

## MECÁNICA DE FLUIDOS AMBIENTAL

ICYA 2412

Programa Primer Semestre de 2016

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML629, Tel: 3394949 Extensión 1731

[la.camacho@uniandes.edu.co](mailto:la.camacho@uniandes.edu.co)

Horario Atención Estudiantes: Martes 2:00 pm – 5:30 pm

Clase Magistral Lunes - Miércoles 3:30- 4:50 am Salones – O402 y O404

Clase Complementaria Sec. 01 Martes 1:00 – 1:50 pm

Clase Complementaria Sec. 02 Miércoles 1:00 – 1:50 pm

Asistente docente: Alejandra Navas [a.navas2738@uniandes.edu.co](mailto:a.navas2738@uniandes.edu.co)

### Objetivos y metas

El objetivo general del curso es lograr la familiarización del estudiante con conceptos físicos fundamentales, métodos de análisis, y ecuaciones gobernantes de la leyes de conservación de la masa, segunda ley de Newton y primera y segunda leyes de la termodinámica con aplicaciones de mecánica de fluidos ambiental para condiciones de flujo incompresible y flujo compresible en tuberías a presión y canales abiertos. Al final del curso el estudiante estará en capacidad de:

- Reconocer y aplicar los conceptos físicos básicos y ecuaciones gobernantes de las leyes de conservación en aplicaciones de mecánica de fluidos ambiental con énfasis en la solución práctica de problemas mediante el uso de la aproximación del volumen de control
- Formular y plantear ecuaciones gobernantes de problemas de mecánica de fluidos ambiental y solucionarlas mediante métodos analíticos o numéricos haciendo énfasis en la relación de los resultados matemáticos con el comportamiento físico correspondiente.
- Reconocer la importancia de contar con metodologías, protocolos, equipos, estructuras y estaciones de medición de caudal, velocidad, nivel de agua y presión en tuberías a presión y canales abiertos, e identificar las ventajas, limitaciones e incertidumbre en la medición de diversos métodos.
- Diseñar y conducir experimentos relacionados con la toma de datos útiles para el uso, entendimiento del comportamiento, y calibración, de estructuras y modelos físicos y matemáticos en mecánica de fluidos ambiental.
- Reconocer la utilidad y aplicación de las ecuaciones gobernantes en aplicaciones de análisis, diseño, manejo y control de estructuras, conductos, equipos y maquinaria hidráulica.

### Metodología

El curso se basará en explicaciones magistrales del material repartido con anterioridad a las clases, lecturas de las referencias y solución de problemas en las clases magistrales y complementarias

obligatorias. El curso tendrá un alto contenido de tareas individuales y en grupo y laboratorios experimentales y computacionales guiados que buscarán la comprensión del estudiante de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos y los métodos, protocolos, equipos y estructuras de medición de variables hidráulicas. El curso tendrá además una salida de campo a un río en la cual se realizará la aplicación y comparación de diferentes métodos de medición de variables hidráulicas. Finalmente se realizará un Proyecto Final de ingeniería de elaboración de las líneas de gradiente hidráulico y de energía de una planta de aguas residuales o una línea de conducción utilizando datos reales.

## Referencias

- Fox, R. W., Pritchard, P. J., McDonald, A. T., (2009) Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, 7a. Ed., Nueva York
- Roberson, J. A., Crowe, C.T. (1997). Engineering fluid Mechanics, Ed. John Willey and Sons, Inc., 6ª Ed., Chichester, UK.
- Streeter, V. L., Wylie, E. B., Bedford, K. W. (1998). Fluid Mechanics, Ed. McGraw-Hill, 9ª Ed., Nueva York.
- Chanson H. (2004) Environmental Hydraulics of Open Channel Flows, Elsevier Butterworth Heinemann, Amsterdam.
- Shames I. (1995) Mecánica de fluidos, Mc Graw Hill Company. USA
- Munson B., Young, D., Okiishi T., (2002) Fundamentals of Fluid Mechanics, Ed. John Wiley & Sons
- Vennard, J.K., Street R.L. (1993) Elementos de Mecánica de Fluidos, CECSA-México
- White Frank (1998) Mecánica de fluidos, Mc Graw Hill. Book Company. USA
- Cengel, Y. A., Cimbala, J. M. (2006) Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones, Mc Graw Hill, México
- Mataix, Claudio (2007) Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, Alfaomega-México
- Kenneth McNaughton (1992) Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento, Ed. McGrawHill, México
- Saldarriaga, J.G., (2007). Hidráulica de Tuberías, Ed. Alfaomega, Bogotá
- Houghtalen, R. J., Akan, A.O., Wwang, H.C. (1996) Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems, 4a Ed., Prentice Hall, Boston.

