

Asignatura: **Biomecánica**

Código: 10-09214	RTF	6
Semestre: Octavo	Carga Horaria	72
Bloque: Tecnologías Básicas	Horas de Práctica	12

Departamento: Bioingeniería

Correlativas:

- Análisis Matemático
- Estática y Resistencia de los Materiales
- Anatomía para Ingenieros

Contenido Sintético:

- Mediciones de parámetros biomecánicos, antropometría y ergonomía.
- Mecánica vectorial de los sistemas biomecánicos en tres dimensiones.
- Estudio de la estabilidad y la dinámica articular humana. Marcha humana.
- Biomecánica de los sistemas cardiovascular y respiratorio.
- Modelos biomecánicos y simulaciones.

Competencias Genéricas:

- CG1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- CG7. Competencia para comunicarse con efectividad.
- CG9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.

Aprobado por HCD: 995-HCD-2023 RES: Fecha: 12/11/2023

Competencias Específicas:

- CE8.A1: Comprender los principios de la física e interpretar dichos fenómenos en situaciones reales y aplicables a la ingeniería biomédica.
- CE8.B5: Comprender las características estructurales y su desempeño mecánico de los distintos materiales.

Presentación

La Biomecánica es la ciencia que trata con las fuerzas internas y externas que actúan sobre el cuerpo humano y los efectos producidos por estas fuerzas, utiliza los principios y métodos de la mecánica que forman parte de la física para el estudio de los movimientos del cuerpo humano. Para Donskoi y Zatsiorski (1988) constituye la ciencia que estudia las leyes del movimiento mecánico de los seres humanos, utilizando aportes de la mecánica, estudiando el comportamiento de los sistemas biológicos del cuerpo humano, y las condiciones a las que son sometidos.

La Mecánica es una rama de la física que se ocupa del estudio y análisis del movimiento y reposo de los objetos, así como de su evolución en el tiempo bajo la acción de fuerzas, con la intención de establecer leyes generales; y que la Biología, cuyo nombre proviene del griego: bíos, “vida” y logía, “ciencia, saber”, es una de las ciencias naturales cuyo objeto de estudio comprende a las distintas formas y dinámicas de la vida: el origen, la evolución, la adaptación y los procesos propios de los seres vivos: la nutrición, el metabolismo, el crecimiento, la respuesta a estímulos, la reproducción, y sus diversos mecanismos posibles de existencia.

La biomecánica combina los principios de la mecánica clásica con el conocimiento de la anatomía humana y la fisiología aplicadas para estudiar el movimiento, las fuerzas que actúan sobre el cuerpo humano, apoyándose en los principios de la mecánica. Su objetivo principal es lograr análisis de los diversos movimientos ejecutados, teniendo en cuenta el gasto energético a fin de optimizarlos comprendiendo cómo se relacionan la estructura del cuerpo y la función biomecánica, analizando las interacciones de las articulaciones, los músculos y otros tejidos. El enfoque de la asignatura se basa en el trabajo interdisciplinario con enfoque totalizador propio de las áreas de conocimiento.

Características principales de la biomecánica:

- **Aplicación de principios mecánicos:** Utiliza los principios de la física y la mecánica para comprender los mecanismos subyacentes al movimiento humano. Estos principios incluyen fuerza, momento, aceleración, fricción, elasticidad, peso y las leyes que rigen a estos conceptos.
- **Análisis del movimiento humano:** La biomecánica se centra en el estudio detallado de cómo se produce el movimiento de forma analítica y global las distintas partes del cuerpo humano y cómo interactúan entre sí durante la realización de diferentes gestos motores.
- **Uso de herramientas y técnicas de medición:** La biomecánica emplea tecnologías avanzadas, como cámaras de alta velocidad, sensores de movimiento, plataformas de fuerza y software de análisis, para registrar y medir de forma precisa el movimiento humano y las fuerzas aplicadas.
- **Relación entre estructura y función:** La biomecánica busca comprender cómo la estructura anatómica del cuerpo influye en la función y el rendimiento físico.

