

Este documento incluye el material docente desarrollado en marco del PID **“I+D+I en el aula”: Uso de métodos numéricos, analíticos y experimentales para el diseño de equipamiento biomédico**. En él se elabora una metodología basada en el aprendizaje basado en proyectos donde los alumnos deben diseñar una instalación hidráulica en la cual se simula el flujo en el interior de una aurícula derecha. El responsable del documento es el profesor del área de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Valladolid, Manuel Ángel Rubio Chaves.

El documento se subdivide en los siguientes manuales:

- Página 2 – Sesión 1 de la parte analítica del trabajo.
- Página 3 – Sesión 2 de la parte analítica del trabajo
- Páginas 4 y 5 – Parte experimental del trabajo
- Páginas 6 y 7 – Parte numérica del trabajo.
- Página 8 – Enunciado del trabajo
- Páginas 9 y 10 – Rúbrica de evaluación del trabajo.



TRABAJO TECNOLOGÍAS EN EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO

CURSO 2024/25 SESIÓN 1

Se quiere diseñar una instalación experimental para simular el flujo dentro de la aurícula derecha de un paciente (Figura 1). Para ello se dispone de su geometría, que es posible fabricarla utilizando una impresora 3D. El material con el que se imprimirá será rígido.

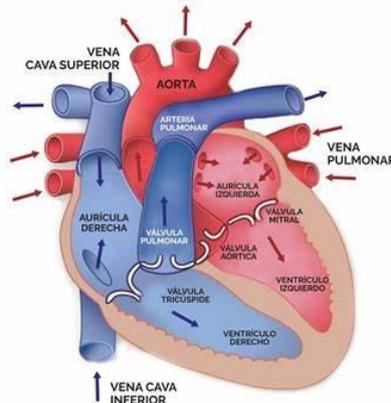


Figura 1 – Anatomía del corazón

Se busca poder reproducir el flujo transitorio en dicha aurícula con el menor costo posible. Para ello se tiene el flujo que proviene de ambas venas cavas en función del tiempo (Figura 2).

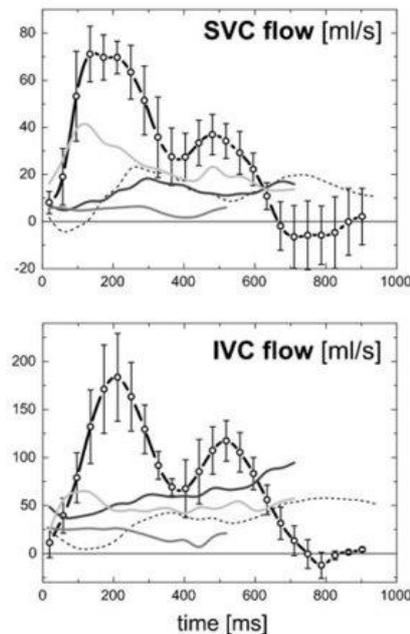


Figura 2 – Flujo en las venas cavas.

En esta primera sesión, realiza las siguientes tareas:

1. Propón las máquinas y componentes del circuito hidráulico necesarios para dicha tarea.
2. Elige el fluido con el cual se realizará el ensayo.
3. ¿Cuál será el flujo que atravesará la válvula tricúspide en nuestro modelo?

TRABAJO TECNOLOGÍAS EN EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO

CURSO 2024/25 SESIÓN 2

En el campus virtual tenéis el ciclo de trabajo que se pretende replicar en la instalación en un archivo Excel. El ciclo dura 1 segundo.

En esta segunda sesión, realiza las siguientes tareas:

1. Dimensiona la instalación para producir el ciclo en ambas venas cavas.
2. Realiza un esquema indicando los componentes.
3. Comenta las fortalezas/debilidades o posibles mejoras de la instalación.
4. Comprueba que no se produzca lisis celular en los glóbulos rojos.

Debes dimensionar las bombas (si fueran necesarias), depósitos, conductos y accesorios.

Práctica sobre el trabajo de la asignatura: Flujo en aurícula derecha

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

En esta práctica se busca obtener experimentalmente los caudales en las venas cava de vuestro grupo de trabajo. Para ello se utilizará una instalación experimental que permite originar un determinado ciclo de caudal utilizando una bomba de jeringa. En la figura 1 se puede ver la instalación experimental.



Figura 1. Esquema del banco de prácticas

El caudal procedente de la bomba de jeringa se divide en dos, uno para la vena cava superior y otro para la inferior. La proporción de caudal por cada vena se controla con dos válvulas de bola.

