos se puede cambiar diferentes parámetros como las velocidades iniciales, el tiempo de simulación.

## **IV) CUESTIONARIO:**

### **1) Desde la óptica biomédica ¿En qué casos prácticos ejecutaría usted la simulación de fluidos con IcoFoam? Desarrolle un ejemplo.**

La simulación IcoFoam está enfocada en flujos incompresibles laminares transitorios, por lo que se podría aplicar para simular puntos críticos en los que intervienen estos flujos. Un ejemplo sería para analizar máquinas de hemodiálisis y comprobar que no se generarán obstrucciones o cavitaciones.

### **2) ¿Cuál es la relación entre la pérdida de velocidad y el diámetro de la sección?**

La relación es inversamente proporcional debido a que el caudal, que debe permanecer constante, es velocidad por área transversal, la cual está ligada directamente al diámetro, por lo tanto, si el diámetro de sección aumenta el área transversal aumenta y por ende existe una pérdida de velocidad.

### **3) ¿Cuáles son los puntos críticos donde conviene estudiar estas geometrías? ¿Por qué estudiar las zonas críticas?**

En las bifurcaciones y en los bordes. Se analizan las zonas críticas porque son los puntos con mayor probabilidad de que se puedan generar daños o sucesos adversos, como desgaste de tuberías, obstrucciones, trombosis.

### **4) ¿Qué es la cavitación y cuando ocurre?**

Es un fenómeno donde se da un cambio brusco de líquido a vapor localizada principalmente en el borde de la superficie sólida, es consecuencia de velocidades altas del fluido que ocasionan una caída en la presión hasta la presión de vapor del fluido.