

© LUIS RENAN
TZOMPANTZI

• Estudiante de noveno semestre de Ingeniería Mecánica en la Universidad de las Américas Puebla, donde forma parte del Programa de Honores.

• Colaborador en un proyecto de análisis con dinámica de fluidos computacional (CFD), enfocado en el estudio del flujo a través de válvulas cardíacas.

• Interesado en la interacción fluido-estructura, donde se aplican herramientas avanzadas de modelación para comprender el comportamiento de sistemas biomecánicos.

EL USO DE LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

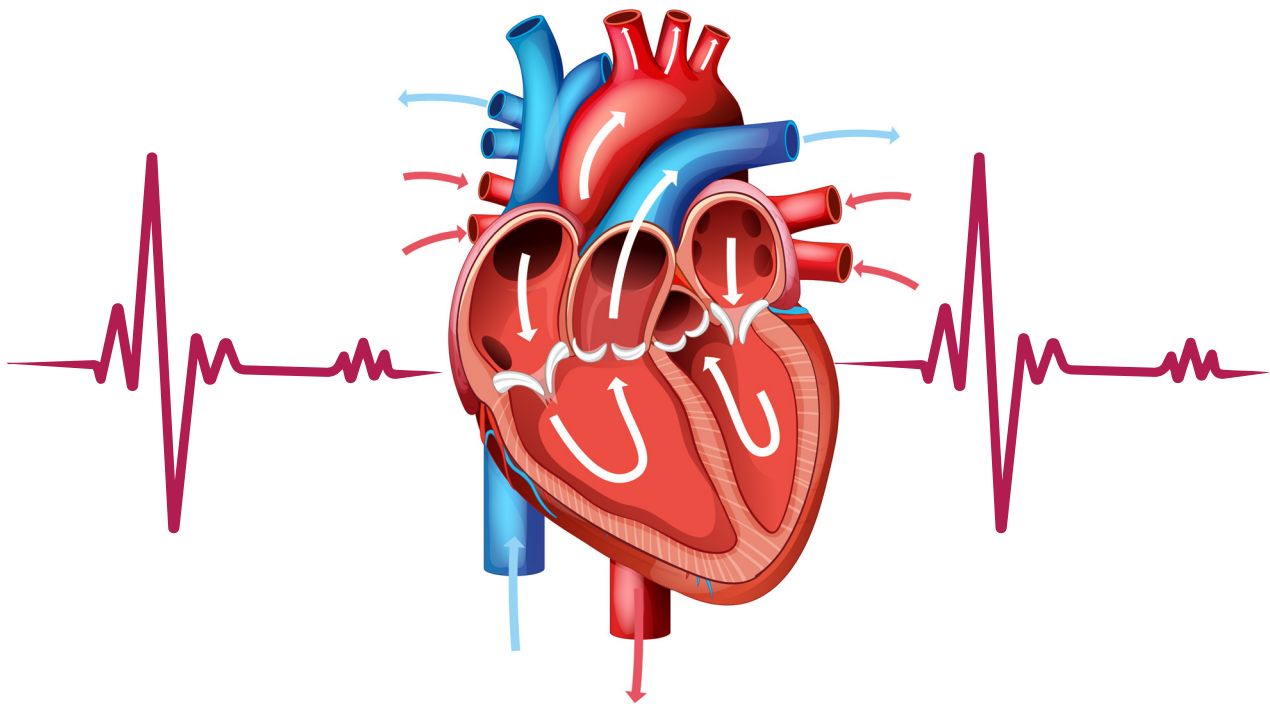
en el análisis de flujo a través de válvulas de tipo cardíaco

Durante muchos años se ha estudiado y analizado el flujo sanguíneo en válvulas cardíacas con la mecánica de fluidos, teoría que continúa siendo válida en la actualidad. Aunado a ello, el uso de válvulas prostéticas en los tratamientos de cardiopatía valvular es cada vez más común. Sin embargo, estas válvulas siguen presentando un comportamiento hemodinámico no óptimo, y entre las complicaciones más frecuentes destacan la tromboembolia, el desajuste entre prótesis y paciente, la disfunción valvular estructural, la endocarditis y la hemólisis (Vesey y Otto, 2004; Zamir, 2000).