## Journals

Water Resources Research, AGU; Journal of Hydrology, Elsevier; Journals de la ASCE, Journal of Hydroinformatics, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Environmental Fluid Dynamics (Springer)

## Sistema de Evaluación

2 Exámenes parciales (24% cada uno): 48%      Examen Final: 25%  
Laboratorios experimentales y computacionales: 12%      Tareas y Proyecto Final: 15%  
Control de ejercicios, lecturas y asistencia: 0%

*Exámenes:* contendrán dos partes, una de fundamentos y conceptos físicos y control de lectura sin calculadora ni apuntes, y otra de ejercicios con calculadora y apuntes.

*Tareas, Laboratorios:* El curso tendrá un componente importante de tareas en grupos de 2 personas, y laboratorios experimentales en grupos de 4 personas de la misma sección de laboratorio. Las tareas y laboratorios **deben entregarse en medio físico impreso únicamente en clase o personalmente al profesor en su oficina los días lunes**. Después de la fecha acordada **no** se recibirán tareas y se recibirán laboratorios, máximo con una semana de retraso y se calificarán sobre 4.0.

Los informes de laboratorio se entregarán siguiendo la estructura, cálculos y contenido especificado. La asistencia a los laboratorios experimentales se considera obligatoria y necesaria, a excepción de la salida de campo. Los informes de laboratorio entregados por las personas que no asistieron personalmente al laboratorio serán calificados sobre 3.0 en caso de causa injustificada.

*Proyecto:* se desarrollará en grupos de cuatro estudiantes (los mismos grupos de laboratorio) un Proyecto Final de ingeniería de elaboración de las líneas de gradiente hidráulico y de energía de una planta de aguas residuales o potabilización o una línea de conducción de un sistema hidráulico utilizando datos reales. Se entregará un informe de ingeniería y se programará la realización de una sustentación oral calificable al profesor para la cual debe solicitarse cita previa antes del 5 de diciembre.

*Material de clases:* en SICUA-PLUS estarán disponibles las presentaciones de clase en PowerPoint. Éstas son para uso exclusivo de los estudiantes del curso. En SICUA-PLUS habrá material de soporte adicional. La filmación o grabación de clases no está autorizada.

*Aproximación notas:* la Nota Definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si la la nota final es 3.6783, la nota definitiva será 3.68; si la nota final es 3.6743, la nota definitiva será 3.67). Excusas: se recibirán excusas de acuerdo con el artículo 43 del RGEPr las cuales deberán ser entregadas a la coordinación del Departamento (Secretaria Mayra Delgado) y al profesor para su verificación y aprobación. La nota mínima aprobatoria será 3.00.

### **Metas ABET incluidas en el programa**

- Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería. (a)
- Habilidad para diseñar y conducir experimentos, y para analizar e interpretar datos. (b)
- Habilidad para identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería. (e)

**Contenido Detallado y Cronograma – Mecánica de Fluidos Ambiental - Clases  
Magistrales**

Clase	Fecha	Tema
1	Enero 18	Introducción. Importancia y utilidad de la mecánica de fluidos y la hidráulica en la formación del ingeniero ambiental. Alcance del curso.
2	Enero 20	Definición de fluido. Dimensiones y sistemas de unidades. Propiedades de los fluidos: ecuación de estado de variación de la densidad, entalpía, calor específico.
3	Enero 25	Propiedades de los fluidos: viscosidad, tensión superficial, elasticidad, presión de vapor
4	Enero 27	Conceptos de mecánica de sólidos 1, equilibrio estático y sistemas de fuerzas equivalentes.
5	Febrero 1	Estática de fluidos. Ecuación fundamental, presión absoluta y manométrica. Manómetros.
6	Febrero 3	Variación de la presión en fluidos estáticos incompresibles y compresibles con temperatura variable y condiciones isotérmicas. Atmósfera estándar.
7	Febrero 8	Fuerzas hidrostáticas sobre superficies planas y curvas sumergidas.
8	Febrero 10	Aplicaciones y ejercicios de fuerzas hidrostáticas sobre superficies planas y curvas sumergidas. Fuerzas de flotación en cuerpos flotantes y sumergidos.
9	Febrero 15	Cinemática de fluidos. Líneas y tubos de corriente. Clasificación del flujo.
10	Febrero 17	<b>PARCIAL 1 (24%)</b>
11	Febrero 22	Métodos de Euler y Lagrange. Velocidad, aceleración, y caudal.
12	Febrero 24	Teorema de Reynolds de la aproximación del volumen de control. Ley de conservación de la masa y ecuación de continuidad.
13	Febrero 29	Aplicaciones de la ley de la conservación de la masa.
14	Marzo 2	Ley de la conservación de la energía. Ecuación y aplicaciones.
15	Marzo 7	Ley de la conservación de la energía. Aplicaciones
16	Marzo 9	Aplicaciones ecuación de conservación de energía
17	Marzo 14	Líneas piezométricas y de energía.
18	Marzo 16	<b>PARCIAL 2 (24%)</b>
	Mar 21 - 26	<b>SEMANA DE RECESO</b>
19	Marzo 28	Principio de conservación del momentum lineal. Aplicaciones.
20	Marzo 30	Principio de conservación del momentum lineal. Ecuación y aplicaciones.
21	Abril 4	Flujo en conductos. Número de Reynolds. Flujo laminar en tuberías. Distribuciones de esfuerzo cortante y perfiles de velocidad de flujo laminar.
22	Abril 6	Flujo turbulento en tuberías. Cálculo de la pérdida de energía por fricción y por adimentos. <b>Proyecto Final del Curso</b>
23	Abril 11	Solución de problemas de potencia en tuberías. Bombas y turbinas.
24	Abril 13	Solución de problemas de análisis hidráulico.

