Facultad de Ingeniería UNER	**Área de Posgrado** Maestría en Ingeniería Biomédica

Carrera: Maestría en Ingeniería Biomédica

Curso de Posgrado: ***"BIOMECÁNICA y BIOMATERIALES"***

Carga Horaria [1]**:** 90 Horas

Docente/s a cargo: Dr. Bioing. Ariel Braidot

Semestre: ***A confirmar*** **Año:** 2020

Modalidad [2]**:** Curso Teórico-Práctico **Carácter** [3]**: Obligatorio**

1:
Carga horaria: 90 horas.
2:
Curso teórico: curso donde se desarrolla en forma expositiva una temática propia de la disciplina
Curso teórico-práctico: curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada.
3:
Carácter: Obligatorio u optativo.

Programa Analítico: de foja: 1 a foja: 3
Bibliografía de foja: 3 a foja: 4

Programa Analítico

PARTE I: MECÁNICA DEL CONTINUO

UNIDAD 1: Fundamentos

a) Los medios continuos. Hipótesis de los medios continuos y su campo de aplicación. Distinción entre fluidos y sólidos. Densidad, viscosidad y tensión superficial. Fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos.

b) Notación y Álgebra indicial. Cinemática. Escalares, vectores y tensores de segundo orden. Notación indicial de vectores y tensores. Operador nabla. Álgebra indicial para operaciones entre vectores y tensores. Revisión del teorema de la divergencia. Concepto de campo de velocidades. Derivadas respecto al tiempo de funciones de campo: derivada material. Aceleración de un flujo. Líneas de trayectoria y líneas de corriente.

UNIDAD 2: Tensiones y balance de masa

a) Tensiones en medios continuos. Fuerzas de volumen y de superficie. Principio del momento lineal para un volumen material. Vector de tensiones. Tensor de tensiones y convención de signos. Simetría del tensor de tensiones. Estática de fluidos. Variación de la presión con las coordenadas. Medición de presiones absolutas y

relativas con instrumentos de columna de líquido.

b) Balance macroscópico de masa. Teorema del transporte. Balance macroscópico de masa para volúmenes arbitrarios. Ecuación de continuidad.

UNIDAD 3: Balance de cantidad de movimiento

a) Balance macroscópico de cantidad de movimiento. Balance macroscópico de cantidad de movimiento para volúmenes de control arbitrarios; particularización a volúmenes de control fijos y móviles con velocidad constante.

b) Balance microscópico de cantidad de movimiento. Balance microscópico o diferencial de cantidad de movimiento. Tensor de tensiones viscosas. Ley de viscosidad de Stokes. Ecuación de Navier-Stokes, soluciones exactas para flujos estacionarios, planos y axisimétricos.

UNIDAD 4: Elasticidad y aplicaciones

a) Teoría infinitesimal de la elasticidad. Teoría infinitesimal de la elasticidad. Elasticidad lineal. Isotropía y anisotropía. Ley de Hooke generalizada. Extensión pura. Flexión pura. Flexión con corte. Torsión pura.

b) Aplicaciones de la Mecánica del Continuo en Bioingeniería. Fenómenos de lubricación en prótesis de rodilla. Flujos sanguíneos en arterias parcialmente obstruidas. Integración de conceptos con biomateriales y biomecánica

PARTE II: BIOMATERIALES Y BIOCOMPATIBILIDAD

UNIDAD 5: Biomateriales metálicos, cerámicos y poliméricos

a) Introducción a los biomateriales.

b) Generalidades de los diferentes Biomateriales usados en medicina.

c) Caracterización de los Biomateriales.

UNIDAD 6: Biomateriales naturales y aplicaciones de los biomateriales

a) Polímeros biológicos estructurales

b) Formación de Biopelículas propiedades de la matriz extracelular.

c) Biomateriales usados para remplazo de tejidos duros y blandos.

UNIDAD 7: Principios moleculares y celulares de la interacción con de los biomateriales

a) Interacción célula-biomaterial

b) Biocompatibilidad: Principios generales y biocompatibilidad tisular

c) Biocompatibilidad con fármacos: sistemas de liberación de fármacos.

UNIDAD 8: Ingeniería de tejidos.

a) Conceptos básicos

b) Métodos de manufacturación y diseños a microescala

c) Aplicaciones de cuerpo en un chip.