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

El técnico de laboratorio os explicará la instalación y posteriormente el funcionamiento del software de control de la bomba y adquisición de datos. Con ello podréis hacer experimentos y ver el resultado de estos. Deberéis buscar cual es la configuración de la instalación que os permita obtener el caudal que se pide a vuestro grupo. Se os proporcionará un archivo Excel con los caudales experimentales.

MEMORIA DE RESULTADOS

Estos resultados se adjuntarán al trabajo de la asignatura. Debe adjuntarse lo siguiente:

1. Esquema de la instalación experimental.
2. Caudal en función del tiempo proporcionado por la bomba, en la vena cava superior y en la cava inferior.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se va a simular el flujo transitorio en el interior de una aurícula derecha. Para ello se dispone del caudal instantáneo en cada una de las venas cavas. La geometría de la aurícula derecha se puede ver en la Figura 1.

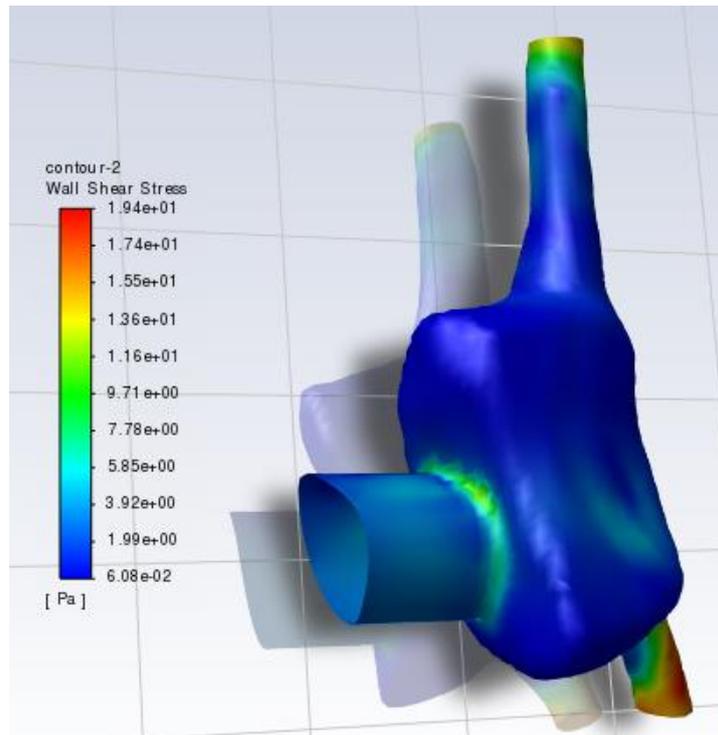


Figura 1 – Esfuerzo cortante en las paredes de la aurícula derecha

En la figura anterior puede observar la vena cava superior en la parte superior, vena cava inferior en la inferior y la salida de la aurícula (que fisiológicamente coincidiría con la ubicación de la válvula tricúspide) en el lateral.

La metodología empleada será el uso de simulación mediante volúmenes finitos utilizando el software de cálculo ANSYS. ANSYS está dividido principalmente en tres herramientas llamado módulos: pre-procesador (creador de geometría y mallado), procesador y post-procesador.

La geometría de la aurícula se proporcionará correctamente mallada por lo que el alumno no utilizará el módulo de pre-procesador. La práctica se basará principalmente en la configuración del módulo de procesado, que en el caso de simulación de Mecánica de Fluidos es ANSYS Fluent,

Los perfiles de flujo másico entrante por las venas cavas inferior y superior dependerá del grupo de trabajo y corresponden con los que se intentan reproducir mediante la instalación a diseñar en el trabajo de la asignatura. Por lo que la simulación nos permitirá adelantarnos al resultado que tendríamos al utilizar dicha instalación en un experimento.

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Inicie Fluent marcando la opción de “Doble precisión”.
2. Cargue el caso utilizando File->Read->Case.
3. Cambie el material a la sangre, con las siguientes propiedades:
 - $\rho = 1060 \frac{kg}{m^3}$
 - $\mu = 0.0035 \frac{kg}{m \cdot s}$
4. Cargue los perfiles de velocidad instantánea de su grupo utilizando la opción Cell Zone Conditions->Profiles.
5. Edite las condiciones de contorno para elegir los perfiles de velocidad instantánea en ambas venas cavas. Podrá seleccionar dichos perfiles en la opción Mass Flow Rate.
6. Cree los monitores atendiendo a lo que se pide visualizar en el siguiente apartado.
7. Inicialice la simulación.
8. En “calculation activities” seleccione el autoguardado cada 0.2 segundos y dele un nombre y ubicación a cada uno de los archivos.
9. Corra la simulación. Elija un paso temporal de 0.01 segundos y simule 100 pasos temporales.

