

**Planificación de la Asignatura:** Mecánica de Fluidos - Bioingeniería

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** B0828

**Carrera:** Bioingeniería

**Departamento Académico:** Físico-Química

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** jdipaolo@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral doble oferta

**Carga Horaria Semanal:** 5 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 70 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Propiedades físicas de los fluidos. Estática de fluidos. Cinemática del flujo. Leyes de conservación y ecuaciones de balance: masa, cantidad de movimiento, cantidad de movimiento angular y energía.

Ecuaciones constitutivas y flujo viscoso. Flujo turbulento. Análisis dimensional. Pérdida de carga en tuberías.

Tecnología de bombas

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Termodinámica

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

Ecuaciones Diferenciales

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Primer año completo

Termodinámica

Ecuaciones Diferenciales

---

**Objetivo General:**

Generar habilidades en el razonamiento y la capacidad de resolver problemas en el ámbito de la bioingeniería, cuyas soluciones requieren fuertemente de los principios de la Mecánica de Fluidos.

**Objetivos Particulares:**

Generar habilidades para el razonamiento en base a las leyes físicas que gobiernan los cuerpos deformables.

Formular abstracciones y simplificaciones de sistemas reales presentes en la práctica de ingeniería y la naturaleza, para realizar una modelización representativa de los mismos y así poder estudiarlos, diseñarlos y/o intervenirlos usando los principios de la Mecánica de Fluidos.

Progresar en el desarrollo de las competencias: Aprender a desempeñarse de manera efectiva en grupos de trabajo y comunicarse con efectividad.

**Argumentaciones en torno a los objetivos:**

La materia es una Tecnología Básica cuyo desarrollo implica un abordaje teórico muy importante que consume gran parte del tiempo dedicado. La imposibilidad de contar con equipamiento experimental impide la generación de habilidades prácticas que vuelvan competentes en ese aspecto a los estudiantes. Por otra parte, la utilización de la teoría para el modelado de situaciones problemáticas del ámbito de la Ingeniería, entraña la dificultad de la resolución de estos modelos que, generalmente, resultan no lineales. Creemos que, con la resolución de ejercicios especialmente preparados, la cátedra propicia la generación de criterios físicos que tienen que ver con un hecho a modelar y resolver, a partir de los cuales se formulan hipótesis orientadas a construir un modelo resoluble. Como se expresa en los objetivos, la cátedra utiliza una metodología didáctica basada en el trabajo grupal que exige una defensa oral de los producidos en forma semanal. Esta defensa trata sobre los producidos del propio grupo y la evaluación de los producidos de otro grupo, con la moderación del docente a cargo de la clase.

**Resultados de aprendizaje:**

RA 1: Define adecuadamente los límites de la hipótesis de los medios continuos y diferencia mecánicamente los materiales fluidos de los sólidos teniendo en cuenta sus parámetros identificadores.

RA 2: Utiliza entes numéricos superiores para representar variables de la Mecánica de los Fluidos y opera con ellos. Modela matemáticamente el movimiento de los fluidos involucrando descripciones relativas a

materiales muy deformables, nuevas respecto a sus conocimientos previos de Mecánica.

RA 3: Explica fenómenos mecánicos de flujo y/o de deslizamiento y fallas en medios continuos en general, a partir de la complejidad de los estados tensionales en materiales sujetos a cargas.

RA 4: Utiliza convenientemente los principios de la hidrostática y calcula las fuerzas sobre superficies sumergidas, la flotación y su estabilidad como fenómenos consecuentes de la hidrostática.

RA 5: Define los distintos espacios de análisis de fenómenos relacionados con flujos de fluidos y la necesidad de la transformación de las leyes de la Mecánica dadas para cuerpos que no intercambian masa por sus fronteras.

RA 6: Identifica, modela y calcula las interacciones macroscópicas de un flujo con sus fronteras sólidas limitantes.

RA 7: Identifica, modela y calcula las interacciones microscópicas de un flujo con sus fronteras sólidas limitantes y la relación de éstas con el campo de velocidades.

RA 8: Identifica y plantea los intercambios energéticos en flujos de una fase involucrando bombas o turbinas, teniendo en cuenta el número de entradas y salidas de flujo.