PARTE III: BIOMECÁNICA

UNIDAD 9: Cinemática y Antropometría

a) Cinemática: Descripción de un Segmento del Cuerpo Humano en el Espacio. Técnicas de Medición Directa: Equipos de Ultrasonidos. Técnicas de Medición por Imágenes. Procesamiento de datos. Filtrado de Datos.

b) Antropometría: Mediciones Antropométricas: Técnicas Directas e Indirectas. Centro de masa del Cuerpo. Momentos de Inercia y Radio de giro de Segmentos. Teorema de Ejes Paralelos.

UNIDAD 10: Dinámica

a) Dinámica: Modelos Biomecánicos. Modelo de Segmentos Articulados. Fuerzas Actuando en el Modelo de Segmentos Articulados. Fuerzas y Reacciones. Ecuaciones Básicas de Segmentos Articulados. Diagrama de Cuerpo Libre. Medición de Fuerzas y Momentos: Transductores y Plataformas de Fuerza. Curvas de Momento.

UNIDAD 11: Eficiencia del Movimiento Humano.

a) Energía: Energía Mecánica y Trabajo. Trabajo Interno y Externo. Eficiencia. Trabajo Positivo y Negativo de los Músculos. Potencia Mecánica Muscular: Generación-Absorción. Transferencia de Energía Mecánica entre Segmentos.

UNIDAD 12: Análisis de la Marcha

a) Marcha: Marcha Normal y Patológica. Ciclo de la Marcha. Diferencias en la Marcha con la Edad.

b) Análisis del movimiento de diferentes gestos deportivos. Ejemplos prácticos de gestos de interés.

BIBLIOGRAFIA

1. Allard P., Stokes I. and Blanchi J.P., 1999. ***Three-Dimensional Analysis of Human Movements***. Human Kinetics.
2. Black J., 2006. ***Biological Performance of Materials. 4th*** edition CRC Press. Boca Raton.
3. Di Paolo J., 2013. ***Mecánica de los Fluidos. Aspectos teóricos introductorios para Ingeniería***, Ed. JDP
4. Durward B. R., Baer G. D. and Rove P. J. 2001. ***Funtional Human Movements: measurements and analysis***. Butterworth Heinemann.
5. Guelcher S.A. and Hollinger J.O., Eds, 2006. ***An Introduction to Biomaterials***. CRC Press. Boca Raton.

6. Prat J., 1993. ***Biomecánica de la Marcha Humana Normal y Patológica***. Inst. de Biomecánica de Valencia.
7. Ratner B.D., Hoffman A.S. Schoen F.J. and Lemons J.E., Eds, 2013. ***Biomaterials Science***. 2nd edition. Elsevier Academic Press. Amsterdam.
8. Robertson G., Caldwell G., Hamill J., Kamen G., and Whittlesey S., 2014. ***Research Method in Biomechanics***, Human Kinects.
9. Lai W. M., Rubin D., and Krempl E., 1996. ***Introduction to Continuum Mechanics***, Butterworth and Heinemann.
10. Tözeren A., 2000. ***Human Body Dynamics***: ***Classical Mechanics and Human Movement***, Springer.
11. Trew M. and Everett T., 2006. ***Fundamentos del Movimiento Humano,*** *Masson S. A.*
12. Vaughan C. L., Davis B. L. and O´Connor J.C., 1999. ***Dynamics of Human Gait***. Kiboho Publishers.
13. Whitaker S., 1992. ***Introduction to Fluid Mechanics.*** Krieger Publishing Company.
14. Whittle M.W., 1996. ***Gait Analysis. An Introduction***. Butterword-Heinemann.
15. Winter D.A., 2009. ***Biomechanics and Motor Control of Human Movement***. John Wiley.
16. Wong J.Y. and Bronzino J.D., Eds, 2007, ***Biomaterials.*** CRC Press. Boca Raton
17. Agrawal C.M., Ong J. L., Appleford M. R. and Mani G.. 2014. ***Introduction to Biomaterials***. Cambridge University Press.
18. Park J. and Lakes R.S. 2007. ***Biomaterials: An Introduction***. Springer.

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Síntesis y fundamentación del curso:

En el curso se desarrollan temáticas que incluyen el comportamiento de materiales abordados desde la mecánica de los medios continuos, de sus interacciones con el cuerpo humano y de aplicaciones de la mecánica del movimiento humano. Estos aspectos son de interés en un importante número de aplicaciones de la ingeniería biomédica actual. Los conceptos introductorios abordados en este curso, aportan nociones básicas a la formación sobre el desarrollo de tecnologías e investigaciones propias de la disciplina. Así, ante el requerimiento interdisciplinario de desarrollos cada vez más complejos de la Ingeniería Biomédica, el maestrando podrá fortalecer su trabajo incluyendo la perspectiva de los temas propuestos para este curso.