En este contexto, los estudios recientes se orientan en identificar y evaluar los distintos comportamientos del flujo en las válvulas cardíacas para determinar los parámetros de operación en condiciones variables, aportando bases para el diseño de válvulas con hemodinámica optimizada (Ajit, Chandran y Fotis, 2005). Entre los casos de estudio que comparten este objetivo se encuentra la predicción de esfuerzo cortante debido a la turbulencia presente en válvulas *bi-leaflet* disfuncionales, tal como reportan Khalili, Gamage y Mansy (2018).

En dicho análisis, los autores emplearon el modelo de una válvula *bi-leaflet* defectuosa mediante dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) para determinar las velocidades en las que el fluido presenta esfuerzos cortantes turbulentos que aumentan el riesgo de hemólisis y activación plaquetaria. Por otra parte, Baylous et al. (2024) realizaron una evaluación de riesgos para un reemplazo de válvula aórtica transcatóter (TAVR, por sus siglas en inglés) utilizando distintos modelos y comparando su hemodinámica con el solucionador multifísico ANSYS para CFD incompresible.

Bajo esta línea, nuestro principal interés es comprender cómo se comporta el flujo a través de una válvula simple que busca emular el de una válvula cardíaca. Lo anterior se realiza con el propósito de entender, desde la mecánica de fluidos —apoyada en el enfoque CFD—, el desempeño de las válvulas simples y contribuir así al diseño de prótesis. Si bien las válvulas prostéticas han mejorado su rendimien-



to, siguen presentando problemas como la tromboembolia y la disfunción estructural (Vesey y Otto, 2004).

Como parte de la investigación, se determinó la dependencia de los coeficientes hidrodinámicos para una válvula fija en una configuración simétrica; es decir, una placa única en un ángulo determinado respecto a una pared del canal, considerando una condición de esfuerzos libres en el eje de simetría. Para ello, se definió la geometría de la placa en ANSYS DesignModeler y se generó un mallado estructurado en ANSYS Meshing, garantizando un error menor al 2 % mediante un estudio de convergencia de malla. Posteriormente, se resolvieron las ecuaciones de Navier-Stokes, variando el número de Reynolds, con el fin de analizar regímenes de flujo laminar y turbulento en la placa, mediante la librería ANSYS Fluent.

Nuestros resultados muestran que los coeficientes de arrastre (CD) y sustentación (CL) aumentan con el ángulo de la placa respecto al flujo, lo que se traduce en una mayor fuerza de sustentación. Asimismo, la variación de estos coeficientes con el número de Reynolds sigue un comportamiento predecible, lo que permite comprender la interacción fluido-estructura. No obstante, sería pertinente investigar si estos hallazgos se correlacionan con un enfoque del estado transitorio del flujo, lo que permitiría visualizar y verificar en qué momento y bajo qué condiciones se generan los vórtices y las líneas de corriente que determinan el comportamiento de los coeficientes hidrodinámicos identificados hasta ahora. **C**

REFERENCIAS

- Ajit, P., Chandran, K. y Fotis, S. (2005). Flow in Prosthetic Heart Valves: State-of-the-Art and Future Directions. *Annals of Biomedical Engineering*, 33(12), 1689-1694. doi:10.1007/s10439-005-8759-z
- Baylous, K., Kovarovic, B., Anam, S., Helbock, R., Slepian, M. y Bluestein, D. (2024). Thrombogenic Risk Assessment of Transcatheter Prosthetic Heart Valves Using a Fluid-Structure Interaction Approach. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.12156>
- Khalili, F., Gamage, P. y Mansy, H. (2018). Prediction of Turbulent Shear Stresses through Dysfunctional Bileaflet Mechanical Heart Valves using Computational Fluid Dynamics. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.03361>
- Vesey, J. y Otto, C. (2004). Complications of prosthetic heart valves. *Current Cardiology Reports*, 6(2), 106-111. doi:10.1007/s11886-004-0007-x
- Zamir, M. (2000). *The Physics of Pulsatile Flow*. Springer.