

**PROGRAMA DEL CURSO
II-0606 TERMOFLUIDOS****II SEMESTRE DEL 2018**

Docentes:

Ing. Paola Gamboa Hernández - Sede Rodrigo Facio (Coordinadora)
Ing. Omar Zúñiga Mora, MSc – Sede Interuniversitaria de Alajuela
Fís. Carlos Acosta Nassar, B.Sc., M.Sc. – Sede de Occidente

GENERALIDADES DEL CURSO

GRUPO: 001
CRÉDITOS: 03

SEDE	Sede Rodrigo Facio Grupo 01	Sede Interuniversitaria de Alajuela	Sede de Occidente
TEORÍA	Lunes 16:00 a 18:50	Martes 13:00 a 15:50	Viernes 10:00 a 12:50
LABORATORIO	Lunes 13:00 a 14:50	Viernes 10:00 a 11:50	Viernes 14:00 a 15:50
HORARIO CONSULTA (Previa cita)	Lunes 15:00 a 16:00; Miércoles 10:00 a 12:00		

REQUISITOS: QU-0102; QU-0103; IE-0303; IM-0207; FS-0310; FS-0311; MA-1005
CORREQUISITOS: No

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

El curso Termofluidos es un curso del sexto semestre de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, el cual busca que el estudiante obtenga conocimientos básicos de termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor. Específicamente en el área de la termodinámica se trata sobre los fundamentos de la energía, las propiedades de la materia y sus relaciones. En cuanto a la mecánica de fluidos se enfocará en los principios de flujo de líquidos. Y en cuanto a la transferencia de calor se fundamenta en la transferencia de energía causada por la diferencia de temperaturas, que se da por varios mecanismos. Estos conocimientos le permitirán tomar decisiones informadas, tendientes siempre a la mejora del proceso desde el punto de vista de efectividad, productividad y costos.

Este curso forma parte del área de Fundamentos de la Ingeniería, aportando principalmente para el diseño y toma de decisiones de cursos posteriores en el área de la Ingeniería de Operaciones. Para el correcto aprendizaje de los conocimientos y habilidades esperados al finalizar este curso se requiere que el estudiante posea de previo, conocimientos en Química, Física y de relaciones

matemáticas, conceptos como las interrelaciones de las moléculas, composición de las sustancias, Mecánica, Electrotécnica, relacionado a la interacción de fuerzas y energías.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de aplicar la base teórico-práctica de los principios fundamentales de la termodinámica, la mecánica de fluidos y la transferencia de calor, en forma lógica y ordenada para el análisis y la solución de problemas reales en procesos industriales.

Objetivos específicos:

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:

1. Identificar y conocer propiedades propias de fluidos y sustancias puras, con el fin de comprender las calidades de las sustancias y sus usos en la generación de energía.
2. Aplicar las leyes y principios básicos de la termodinámica, para la solución de problemas de ingeniería.
3. Aplicar los principios y fundamentos de la mecánica de fluidos en condiciones estáticas, para el transporte de líquidos.
4. Aplicar las bases de los procesos de transferencia de calor en condiciones estables.
5. Interpretar y utilizar gráficas y tablas propias de los temas estudiados, con el fin de ser aplicadas para la solución de los problemas planteados.
6. Seleccionar y aplicar modelos cuantitativos apropiados, para el análisis y la solución de problemas planteados.

ATRIBUTOS DEL PERFIL DEL GRUADO

La acreditación es un proceso de evaluación voluntario, que busca determinar si un programa formativo cumple los estándares de calidad establecidos. A nivel internacional existe el Acuerdo de Washington, el cual regula a las agencias de acreditación de programas de ingeniería, definiendo aspectos comunes a lograr en todos los programas de esta rama.

El acuerdo de Washington tiene adheridos más de 20 agencias de diferentes países, incluyendo la Canadian Accreditation Board (CEAB) y más recientemente de forma interina, la Agencia de Acreditación de Programas de Ingeniería (AAPIA) del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).

El programa de Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica es reconocido como sustancialmente equivalente desde el año 2000 por la CEAB. Desde el año 2000 se cuenta con la acreditación del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES) y a partir de 2017 por la AAPIA.

Entre los aspectos comunes definidos por el Acuerdo de Washington, se encuentra el enfoque de formación de atributos y por tanto la definición de los atributos que todo graduado de un programa de ingeniería debe cumplir.



Los atributos de los graduados se definen como: "(...) conjunto de resultados individuales evaluables, que son los componentes indicativos del potencial del graduado para adquirir la competencia para la práctica profesional" (WA, 2015).