Objetivos Generales:

Que el estudiante se introduzca en:

- Conocer y comprender las leyes que rigen las deformaciones de fluidos y sólidos.
- Analizar el comportamiento de fluidos y sólidos en movimiento.
- Conocer y comprender la estructura y propiedades de los biomateriales metálicos, cerámicos y polímeros y los principios generales de biocompatibilidad.
- Analizar las interacciones a microescala entre célula y biomaterial.
- Conocer los nuevos campos de aplicación en el área biomateriales.
- Conocer y comprender la mecánica del movimiento humano.
- Aplicar los conocimientos anteriores a algún movimiento como la marcha normal o gestos deportivos.
- Analizar técnicas de medición de parámetros biomecánicos y técnicas de modelado y simulación.

Objetivos Particulares:

Que el alumno adquiera nociones básicas sobre:

- Generar habilidades para el razonamiento en base a las leyes físicas que gobiernan los cuerpos deformables.
- Utilizar las expresiones matemáticas de las leyes físicas, para construir modelos representativos de fenómenos mecánicos naturales o dispositivos ideados por el hombre, cuya resolución prediga el comportamiento de los mismos en cuanto a su sensibilidad a las variables que los gobiernan.
- Evaluar el comportamiento mecánico biomateriales naturales.
- Relacionar las propiedades mecánicas y estructura biológica en biopelículas.
- Relacionar conceptos de degradación de biomateriales y liberación de fármacos.
- Conocer sobre ensayos de biocompatibilidad basados en las normas ISO 10993.
- Describir los desplazamientos, velocidades, aceleraciones, fuerzas, momentos y tensiones presentes en el movimiento humano y sus métodos de medición.
- Interpretar modelos que reproduzcan el movimiento humano y ayuden en la evaluación clínica o deportiva.

Conocimientos previos requeridos (Si correspondiese):
Nociones sobre: Análisis matemático, álgebra, Física mecánica, Química inorgánica, sistemas de registro, procesamiento básico de datos, anatomía, biología celular. Estos son conocimientos necesarios para un óptimo cursado, pero no excluyentes.

Fecha tentativa de inicio del dictado: A determinar.

Días y horarios tentativos de dictado: ***Los días martes de 14:00 a 18:00. En caso de que se implemente la modalidad virtual debido a la situación del COVID-19, se proponen encuentros virtuales los martes por la tarde, en horario sugerido de 15:30 a 18:30*****.**

Cupo de alumnos (cantidades mínima y máxima): Mínima: 4. Máxima: la capacidad física del aula en el caso de dictado presencial. ***Para el caso de dictado virtual por COVID-19, la capacidad máxima no está limitada.***

Metodología de Trabajo:

Por cada módulo o parte temática se desarrollarán cuatro clases del tipo expositivo-interrogativo, teórico-prácticas de cuatro horas reloj c/u, con utilización de diversos recursos didácticos. Las tres primeras horas se desarrollarán conceptos teóricos y la última hora se destinará a guiar a los alumnos a través de ejemplos y problemas tipo para el desarrollo de sus actividades prácticas que podrán ser realizadas en grupos de no más de dos integrantes. Luego, es requisito que se realicen aproximadamente tres horas y media de actividades no presenciales por cada clase para poder completar las actividades teórico-prácticas complementarias mediante guías de estudio individuales, para lo cual se utilizarán los medios disponibles de la universidad para la asistencia a distancia de dichos trabajos. En este sentido, se habilitarán horarios semanales de interacción virtual para evacuar dudas del alumnado respecto al desarrollo de dichas guías. Los horarios serán establecidos en acuerdo con el grupo de alumnos.

En caso de dictado virtual por situación del COVID-19, ver el cuadro al final "Consideraciones especiales acerca del posible dictado virtual debido a la situación del COVID-19".