RA 9: Reconoce los fundamentos de la similitud en base a las variables adimensionales que gobiernan un fenómeno físico, particularmente de la Mecánica de los Fluidos y plantea las relaciones necesarias para la experimentación sobre modelos.

RA 10: Plantea adecuadamente las pérdidas de carga en tuberías de sección circular uniforme y las calcula utilizando tablas y ábacos.

RA 11: Esquematiza y plantea matemáticamente una instalación de conducción de fluidos teniendo en cuenta la ubicación de la bomba y su curva operativa.

**Programa Analítico:**

Este programa se ha diseñado para un cursado de 14 semanas a lo largo de un cuatrimestre.

Tema I: Características Básicas de los Fluidos. Definición de fluido. Fluido como un medio continuo.

Densidad, viscosidad y tensión superficial. Fluidos newtonianos. Fluidos no newtonianos: modelos reológicos y sus parámetros. Caracterización de flujos. (5 horas)

Tema II: Notación y Álgebra indicial. 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. (5 horas)

Tema III: Cinemática de Fluidos. Concepto de campo de velocidades. Flujo rotacional e irrotacional.

Derivadas respecto al tiempo. Aceleración de un flujo. Líneas de trayectoria, líneas de corriente y líneas de traza. (5 horas)

Tema IV: Tensiones en fluidos. Definición de volúmenes materiales. Principio del momento lineal para un volumen material. Vector de tensiones. Tensor de tensiones y convención de signos. Principio del momento angular para un volumen material. Simetría del tensor de tensiones. (5 horas)

Tema V: Estática de Fluidos. Variación de la presión con las coordenadas. Medición de presiones absolutas y relativas con instrumentos de columna de líquido. Fuerza sobre superficies planas y curvas: fuerza de flotación. Recipientes acelerados linealmente y recipientes que giran con velocidad angular constante. (5 horas)

Tema VI: Balance macroscópico de masa. Definición de volúmenes arbitrarios. Teorema del transporte. Balance macroscópico de masa para volúmenes arbitrarios. Ecuación de continuidad. (5 horas)

Tema VII: 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. (5 horas)

Tema VIII: 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. (5 horas)

Tema IX: Balance macroscópico de energía. Primer principio de la Termodinámica para fenómenos adiabáticos. Balance macroscópico de energía mecánica para volúmenes de control arbitrarios y estados estacionarios. (5 horas)

Tema X: Análisis Dimensional: Naturaleza del análisis dimensional. Teorema Pi de Buckingham. Grupos adimensionales de importancia en Mecánica de Fluidos. Similitud de flujos y estudio de modelos. Adimensionalización de ecuaciones. (2 horas)

Tema XI: Flujos viscosos: Pérdida de carga. Cálculo de la pérdida de carga: factor de fricción en tubos rectos de sección circular, para flujo laminar y turbulento. Pérdidas de carga en accesorios. Cálculo de cañerías (dimensionamiento o verificación): casos y algoritmos. (5 horas)

Tema XII: Máquinas hidráulicas: Clasificación de las máquinas hidráulicas. Análisis de las turbomáquinas. Características de funcionamiento. Ventiladores, sopladores y compresores. (2 horas)

Argumentos en torno al programa analítico:

El programa está desarrollado por temas de un modo constructivista, donde cada uno de ellos y en forma gradual, aporta a la construcción de modelos cada vez más representativos de la naturaleza.

A lo largo del cursado, se van abordando parcial o totalmente diversos ejemplos y problemas integradores del ámbito de la Bioingeniería. Entre estos ellos se pueden mencionar:

Modelado de fluidos de interés biológico como ser sangre, fluido sinovial, mucosidad de vías respiratorias (tema 1).

Aplicaciones en el estudio de la lágrima: determinación de perfil velocidades y esfuerzos cortantes sobre córnea y párpado, medición de tensión superficial (tema 1).

Visualización de flujo en vasos sanguíneos y vías respiratorias (tema 3).

Aplicación del balance de masa a nebulizador ultrasónico y al vaciado de recipientes (tema 6).

Lubricación de juntas sinoviales, aplicación a las articulaciones de rodilla y cadera (tema 1 y 8).

Flujos sanguíneos en arterias parcialmente obstruidas (tema 6 y 7).