Las aplicaciones de la Biomecánica como Tecnología Básica de la Ingeniería Biomédica son diversas y abarcan diferentes campos, como el deporte, la rehabilitación, la evaluación y análisis del movimiento, el diseño de prótesis y ortesis, la ergonomía, la biomecánica ocupacional y forense. Algunos ejemplos concretos de su aplicación incluyen:

- Mejora del rendimiento deportivo: La biomecánica se utiliza para analizar la técnica de movimiento de los atletas y optimizar su rendimiento, identificando áreas de mejora y reduciendo el riesgo de lesiones.
- Diseño de prótesis y ortesis: Ayuda en el desarrollo y diseño de dispositivos protésicos y ortopédicos para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades o lesiones, permitiéndoles moverse y funcionar de manera más eficiente.
- Prevención y rehabilitación de lesiones: La biomecánica se utiliza para comprender las causas de las lesiones y desarrollar estrategias de prevención y rehabilitación efectivas, a través del análisis de la mecánica del movimiento y la identificación de factores de riesgo.
- Ergonomía y diseño de productos: La biomecánica contribuye al diseño de productos ergonómicos, como mobiliario y herramientas, para optimizar la interacción entre las personas y su entorno, minimizando la carga física y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Contenidos

Primer eje temático: Mediciones de parámetros biomecánicos, antropometría y ergonomía

- Mediciones y técnicas de medición en antropometría. Antropometría directa. Puntos antropométricos y referencias anatómicas. Antropometría indirecta y doblemente indirecta.
- Equipo antropométrico. Perfil antropométrico.
- Mediciones antropométricas. Medición de masa corporal, estatura, segmentos corporales, perímetros, pliegues y diámetros.
- Índice de Masa Corporal. Modelos de composición corporal: método de los cuatro componentes.
- Somatotipo. Método antropométrico de Heath Carter. Componentes ectomórfica, endomórfica y mesomórfica. Somatocarta. Análisis individual y grupal del somatotipo.
- El diseño ergonómico y la antropometría. Ejemplo de antropometría aplicada al deporte.

Segundo eje temático: Mecánica vectorial de los sistemas biomecánicos en tres dimensiones.

- Postulados fundamentales de la Mecánica.
- Estática. El equilibrio de los cuerpos rígidos en tres dimensiones. Fuerzas musculares. Palancas anatómicas de 1º, 2º y 3º género. Ventaja mecánica. Alteraciones estructurales.
- Cinemática. El movimiento de los cuerpos rígidos en tres dimensiones. Sistema de referencia corporal y movimientos. Movimientos articulares. Modelización de la estructura ósea y cadenas cinemáticas. Postura y gesto motor. Movimiento de rotación de un segmento óseo. Goniometría.
- Dinámica. Ecuaciones generales de la dinámica para un cuerpo rígido en tres dimensiones. Modelización corporal: sistema segmental articulado. Análisis segmental de fuerzas y torques articulares.
- Centro de masas y centro de gravedad. Determinación del centro de masa corporal.

Tercer eje temático: Estudio de la estabilidad y la dinámica articular humana. Mecánica osteomioarticular. Análisis postural y Marcha humana.

- Comportamiento mecánico del tejido óseo. Métodos experimentales para la determinación de las características mecánicas del tejido óseo.
- Análisis biomecánico del hueso como estructura física.
- Comportamiento mecánico de las estructuras articulares: cartílagos, tendones, ligamentos y meniscos.
- Rozamiento. Desgaste. Medida del coeficiente de fricción. Lubricación de las articulaciones.
- Modelo mecánico del tejido muscular. Fuerza y potencia muscular.
- Descripción mecánica de la contracción y del trabajo muscular. Curvas de histéresis. Adaptación biomecánica del músculo al esfuerzo.
- Geometría raquídea. Respuesta del raquis frente cargas no estacionarias: cargas repetitivas y vibraciones ambientales.
- Análisis de modelos biomecánicos para la determinación de las cargas que actúan sobre el raquis.
- El ciclo de la marcha humana y sus fases. Contribución de las diferentes articulaciones. Estudio del ciclo de la marcha humana.
- Técnicas de análisis de la marcha: cinemáticas, antropométricas, dinámicas y fisiológicas.

Cuarto eje temático: Biomecánica de los sistemas cardiovascular y respiratorio.