Equipo docente:

Dr. Bioing. Ariel Braidot (coordinador general del curso y profesor a cargo de las clases teóricas de la parte III)

Dr. Bioing. Diego Campana (Dictado de clase teórica de la unidad 3 de la parte I)

Dr. José Di Paolo (profesor a cargo de la parte I. Dictado de clase teórica de la unidad I de dicha parte)

Dr. Bioing. Sebastián Ubal (Dictado de clase teórica de la unidad 2 de la parte I)

Dr. Bioing. Gastón Miño (Profesor a cargo de la parte II. Dictado de clases teórico-prácticas de dicha parte)

Mag. Bioing. Marcelo Berli (Dictado de la unidad 4 de la parte I y coordinación de actividades prácticas de esta parte)

Mag. Ing. Biomed. Marco López (coordinación de actividades prácticas de la parte III)

Docente colaboradores:

Bioing. Jésica Zuchuat (Colaboración de clases teóricas y en realización de actividades prácticas de la parte II).

Cronograma del Curso:

Clases	Semanas	
1	1	**UNIDAD 1: Fundamentos. Items a y b.**
2	2	**UNIDAD 2: Tensiones y balance de masa. Items a y b.**
3	3	**UNIDAD 3: Balance de cantidad de movimiento. Items a y b.**
4	4	**UNIDAD 4: Elasticidad y aplicaciones Items a y b.**
5	5	**UNIDAD 5: Biomateriales metálicos, cerámicos y poliméricos Fundamentos.**
6	6	**UNIDAD 6: Biomateriales naturales y aplicaciones de los biomateriales**
7	7	**UNIDAD 7: Principios moleculares y celulares de la interacción con de los biomateriales.**
8	8	**UNIDAD 8: Ingeniería de tejidos.**
9	9	**UNIDAD 9: Cinemática y Antropometría. Items a y b.**
10	10	**UNIDAD 10: Dinámica.**
11	11	**UNIDAD 11: Control del Movimiento: Mecánica muscular. Análisis de la Marcha.**
12	12	**UNIDAD 12: Eficiencia del Movimiento Humano.**

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Para la promoción del curso el alumno deberá asistir al 70% de las clases teóricas, prácticas y de laboratorio de cada parte, debiendo cumplir con las entregas solicitadas (resolución de problemas, informe de TP, etc). Además, se deberá aprobar tres instancias de evaluación correspondientes a las tres temáticas modulares presentadas. Cada instancia de evaluación será parcial sobre cada tema y se deberá alcanzar un mínimo del 60 %.

La evaluación de la primera parte será teórico-práctica a libro abierto y consistirá en la presentación de dos ejercicios resueltos de cada unidad luego de cada clase (durante la siguiente semana), más una evaluación individual donde se evaluará la respuesta concisa a cinco preguntas conceptuales sobre los temas de la parte 1, que pueden incluir situaciones prácticas. ***En caso de dictado virtual por COVID-19, se solicitarán los ejercicios resueltos mediante envíos por email, pero sin requerimiento de una nota mínima, solamente exigiendo la obligatoriedad de entregarlos. Para la evaluación individual, se realizará un parcial con preguntas teóricas y ejercicios a resolver en modo de cuestionario mediante el campus virtual, requiriendo que se suban los archivos de desarrollos fotografiados en una pestaña de tarea para corroborar los resultados. El parcial será apropiado para que pueda realizarse durante 3 horas, abriendo la posibilidad de realizar el parcial durante 24 horas en día a determinar para tratar de evitar posibles problemas de conexión.***

La evaluación de la segunda parte se realizará mediante la presentación de informes de laboratorios y una presentación oral donde el alumno expondrá un tema a elección relacionado a los tópicos desarrollados durante la segunda parte. ***En caso de dictado virtual por COVID-19, solicitarán tareas semanalmente a ser entregadas vía email o mediante el campus a través de una tarea. Finalmente, se hará una evaluación individual integrando los conceptos con presentación (exposición) virtual ya sea de un tipo de implante, o sobre desarrollo e investigación de nuevos biomateriales. Se coordinará con los estudiantes los días en que cada alumno realizará la exposición.***

La evaluación de la tercera parte consistirá en el desarrollo de un trabajo integrador, mediante un proyecto en el que el estudiante recibe un registro de movimiento de un sujeto sano o patológico. El estudiante debe realizar el procesamiento del registro y un análisis presentando las conclusiones mediante una exposición. En este desarrollo del trabajo el estudiante aplicará los conceptos de se van desarrollando a lo largo del dictado del módulo. ***En caso de dictado virtual por COVID-19, la aprobación de la parte III se obtendrá mediante una exposición oral por videoconferencia del avance del proyecto hasta el momento de la presentación respecto del uso de las herramientas y conceptos. Para esta exposición se puede tener disponible una presentación con Power Point. En esta exposición el estudiante deberá utilizar su capacidad de síntesis para recortar aspectos más relevantes, y se espera que utilice típicamente 10 minutos. A continuación, el estudiante elegirá un primer tópico/tema referido al programa de la parte III desarrollado y realizar una exposición oral conceptual, también debería utilizar típicamente otros 10 minutos.***