Nuestro programa ha definido, a saber, 12 atributos; los cuales han sido desglosados cada uno, en un conjunto de indicadores medibles para demostrar que los estudiantes poseen este atributo.



Como parte del curso Termofluidos, se aporta en la formación de los atributos anteriores, y específicamente en este curso se mide el siguiente:

Una base de conocimientos para la ingeniería: Utilizar los conocimientos y razonamiento de las ciencias básicas, la matemática y la estadística en la identificación, formulación, análisis y la resolución de problemas de ingeniería.

En específico el atributo se trabajará de tal manera que al finalizar el curso el estudiante será capaz de evidenciar la adquisición de las siguientes características del ejercicio profesional:

- Analiza la información obtenida de la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas para la resolución de problemas de ingeniería. (CI-2 – Una base de conocimientos para la ingeniería – Nivel Intermedio)

ACTIVIDADES

Semana 1: 13 al 18 de agosto

1. Introducción

- Aplicaciones de la termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor, y su importancia para la ingeniería industrial.
- Dimensiones y unidades. Sistemas de unidades. Conversiones.
- Guía para la resolución de problemas.
- Lectura de la carta al estudiante
- Indicaciones generales del curso
- Conformación de grupos de laboratorio
- Instrucciones de laboratorio
- Uso de mediación virtual
- Caso de estudio: Planta solar

Semana 2: 20 al 25 de agosto

Termodinámica

2. Fundamentos de termodinámica

- Sistemas, masa de control y volumen de control.
- Propiedades de un sistema. Propiedades extensivas e intensivas.
- Procesos y ciclos.
- Estado y ecuación de estado.
- Equilibrio termodinámico.
- Ley cero de la termodinámica. Temperatura relativa y absoluta.
- Efecto de la presión en fluidos estáticos.
- Manómetros y medición de presión.

Semana 3: 27 de agosto al 01 de setiembre

Termodinámica

3. Propiedades de sustancias puras

- Sustancias puras. Fases de sustancias puras.
- Propiedades de sustancias puras.
- Equilibrio líquido-vapor. Diagramas de Fases. Diagramas T-P, T-v, P-v
- Tablas de propiedades de sustancias puras.
- Gases Ideales. Ecuación de estado del gas ideal.

Laboratorio 1A: Presión de saturación (Laboratorio Sede Interuniversitaria de Alajuela)

Semana 4: 03 al 08 de setiembre

Termodinámica

4. Primera ley de la termodinámica

- Formas de energía.
- Transferencia de energía por calor.
- Transferencia de energía por trabajo.
- La primera ley de la termodinámica.
- Eficiencia de conversión de energía.

Laboratorio 1B: Presión de saturación (Laboratorio Sede Interuniversitaria de Alajuela)



-
5. Análisis de energía en sistemas cerrados
- Sistemas rígidos. Sistemas de frontera móvil.
 - Trabajo de frontera móvil.
 - Balance de energía en sistemas cerrados.
 - Calores específicos.
 - Energía interna y entalpía de gases ideales, líquidos y sólidos.

Semana 5: 10 al 15 de setiembre

Termodinámica

5. Análisis de energía en sistemas cerrados
- Sistemas rígidos. Sistemas de frontera móvil.
 - Trabajo de frontera móvil.
 - Balance de energía en sistemas cerrados.
 - Calores específicos.
 - Energía interna y entalpía de gases ideales, líquidos y sólidos.

Semana 6: 17 al 22 de setiembre

Termodinámica

I Examen Parcial

Repaso de contenidos del 1 al 5

6. Análisis de masa y energía en sistemas abiertos
- Balances de masa
 - Energía de fluidos en movimiento. Trabajo de flujo.
 - Estado estable. Flujo estable.
 - Análisis de energía en sistema abiertos de flujo estable.
 - Análisis de energía en sistemas de flujo no estable.

Semana 7: 24 al 29 de setiembre

Termodinámica

Laboratorio 2A: Análisis de flujo estable: marmitas de vapor (CITA)

6. Análisis de masa y energía en sistemas abiertos
- Balances de masa
 - Energía de fluidos en movimiento. Trabajo de flujo.
 - Estado estable. Flujo estable.
 - Análisis de energía en sistema abiertos de flujo estable.
 - Análisis de energía en sistemas de flujo no estable.
7. Segunda ley de la termodinámica
- Máquinas térmicas y enunciado de



Kelvin Planck.

- Refrigeradores, bombas de calor y enunciado de Clausius.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- El ciclo de Carnot.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- El ciclo de Carnot.

