

6.5. ENSEÑANDO MECÁNICA CARDIOCIRCULATORIA CON UN SOFTWARE PARA CONSTRUCCIÓN Y MODELADO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

Autor: Javier Félix Martín
E-mail: jmartin.cba@gmail.com
Cátedras: Biomecánica
Carreras: Ingeniería Biomédica
Departamento: Física

Palabras Claves: enseñanza, mecánica cardiocirculatoria, simulación

Resumen

Este trabajo relata una experiencia innovadora desarrollada en la Cátedra de Biomecánica de la Escuela de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. La asignatura Biomecánica está en el 4º Año de la Carrera de Ingeniería Biomédica y tiene, entre sus principales áreas de estudio, la mecánica de los fluidos aplicada a los seres vivos. En la mencionada unidad, entre otros temas, se plantea el estudio de la mecánica cardiocirculatoria y la mecánica respiratoria.

El estudio de la mecánica del sistema circulatorio tiene múltiples y variadas complicaciones, la sangre humana es una suspensión de células en una solución acuosa, se comporta como un fluido de reología compleja, porque la viscosidad no es proporcional al esfuerzo aplicado, es decir es un fluido no newtoniano que cuenta con características pseudoplásticas que fluye a través de una compleja red de tubos elásticos, las arterias y las venas del sistema circulatorio, en forma pulsante gracias al impulso que genera el corazón con cada contracción. El problema biomecánico de la circulación sanguínea en conductos elásticos, por su complejidad, está lejos del estudio clásico de la mecánica de los fluidos en otras ramas de la ingeniería.

El desarrollo actual de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la transformación de las mismas por parte de los docentes en Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC) pone a la mano de docentes y alumnos una variada e interesante cantidad de herramientas informáticas que, en forma gratuita, permiten innovar y renovar la enseñanza de las ciencia y la tecnología (Martín, 2011).

En este trabajo práctico se utilizaron dos programas informáticos, Qucs y Geogebra, que combinados permitieron el abordaje de la temática vinculada con la biomecánica cardiocirculatoria de forma experimental mediante la elaboración y la simulación de modelos virtuales, dando origen a una novedosa práctica que fue diseñada y puesta a prueba exitosamente durante el año 2014.

Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) es un software de distribución gratuita (<http://qucs.sourceforge.net>) que brinda la posibilidad de construir un circuito electrónico virtual mediante una interfaz gráfica de usuario y simular el comportamiento de estos circuitos en una amplia gama de circunstancias (CC, CA, Periodos Transitorios, etc.). Después que ha corrido la simulación se pueden ver los resultados en una ventana de presentación en forma gráfica o mediante tablas lo que favorece la comprensión y la apropiación conceptual del comportamiento del circuito como sistema.

GeoGebra (<http://www.geogebra.org/cms/>) es un software libre, multiplataforma y de acceso en línea de geometría dinámica y matemáticas avanzadas que reúne y combina aritmética, geometría, álgebra, cálculo y análisis, en un conjunto sencillo y potente a nivel operativo.

Para esta práctica experimental en una primera etapa se elaboró un modelo hidráulico que permitió estudiar la circulación de la sangre en la arteria aorta humana tomando como base el modelo del windkessel. Aprovechando las analogías existentes entre los modelos hidráulicos y los circuitos eléctricos (Gómez, 2003) se pensó en utilizar un circuito eléctrico análogo que permita simular el comportamiento del modelo hidráulico del windkessel que permita realizar un estudio en profundidad de la mecánica. El circuito eléctrico que resulta de aplicar estas ideas es un circuito RC alimentado por una fuente de corriente de pulso cuadrado, cuyo periodo transitorio se adecua por analogía a lo que ocurre en la arteria aorta durante los tiempos de sístole y diástole del período cardíaco. En este circuito la resistencia eléctrica R es un componente análogo a la resistencia periférica del sistema circulatorio, la capacidad eléctrica C es un componente análogo a la compliance aórtica y el pulso de corriente cuadrada es análogo al caudal de eyección del ventrículo izquierdo del corazón. A los efectos operativos se utilizó el software de Qucs como plataforma para diseñar el circuito RC virtual y

simular su periodo transitorio y el software de geometría dinámica Geogebra para analizar los resultados gráficos que arrojó Qucs.

En una segunda etapa se calibró el modelo comparando los resultados obtenidos por simulación virtual con la información bibliográfica disponible (Gómez, 2003) para asegurar una buena correlación entre el modelo y los datos clínicos y fisiológicos del problema estudiado. Finalmente se trabajó el modelo con los alumnos de la Cátedra de Biomecánica en un trabajo práctico que proponía cambiar distintos parámetros del modelo (compliance, resistencia periférica, caudal de eyección cardiaca, etc.) y correr la simulación para ver las consecuencias que los cambios operaban sobre otras variables de interés biomecánico del problema (presión arterial máxima y mínima, caudal sanguíneo periférico, forma del pulso arterial aórtico, etc.).

Sabiendo que los trabajos prácticos experimentales son una de las prácticas educativas más exitosas en el ámbito de enseñanza de la ciencia y la tecnología (Izquierdo, 1999), creemos que el mismo que propone como modelo para una importante arteria del sistema circulatorio humano un circuito ecléctico análogo, ha facilitado la tarea de enseñar y aprender uno de los temas más complejos a los que se enfrentan los estudiantes de nuestra asignatura permitiendo un abordaje experimental frente a la situación que se planteaba años anteriores donde este tema sólo tenía un abordaje teórico a partir de desarrollos físico matemáticos.

Bibliografía

Gómez, K.; D'Alessandro Martínez, A.; Sanchez, G. y Rodríguez M.; (2003) Propuesta de un modelo del sistema cardiovascular humano. Revista Mexicana de Física N° 49 suplemento 3, pp. 33-35.

Izquierdo, M. y Espinet, M., 1999. Fundamentación y diseño de prácticas escolares de ciencias experimentales. Revista Enseñanza de las Ciencias, Vol. 17 N°1, pp. 45-60.

Martín, J.; Cantero, P.; Rodríguez, C.; Galeasso, A.; Rossi, F. y Babenco, M. (2011). Diseño y construcción de un datalogger para instrumentar la toma de datos en el laboratorio de física. Memorias de la XVII Reunión de educación en Física (REF XVII). Villa Giardino, Córdoba. ISBN 978-950-33-0925-4.