Trabajos prácticos a desarrollar por los alumnos:

Parte I:
- Resolución de problemas con presentación: referentes a la unidad 1 “Fundamentos”
- Resolución de problemas con presentación: referentes a la unidad 2 “Tensiones y balance de masa”
- Resolución de problemas con presentación: referentes a la unidad 3 “Balance de cantidad de movimiento”
- Resolución de problemas con presentación: referentes a la unidad 4-a “Teoría infinitesimal de la elasticidad”

La presentación implica la devolución de al menos dos ejercicios resueltos de cada unidad.

Parte II:
- Laboratorio con entrega de informe: Ensayo de tracción con bioplásticos.
- Laboratorio con entrega de informe: Formación de biopelículas.
- Laboratorio con entrega de informe: Liberación de fármacos.
- Resolución de problemas con presentación: Biocompatibilidad: normativas y ensayos con modelos animales.

En caso de dictado virtual por situación del COVID-19, se utilizará material audiovisual propio o referenciado que ejemplifique las actividades propuestas para una modalidad presencial. La forma de trabajo propuesta se expone en el último cuadro de este formulario.

Parte III:

-Mediante el desarrollo del proyecto que el estudiante inicia a partir de un registro de movimiento de un sujeto sano o patológico aplicará los conceptos de cinemática, antropometría, dinámica y energía. El procesamiento de los datos le permitirá realizar análisis respecto del movimiento humano y obtener conclusiones que le permitirá armar la exposición necesaria para la evaluación del curso.

- Laboratorio de cinemática, antropometría: registro de un movimiento, por ejemplo, marcha, el cual podrá ser llevado a cabo en el caso de realizar actividades presenciales. ***Si se mantienen solo actividades virtuales esto podría no realizarse y en su reemplazo se hará una presentación de esta actividad mediante videoconferencia.***

Infraestructura necesaria (para modalidad presencial):

- Cañón proyector
- Laboratorio de computación (1 Clase)
- Equipamiento del Laboratorio de Biomecánica (Sistema de Captura de movimiento, Optitrack, (Videografía), Plataforma de Fuerzas, Electromiógrafo)
- Insumos para registros: marcadores, cinta adhesiva.
- Laboratorio de química para las clases de PARTE II: BIOMATERIALES Y BIOCOMPATIBILIDAD (lunes y viernes de tarde) en los horarios que el laboratorio este desocupado.
- Insumos de laboratorio: guantes descartables, féculas, glicerina, vinagre, portaobjetos.
- Microscopios ópticos provistos por el Departamento de Biología.

Como fue anteriormente mencionado, en caso de dictado virtual por situación del COVID-19, se utilizará material audiovisual propio o referenciado que ejemplifique las actividades propuestas para una modalidad presencial. Se necesitarán herramientas informáticas básicas (PC, notebook, tablet, celular, etc) y conexión estable a internet.

Consideraciones especiales acerca del posible dictado virtual debido a la situación del COVID-19:

Las clases se realizarán expositivamente por medios virtuales, utilizando diapositivas y herramientas del tipo openboard para las clases teóricas , a través de plataforma Google Meet o equivalente.

La práctica de resolución de ejercicios se realizará por el mismo medio, publicando previamente la guía correspondiente mediante el espacio en el Campus virtual de la FIUNER. Las guías a resolverse, serán subidas al mismo campus.

Los laboratorios de trabajo mediante modalidad virtual que requieren procesamiento de datos serán trabajados con la ayuda de docentes a través de la de plataforma Google Meet o equivalente, distribuyendo el número de alumnos en grupos reducidos que permitan una interacción de trabajo. Dependiendo de los permisos que pueda otorgar la institución para la asistencia de docentes a los lugares de trabajo, se podrán desarrollar mediante interacción virtual o se utilizará material audiovisual propio o referenciado que ejemplifique las actividades propuestas para una modalidad presencial.

Las modalidades de evaluación propuestas ya fueron expuestas en ***condiciones de regularidad y promoción.***