Bifurcación de vasos sanguíneos (tema 6 y 7).

Inyección de solución salina en torrente venoso (tema 6, 7 y 8).

Aplicación del balance microscópico de cantidad de movimiento al flujo sanguíneo en arteriolas y a la

mucosidad que reviste paredes de vías aéreas pulmonares (temas 1, 6 y 8).

Dinámica interfacial en el flujo pulmonar (tema 1).

Dispositivo Venturi para oxigenoterapia (temas 6, 9 y 11).

Aneurisma arterial (temas 6, 7 y 9).

Mecanismos artificiales de impulsión sanguínea: bombas de asistencia ventricular mecánica (tema 12).

Las 70 horas reservadas por el plan de estudio para la asignatura se completan de la siguiente forma:

64 h de trabajo áulico

6 h de evaluaciones

### **Listado de Actividades de Formación Práctica:**

Listado de actividades prácticas:

Las actividades prácticas mencionadas en el anterior inciso son las siguientes:

- Medición de la presión ambiental con un barómetro de mercurio.
- Experimentación con la densidad y la tensión superficial en dos fluidos.
- Predicción del tiempo de vaciado de un recipiente con agua.
- Demostración del balance de energía mecánica, con aproximación a las predicciones de la ecuación de Bernoulli a través del efecto Venturi.
- Análisis de pérdida de carga en un circuito de pequeña longitud.

Adicionalmente, durante el horario de práctica (3 horas semanales), se abordan las siguientes guías de ejercicios obligatorios:

Guía Obligatoria N°1: Propiedades de fluidos.

Guía Obligatoria N°2: Notación indicial.

Guía Obligatoria N°3: Cinemática de fluidos.

Guía Obligatoria N°4: Hidrostática.

Guía Obligatoria N°5: Balance de masa.

Guía Obligatoria N°6: Balance macroscópico de cantidad de movimiento.

Guía Obligatoria N°7: Balance microscópico de cantidad de movimiento.

Guía Obligatoria N°8: Flujos viscosos.



**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

Estrategias de evaluación:

- Evaluaciones de resolución de ejercicios realizadas en grupos y expuestas frente al curso en cada inicio de las clases prácticas. Esa evaluación es conceptual e ideada para promover las competencias genéricas, especialmente la 7.
- Seguimiento de la actividad de los alumnos dentro del campus para relevar la utilización de los recursos dispuestos para apoyar el proceso de cursado.
- Dos exámenes teórico-prácticos optativos e individuales, para aprobación directa de la asignatura. Cada uno de estos exámenes tendrá un recuperatorio y todos ellos se realizarán antes de la finalización del cursado.

Instrumentos y recursos de evaluación:

- Informe grupal escrito sobre la realización de los ejercicios/problemas semanales. Se irá guiando a los alumnos a mejorar la presentación de reportes formales sintéticos, claros y prolijos.
- Exposición y debate oral de la resolución de ejercicios/problemas propuestos, poniendo énfasis en las hipótesis, consideraciones, razonamiento y criterios que permitan no solo compartir una metodología de resolución sino también poder cuestionar y/o corregir posibles errores. Esta actividad se realiza entre los estudiantes con seguimiento de los docentes, pudiendo -estos- generar preguntas disparadoras para estimular el debate. Durante el proceso, los alumnos podrán explicarse y corregirse entre sí construyendo ellos mismos el conocimiento. Los docentes forman parte del proceso, pero no se ubican en el lugar central del mismo.
- Resolución de cuestionarios en el campus. Los cuestionarios en el campus se confeccionan con preguntas conceptuales pero basadas en razonamiento, lo que genera la necesidad de revisar la bibliografía y/o debatir con compañeros/profesores la respuesta correcta.
- Documento individual escrito donde conste la resolución de los ejercicios y las respuestas a las preguntas teóricas en los exámenes parciales optativos (y sus recuperatorios) para obtener la promoción total de la asignatura.

Argumentos en torno a la evaluación:

Las exigencias de evaluación son coherentes con las metodologías didácticas, demandando la resolución de ejercicios en la parte práctica de las evaluaciones y las evaluaciones teóricas son en cierta forma una puesta en juego de los conceptos para la explicación y/o modelado de situaciones naturales o prácticas semiabiertas.

**Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

Examen de práctica de ejercicios:

El examen consistirá en dos ejercicios tanto para alumnos regulares, alumnos libres y alumnos que rindan equivalencias. No se admitirán ejercicios en blanco, siendo el puntaje mínimo de 60 puntos sobre 100 para todos los alumnos.

Examen de teoría:

Consistirá en 5 preguntas. No se admitirán respuestas en blanco. El puntaje mínimo para todos los alumnos será de 60 puntos sobre 100.

Otras evaluaciones teóricas o prácticas de temas o trabajos prácticos realizados en el cursado, para el caso de alumnos libres, cuya calificación será "aprobado" o "no aprobado".

**Condiciones de Regularidad :**

- 1) Tener una asistencia no inferior al 70% de las clases prácticas.
- 2) Tener un concepto de "Aprobado" en todas las actividades prácticas grupales con defensa en el aula.

En los casos en que sea necesario, será tenido en cuenta el concepto general del alumno (asistencia y participación en las clases obligatorias y no obligatorias, muestra de interés a través de consultas o intervención en debates, resolución de problemas sugeridos en las guías, respuesta a los cuestionarios del campus, trato respetuoso a docentes y compañeros en las clases) como un elemento más de juicio para establecer su condición de alumno regular.

Aprobación total de la asignatura por aprobación directa:

Además de cumplir con los requisitos para regularizar la materia, para la aprobación directa los alumnos deberán aprobar los dos exámenes parciales teórico-prácticos, o sus respectivos recuperatorios, con nota no inferior a 60/100. Ambas partes (teórica y práctica) deben estar aprobadas y la nota final será un promedio de las mismas. Estos exámenes serán optativos pero ineludibles para aprobar la materia en forma directa. Los exámenes parciales contendrán una pregunta teórica por tema y dos o tres ejercicios idealmente integradores de dos o más temas. Los recuperatorios de los exámenes parciales teórico-prácticos serán del mismo tenor.



**Bibliografía Principal:**

La siguiente es la bibliografía recomendada por la cátedra, cuya existencia en la biblioteca de la Facultad está asegurada:

- Mecánica de los Fluidos. Aspectos teóricos introductorios para Ingeniería. J. Di Paolo, JDP Ediciones, 2013. También disponible en el aula virtual.
- Introduction to Fluid Mechanics, S. Whitaker, Krieger Publishing Company, 1992.
- Introducción a la Mecánica de los Fluidos, Fox, Mc Donald, Mc Graw Hill México, 1995.
- Mecánica de Fluidos, White Frank M., Paz Penín Concepción, Eiris Barca Antonio, Suárez Porto Eduardo, McGraw Hill/Interamericana de España, Madrid, 2008.

**Bibliografía Complementaria:**

- Mecánica de fluidos. Potter, Merle C. Wiggert, David C. Ramadan, Bassem Shih, Tom I. P. Romo Muñoz, Jorge Humberto León Cárdenas, Javier. Cengage Learning, México, 2015.
- Advanced transport phenomena, Slattery, John C., Cambridge University Press, New York, 1999.
- Introduction to Continuum Mechanics, Lai, Rubin, Krempl, Butterworth and Heinemann, 1996.
- Mecánica de fluidos. Problemas resueltos. López-Herrera Sánchez, José M. Herrada Gutiérrez, Miguel A. Pérez-Saborid Sánchez-Pastor, Miguel Barrero Ripoll, Antonio, McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid, 2005.
- Fluid Mechanics, Granger, R. Alan. Dover Publications, New York, 1995.
- Mecánica de Fluidos, White, Mc Graw Hill México, 1983.
- Mecánica de Fluidos, Shames, Irving H. Saldarriaga, Juan G. Santos G., Germán R., Mc Graw Hill Interamericana, Santafé de Bogotá, 1995.
- Mecánica de Fluidos, B. Fernández, 2º edición Alfaomega, México, 1999.
- Mecánica de Fluidos Aplicada, R. L. Mott, 4º edición, Prentice Hall, México, 1996.
- Fenómenos de Transporte, R. B. Bird, W. E. Stewart y E. N. Lightfoot, Editorial Reverté, Argentina, 1976.