- El sistema arterial humano: arterias principales, arterias secundarias y capilares.
- Propiedades visco-elásticas de los vasos sanguíneos. Formas de disipación de la energía de deformación
- La impedancia arterial. El corazón: aurículas, ventrículos, válvulas, arterias principales.
- Biomecánica del corazón. Diagrama presión volumen. Trabajo ventricular. Gasto cardíaco.
- Flujo de un fluido real en conductos rígidos y conductos elásticos
- Biomecánica pulmonar. Modelización mecánica. Fluidos, propiedades mecánicas. Leyes de aplicación. La circulación pulmonar. Mecánica de la ventilación humana. Presiones pulmonares. Aplicaciones.

Quinto eje temático: Modelos biomecánicos y simulaciones.

- Modelado y simulación de la geometría raquídea. Postura.
- Modelado y simulación de la marcha humana
- Modelos de circulación sanguínea. Las arterias como conductos rígidos. Las arterias como conductos elásticos.
- Flujo de un fluido real en conductos rígidos y conductos elásticos: Modelo de Windkessel de dos elementos

Metodología de enseñanza

El desarrollo general de la asignatura se basa en clases teórico-prácticas. Por ello las estrategias de enseñanza seleccionadas para el desarrollo de la propuesta consta de exposición dialogada, resolución de problemas y seminarios sobre el estudio de casos concretos de biomecánica vinculados con la ingeniería biomédica. Los estudiantes tendrán semanalmente dos clases teórico prácticas presenciales, además se habilitará un horario de consultas semanal, no obligatorio para atención personalizada de los estudiantes. También se

habilitará un aula virtual donde se dispondrá de información general de la asignatura y material de estudio complementario.

La asignatura se dicta en el octavo cuatrimestre y se divide en cinco ejes temáticos de enseñanza y aprendizaje y cada eje se desarrollará a partir de material bibliográfico obligatorio y material bibliográfico complementario cuya lectura, si bien no es obligatoria, se propone a los efectos de mostrar mayor variedad de ejemplos. A su vez se implementan una serie de trabajos prácticos y de seminarios que favorecen el proceso de lectura y análisis del contenido como forma de evaluación y acreditación de cada unidad. Los trabajos prácticos se orientan a producir la integración de los conocimientos y a desarrollar habilidades prácticas que favorezcan el saber hacer y los seminarios favorecen los aspectos comunicacionales tanto en forma escrita a partir de la redacción de informes como oral a partir de la exposición oral de los trabajos.

Evaluación

En el marco de la propuesta teórico práctica el equipo de Cátedra ha decidido realizar el seguimiento de los alumnos con una propuesta de evaluación formativa continua. Para ello los instrumentos que han sido seleccionados son:

- Trabajos Prácticos
- Seminarios
- Evaluaciones Parciales
- Seminario Integrador

Para aprobar esta asignatura los alumnos tienen que cumplimentar: 80% de asistencia a las clases. Realizar en equipo y colaborativamente los trabajos prácticos. Presentar en la modalidad seminario, en forma grupal y colaborativa, un caso vinculado a la Biomecánica a elección del grupo entre aquellos propuestos por el equipo de la Cátedra.. Aprobar las evaluaciones parciales. Finalmente el equipo de la cátedra generará un entorno en donde cada estudiante realizará un coloquio individual el cual se construirá a partir de los temas desarrollados en clase y de las producciones realizadas a lo largo de la materia.

Criterios de evaluación

- Fundamentación biomecánica en la formulación de las producciones.
- Profundidad académica. Desarrollo.
- Originalidad, integración y pertinencia de conceptos y presentaciones.
- Integración de trabajos grupales.
- Puntualidad en la entrega de las producciones.
- Escritura técnica. Tratamiento de imágenes y bibliografía.
- Transferencia. Elaboración de prototipos.

Condiciones para regularizar la materia

- Asistir por lo menos al 80% de las clases teórico prácticas
- Aprobar con nota igual o superior a 4 (cuatro) puntos, en una escala de 0 a 10 puntos, cada una de las dos Evaluaciones Parciales sobre contenidos teórico prácticos. Podrá ser recuperada una de las instancias de evaluación parcial que por inasistencia o baja calificación resulte no aprobada.