25	Abril 18	Solución de problemas de análisis hidráulico.
26	Abril 20	Problemas de turbomaquinaria. Costo de bombeo, selección de bombas y turbinas, cavitación.
27	Abril 25	Análisis dimensional y teoría de similaridad. Números adimensionales. Ejercicios
28	Abril 27	Introducción a flujo compresible. Revisión de termodinámica.
29	Mayo 2	Propagación de ondas de sonido
30	Mayo 4	Estado de referencia: propiedades isotrópicas de estancamiento. Condiciones críticas. Resumen y ecuaciones útiles de flujo incompresible
	Se realiza en fecha Ex. Final	<b><i>EXAMEN FINAL (25%)</i></b>

**Contenido Detallado y Cronograma – Mecánica de Fluidos Ambiental – Clases  
Complementarias y Salida de Campo**

Semana	Fecha	Tema
2	Enero 26, 27	Ejercicios unidades y dimensiones
3	Febrero 2, 3	Ejercicios propiedades de los fluidos
4	Febrero 9, 10	Ejercicios de manómetros y variación de la presión
5	Febrero 16, 17	Ejercicios estática de fluidos. Fuerzas sobre superficies planas y curvas.
6	Febrero 23, 24	Solución Parcial 1
7	Marzo 1, 2	Ejercicios de velocidad, aceleración y caudal y ejercicios y ejemplos de clasificación de flujos: laminar, turbulento, permanente, no permanente, rotacional e irrotacional, viscoso, no viscoso e ideal.
8	Marzo 8, 9	Aplicaciones y ejercicios de conservación de la masa
9	Marzo 15, 16	Aplicaciones y ejercicios ecuación de conservación de la energía.
10	Marzo 29, 30	Solución Parcial 2. Ejercicios de líneas de gradiente hidráulico LGH y de energía LE
	<b>Abril 2 Sab.</b>	<b><i>Salida de campo Río Teusacá– Mediciones hidráulicas por diferentes métodos (salida opcional)</i></b>
11	Abril 5, 6	Aplicaciones y ejercicios de conservación de momentum.
12	Abril 12, 13	Ejercicios de flujo laminar y turbulento en tuberías.
13	Abril 19, 20	Solución problemas de tuberías simples
14	Abril 26, 27	Solución problemas de tuberías simples y maquinaria hidráulica
15	Mayo 3, 4	Solución de problemas de análisis dimensional y teoría de similaridad y flujo compresible

**Contenido Detallado y Cronograma – Laboratorios**

Labora- torio	Semana /Día	Tema
1	4, / Feb. 8, 12	<b>LABORATORIO AMBIENTAL.</b> Mediciones de densidad, conductividad, oxígeno disuelto y viscosidad en agua dulce, agua de mar, y agua contaminada con alto contenido de SST y sólidos disueltos.
2	7 / Feb. 29, Marzo 4 <b>Abril 2</b> <b>Sábado</b>	<b>LABORATORIO AMBIENTAL.</b> Preparación salida de campo – Aforo de caudal con molinete y trazadores  <b>Salida de campo</b> – Aforos de caudal río Arzobispo por diferentes métodos – molinete, flotadores, trazadores, vertederos. Comparación métodos.
3	<b>8 y 9 / Mar.</b> 7, 11,14, 18	Mediciones de velocidad y caudal Tubo Venturi. <b>LABORATORIO HIDRÁULICA. Dos grupos por sección de laboratorio (8 est.)</b>
4	<b>11,12 / Abril</b> 4, 8, 11, 15	Mediciones de caudal y fuerza sobre compuerta. <b>LABORATORIO HIDRÁULICA. Dos grupos por sección de laboratorio (8 est.)</b>
5	<b>14, 15 /</b> Abril 25, 29, Mayo 2, 6	Pérdidas por fricción en tuberías <b>LABORATORIO HIDRÁULICA. Dos grupos por sección de laboratorio</b>