MEMORIA DE RESULTADOS

Los resultados se adjuntarán a la memoria del trabajo de la asignatura. En concreto se pide:

1. Muestre los perfiles de flujo másico instantáneo en cada una de las entradas y salidas del modelo. Para ello debe utilizar la opción “Monitors”. Comente los resultados.
2. Utilice los archivos “.dat” con la simulación resultante en cada uno de los pasos temporales guardados para visualizar el esfuerzo cortante en la pared. Utilizará la opción “Contours”. Comente los resultados.
3. Muestre “pathlines” desde ambas venas cavas representando en ellas la velocidad que lleva cada partícula. Comente los resultados.

Extra:

- Presenta el esfuerzo cortante máximo en la pared en función del tiempo.
- ¿Qué cree que habría que hacer a continuación para asegurarse que los resultados sean correctos?

TRABAJO TECNOLOGÍAS EN EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO

CURSO 2024/25

En la memoria se deberá responder a las **7 tareas de las 2 sesiones del trabajo** y además deberá incluir las **condiciones de operación** que tendrá la bomba en función del tiempo a lo largo del ciclo. Con condiciones de operación nos referimos:

1. Velocidad angular en función del tiempo.
2. Presión máxima y mínima en la instalación en función del tiempo suponiendo que la pérdida de carga en la aurícula es nula y que en la salida de la tricúspide hay un reservorio donde la presión manométrica es nula.

También deben incluirse los resultados más relevantes obtenidos en la **práctica de CFD** dando respuesta a las tareas de dicha sesión.

Por último, debe añadirse los resultados de la **práctica experimental sobre flujo en aurícula derecha**.

El límite de caras del documento final serán 15 sin contar Anexos. La fecha límite de entrega será el 7/1/24 a las 23:59. Se enviará una memoria por grupo a manuel.rubio@uva.es.

Posteriormente, el 9/1/24 se hará una presentación del trabajo en grupo cuya duración máxima será de 10 minutos más el turno de preguntas.

EVALUACIÓN MEMORIA TRABAJO TEB 2024/25
(70 %)

GRUPO:

NOTA:

SESIÓN 1: (20 %)

Tarea	SI	Puntuación
Se han considerado alternativas a la instalación.		0.5
La instalación se desarrollará con el mínimo coste posible.		0.5
Se elige un fluido análogo a la sangre.		0.25
Se da la composición del fluido.		0.25
Se indica que el caudal que saldrá por la tricúspide es el mismo.		0.25
Se indica el motivo de lo anterior.		0.25
COMENTARIOS:		

SESIÓN 2: (40 %)

Tarea	SI	Puntuación
Se proporciona el esquema de la instalación.		0.5
El circuito tiene todos los componentes necesarios.		0.5
La dimensionalización de los componentes es correcta.		0.5
Se reproduce el ciclo con suficiente precisión.		0.5
Las dimensiones de los componentes son realistas.		0.5
Se comentan fortalezas/debilidades o posibles mejoras.		0.5
Se calcula si hay hemólisis		1
COMENTARIOS:		

SESIÓN FINAL (Presiones): (20 %)

Tarea	SI	Puntuación
Se calcula adecuadamente la presión máxima en la instalación.		0.5
El valor de presión máxima es adecuado.		0.5
Se calcula adecuadamente la presión mínima en la instalación.		0.5
El valor de presión mínima es adecuado.		0.5
COMENTARIOS:		

SESIÓN CFD: (20 %)

Tarea	SI	Puntuación
Se muestran correctamente los perfiles de caudal.		0.4
Se comentan los resultados anteriores adecuadamente.		0.3
Se muestran los esfuerzos cortantes en la pared.		0.4
Se comentan los resultados anteriores adecuadamente.		0.3
Se muestran las sendas.		0.3
Se comentan los resultados anteriores adecuadamente.		0.3
COMENTARIOS:		

EVALUACIÓN PRESENTACIÓN TRABAJO TEB 2024/25
(30 %)

GRUPO:

NOTA:

Tarea	Nota	Puntuación
Claridad en la exposición.		2
Se ha explicado la estructura de la presentación.		1
El formato de la presentación es correcto (estructura y número de diapositiva).		1
Los gráficos presentados son adecuados.		2
Cumple el tiempo de presentación (15 minutos).		1
Participan todos los componentes del grupo en la presentación.		1
Responden a las preguntas con precisión.		2
COMENTARIOS:		

NOTA FINAL