- Aprobar el 80% de Trabajos Prácticos propuestos. La calificación de los Trabajos Prácticos será Aprobado o No Aprobado

Condiciones para promocionar la materia

- Asistir por lo menos al 80% de las clases teórico prácticas
- Aprobar nota igual o superior a 6 (seis) puntos, en una escala de 0 a 10 puntos, cada una de las dos Evaluaciones Parciales sobre contenidos teórico prácticos. Podrá ser recuperada una de las instancias de evaluación parcial que por inasistencia o baja calificación resulte no aprobada.
- Aprobar el 100% de Trabajos Prácticos propuestos. La calificación de los Trabajos Prácticos será: Aprobado o No Aprobado.
- Aprobar con nota igual o superior a 6 (seis) puntos, en una escala de 0 a 10 puntos, el Seminario integrador.
- La nota final de la asignatura será:
$$\text{Nota Final} = (\text{Nota 1}^\circ \text{ Parcial} + \text{Nota 2}^\circ \text{ Parcial} + \text{Nota del Seminario Integrador}) / 3$$

Actividades prácticas y de laboratorio

Las actividades prácticas de laboratorio se realizarán en forma grupal, en clase se realizará la adquisición de datos y una primera ronda de cálculos para validar los datos adquiridos, luego los estudiantes, fuera del horario de clases, realizarán todos los cálculos necesarios para completar la actividad. Los resultados serán volcados a una memoria técnica que se presentará para corrección.

Objetivos:

- Desarrollar habilidades y competencias relacionadas a las mediciones biomecánicas
- Afianzar mediante la comprobación práctica aquellos conceptos fundamentales desarrollados de manera teórica.
- Fomentar el trabajo en equipos interdisciplinarios

Trabajo Práctico Experimental:

1. Mediciones antropométricas. Determinación del índice de masa corporal. Composición corporal por el método de los cuatro componentes. Determinación del somatotipo. Análisis del somatotipo individual y grupal. En este TPE se miden la masa, altura, diámetros y pliegues corporales de un/una estudiante del grupo para determinar por el método de las cuatro componentes la composición corporal y determinar el somatotipo del/la estudiante.

2. Estudio biomecánico de gestos motores. Determinación del centro de masa. Determinación de fuerzas y torques articulares. Este TPE se divide en dos partes, en una primera instancia a partir de fotografías y/o videos se plantea el estudio de los gestos motores en una actividad deportiva y en la segunda etapa a partir de la medición de la masa y las dimensiones de los segmentos corporales de un/una estudiante se determin el centro de masa corporal del/la estudiante.

3. Estudio biomecánico de la marcha humana normal. En este TPE se miden los rangos articulares de la cadera, la rodilla y el tobillo para estudiar los ciclos y las fases de la marcha humana a partir del análisis de videos tomados a un/una estudiante.

4. Modelo biomecánico del sistema cardiocirculatorio. En este TPE se plantea y se resuelve el modelo de Windkessel de dos elementos para modelizar el flujo de un fluido real, la sangre, en un conducto elástico, la arteria aorta.

Resultados de aprendizaje

A continuación se indican las competencias genéricas y específicas abordadas por la asignatura y los resultados de aprendizaje relacionados:

Competencias	Resultados de aprendizaje
CG1: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> ● Describe adecuadamente el contexto biomecánico donde ocurre el evento objeto del problema/ejercicio a resolver. ● Reconoce las magnitudes intervinientes ya sea como datos o como incógnitas. ● Establece adecuadamente el sistema de unidades a utilizar.
CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> ● Organiza su trabajo siguiendo metodologías claras y objetivas, compatibles con las buenas prácticas de la ingeniería. ● Describe con claridad la conexión conceptual entre datos e incógnitas del ejercicio/problema planteado y resuelto, y los resultados de mediciones experimentales cuando corresponda. ● Interpreta las razones por las cuales los resultados obtenidos guardan coherencia con el conjunto de datos y el fenómeno analizado.
CG7. Competencia para comunicarse con efectividad.	<ul style="list-style-type: none"> ● Expresa los resultados del ejercicio/problema planteado y resuelto en forma clara y precisa. ● Describe con claridad el problema y las soluciones presentadas en los seminarios y el coloquio integrador. ● Comunica en forma eficiente el problema y las soluciones presentadas en los seminarios y el coloquio integrador.