Semana 8: 01 al 06 de octubre

Termodinámica

7. Segunda ley de la termodinámica

- Máquinas térmicas y enunciado de Kelvin Planck.
- Refrigeradores, bombas de calor y enunciado de Clausius.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- El ciclo de Carnot.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- El ciclo de Carnot.

Laboratorio 2B: Análisis de flujo estable: Marmitas de vapor (CITA)

Semana 9: 08 al 13 de octubre

Termodinámica

8. Entropía

- El principio de aumento de la entropía.
- Cambio de entropía en sustancias puras.
- Procesos isentrópicos. Diagramas T-s, h-s, P-s.
- Cambio de entropía de gases ideales, líquidos y sólidos.
- Trabajo reversible y en flujo estacionario.
- Análisis aproximado de sistemas reales con sistemas isentrópicos.
- Balance de entropía.

Laboratorio 3AB: Refrigeración por compresión de vapor (Sede Interuniversitaria de Alajuela)

Semana 10: 15 al 20 de octubre

FERIADO

Semana 11: 22 al 27 de octubre

Repaso temas 6-8

II Examen Parcial

Semana 12: 29 de octubre al 03 de noviembre

Transferencia de calor

9. Mecanismos de transferencia de calor

- Mecanismos de transferencia de calor.
- Conducción. Convección. Radiación.
- Mecanismos simultáneos de transferencia de calor.

10. Conducción de calor en estado estable

- Conducción de calor en paredes planas
- Resistencia térmica por contacto

Laboratorio 4A: Intercambiadores de calor (Laboratorio de Ingeniería Química)



- Conducción de calor en cilindros y esferas
- Relación crítica de aislamiento

Semana 13: 05 al 10 de noviembreTransferencia de calorLaboratorio 4B: Intercambiadores de calor
(Laboratorio de Ingeniería Química)11. Intercambiadores de calor

- Tipos de intercambiadores de calor
- El coeficiente global de transferencia de calor
- Análisis de intercambiadores de calor
- El método de la diferencia de temperatura media logarítmica
- El método NTU

Semana 14: 12 al 17 de noviembreMecánica de fluidosLaboratorio 5A: Bombas y pérdidas en tuberías
(Laboratorio de Ingeniería Química)12. Ecuación de Bernoulli y ecuación general de la energía

- Ecuación de continuidad.
- Ecuación de Bernoulli.
- Ecuación general de la energía.
- Análisis de sistemas en estado estable.
- Análisis del vaciado y llenado de tanques mediante flujo uniforme.
- Flujo laminar y flujo turbulento.
- Pérdidas mayores y pérdidas menores.
- Sistemas de tuberías en serie y en paralelo.
- Selección de bombas.

Semana 15: 19 al 24 de noviembreMecánica de fluidosLaboratorio 5B: Bombas y pérdidas en tuberías
(Laboratorio de Ingeniería Química)13. Ecuación de Bernoulli y ecuación general de la energía

- Ecuación de continuidad.
- Ecuación de Bernoulli.
- Ecuación general de la energía.
- Análisis de sistemas en estado estable.
- Análisis del vaciado y llenado de tanques mediante flujo uniforme.
- Flujo laminar y flujo turbulento.
- Pérdidas mayores y pérdidas menores.
- Sistemas de tuberías en serie y en paralelo.
- Selección de bombas.

Semana 16: 26 de noviembre al 01 de diciembre

Repaso contenidos 9 a 12

III Examen Parcial



DOCENTES

Sede Rodrigo Facio:

Nombre: Inga. Paola Gamboa Hernández

Teléfonos: 8832-8787

Correo electrónico: paola.gamboa@ucr.ac.cr / paogamboa@gmail.com

Perfil profesional y académico del profesor: Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica; Candidata Master en Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica.

Profesora de la carrera de Ingeniería Industrial desde el año 2006. Directora y lectora de proyectos finales de graduación, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica. Más de 10 años de experiencia en proyectos de innovación en instituciones públicas y asesorías en empresas privadas.

Sede Interuniversitaria de Alajuela:

Nombre: Ing. Omar Fco Zúñiga Mora, MSc

Teléfono: 83390101

Correo electrónico: omar.zuniga@ucr.ac.cr

Perfil profesional y académico del profesor: Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica; MSc. en Gerencia de Proyectos, Universidad Estatal a Distancia; Profesor de la carrera de Ingeniería Industrial desde el año 2011. Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica. Gerente de Mantenimiento, Operaciones y Proyectos de HZM. Asesor, Capacitador y Consultor de la Cámara de Industrias de Costa Rica en Evaluación, Diseño, Proyectos, Mantenimiento y Manufactura Industrial. Experiencia de 28 años como profesional y 16 como docente universitario.