<p>CG9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Manifiesta aptitud para trabajar en forma autónoma para adquirir conocimientos. ● Establece en forma eficiente y autónoma las prioridades para abordar problemas y encontrar soluciones. ● Ejerce en forma independiente acciones necesarias para incorporar nuevos conocimientos ● Demuestra capacidad en aplicar conocimientos en situaciones análogas a las conocidas con posibilidad de extenderlos a situaciones nuevas.
<p>CE8.A1: Comprender los principios de la física e interpretar dichos fenómenos en situaciones reales y aplicables a la ingeniería biomédica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende los principios de la mecánica en general y de la biomecánica en particular . ● Interpretar los principios de la mecánica en general y de la biomecánica en particular en situaciones reales de interés en la Ingeniería biomédica.
<p>CE8.B5: Comprender las características estructurales y su desempeño mecánico de los distintos materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende las características estructurales de las arterias humanas y su influencia en el sistema cardiocirculatorio. ● Comprende las características estructurales del sistema broncoalveolar humano y su influencia en el sistema respiratorio.

Bibliografía obligatoria

Beer, F. P., Johnston, E. R., Cornwell, P. J., & Eisenberg, E. R. (2021). *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática y Dinámica*. McGraw-Hill Education.

Beer, F. P., Johnston Jr., E. R., & Mazurek, D. F. (2020). *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática*. McGraw-Hill Education.

Beer, F. P., Johnston Jr., E. R., & Mazurek, D. F. (2020). *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Dinámica*. McGraw-Hill Education.

Bustamante O., J., & Valbuena C., J. (2003). *Biomecánica cardiocirculatoria: análisis y modelado cardiovascular*. *Revista Colombiana de Cardiología*, 10(2), 85-92. Recuperado de <http://www.scc.org.co/>

Cervino, C. N., & Cervino, C. O. (2018). Simulación del Corazón Izquierdo para Aplicaciones en Docencia e Investigación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y*

Educación en Tecnología. N°21. recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-99592018000100006

Chong M, (2009) Estudio Comparativo del Sistema Circulatorio en los Vertebrados Superiores con énfasis en el corazón .Editorial: El Cid Editor | apuntes

Cuesta Gómez, J. I., & Vega Álvarez, J. (2009). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Editorial Médica Pan

Guzmán Velasco, A. (2014) *Manual de fisiología articular*. Editorial El Manual Moderno Colombia

Kapandji, I. A., Torres Lacomba, M. (1998). Fisiología articular Ed. 5. Tomo 1. España: Editorial Médica Panamericana S.A.

Kapandji, I. A., Torres Lacomba, M. (1998). Fisiología articular Ed. 5 Tomo 2. España: Editorial Médica Panamericana S.A.

Vergara, M. y Agost, M. J. (2015) *Antropometría aplicada al diseño de producto*. Editorial: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions

Bibliografía ampliatoria

Boron, W. F., & Boulpaep, E. L. (2017). *Fisiología médica*. Elsevier.

Brand, P. W., & Fyhrie, D. P. (2008). *Biomecánica Clínica de los Tejidos y las Articulaciones*. Barcelona, España: Elsevier.

Cailliet, R. (2006). *Anatomía Funcional Biomecánica*. Marban.

González Sánchez, J. (2015). *Biomecánica clínica de la marcha humana: Normal y patológica*. Editorial Médica Panamericana.

Enoka Roger M. (2018). *Neuromechanics of Human Movement*. 4ª Ed. EEUU, Human Kinetics.

Estrada Bonilla Y. C. (2018), *Biomecánica: de la física mecánica al análisis de gestos deportivos*. Universidad Santo Tomás.

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2018). *Fisiología cardiovascular*. Editorial Médica Panamericana.

Hall, S. J. (2013). *Biomecánica Básica*. Madrid, España: Elsevier.

McGinnis, P. M. (2013). *Biomecánica del Deporte y el Ejercicio Físico*. Barcelona, España: Paidotribo.

Nordin, M., & Frankel, V. H. (2012). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. Editorial Médica Panamericana.

Norton, K, & Olds, T. Antropométrica. Edición español: Mazza J. C., Biosystem, Rosario, Argentina.