Sede de Occidente:

Nombre: Fís. Carlos Acosta Nassar, B.Sc., M.Sc.

Correo electrónico: carlos.acosta@ucr.ac.cr

Perfil profesional y académico del profesor. Bachiller en Física, Universidad de Costa Rica. Master of Science en Vibraciones y Sonido, University of Southampton, England. Experiencia de 35 años como docente universitario. Fundador de la primera compañía especialista en balanceo dinámico y Mantenimiento Predictivo: Balances Dinámicos de C.R. Director General de la empresa Corporación SkyTwister S. A. Consultoría, diseño, mantenimiento y fabricación de maquinaria.

METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE

El presente curso se desarrolla principalmente utilizando una mezcla de metodología de clase magistral, seguida de espacio para el desarrollo de ejercicios prácticos en clase y análisis de casos. Además, se utiliza la práctica en el laboratorio para ejemplificar algunos de los conceptos de la teoría y el acercamiento a modelos similares a los industriales.

Se utiliza Mediación Virtual, como apoyo a la docencia; es el medio oficial para facilitar material del curso, impartir algunas clases virtuales, y para la entrega de evaluaciones; algunas de estas serán 100% virtuales, por lo que todos los estudiantes deben asegurarse que tienen acceso a la misma. El acceso al curso se hace por medio de la plataforma, buscando el nombre y código del curso, y con la contraseña indicada por la profesora.

EVALUACIÓN

I Examen Parcial

20%



II Examen Parcial	20%
III Examen Parcial	20%
Resolución de casos en clase	10%
Tareas	10%
Laboratorio	20%

Examen	Fecha	Contenidos
<i>I Examen Parcial</i>	Viernes 21 de setiembre 10 am	1-5
<i>II Examen Parcial</i>	Viernes 26 de octubre 10 am	6-8
<i>III Examen Parcial</i>	Viernes 30 de Noviembre 10 am	9-12
<i>Examen de Ampliación</i>	Martes 11 de diciembre 9 am	1-12

LABORATORIO

La parte práctica del curso se desarrollará en diferentes laboratorios dentro de las instalaciones de la Universidad. Se llevarán a cabo cinco prácticas de laboratorio.

Normas de trabajo, seguridad y aprobación de los laboratorios:

- Todo y toda estudiante debe aprobar la parte de laboratorio con nota de 70,0 o superior para la aprobación del curso.
- La asistencia y la realización de **todas** las prácticas y actividades que se desarrollen **ES OBLIGATORIA, sin excepción.**
- Los y las estudiantes que incumplan con alguna de las normas aquí dispuestas no podrán realizar la práctica, ni reponerla.
- En caso de ausencia, ésta debe ser justificada formalmente.
- No se realizará la reposición de prácticas fuera de las fechas programadas.
- Cualquier cambio en el calendario de las prácticas debido a situaciones fuera de control en los laboratorios correspondientes, será comunicado oficialmente por la profesora.
- Para la realización de las prácticas, los y las estudiantes deben presentarse con pantalón largo, zapatos cerrados que no sean de tela y cabello recogido.
- El uso de gabacha de manga larga y lentes de seguridad es obligatorio para el desarrollo de la práctica. La gabacha debe llevarse cerrada en todo momento.
- Cuando se trabaje en cada uno de los laboratorios, deben respetarse las normas específicas que en el lugar se indiquen, por ejemplo el uso de malla protectora para cabello y botas de seguridad.
- No se permite el uso de teléfono celular durante las prácticas, excepto para su uso en la misma.

Cada práctica se realizará con base en la descripción correspondiente que se encuentra en el Manual de guías de laboratorio, que está disponible en el aula virtual del curso en Mediación Virtual, así como en el análisis y discusión que se realiza en la primera hora de la clase de laboratorio.

Para cada práctica el estudiante debe confeccionar un **Pre-reporte**, basado en una investigación previa y la planificación de la práctica. Antes de llegar al laboratorio, los estudiantes deben llevar planificado su trabajo, de tal manera que realice de la mejor manera la toma de datos que corresponda.

El Pre-reporte debe contener:

1. Introducción (máximo media página) 10 %
- Programa reconocido como sustancialmente equivalente por CEAB



2. Revisión de conceptos básicos	25 %
3. Temas de investigación	25 %
4. Metodología experimental	
3.1 Procedimiento experimental	15 %
3.2 Materiales y equipos	10 %
4. Variables	
4.1 Variables dependientes	5 %
4.2 Variables independientes	5 %
5. Referencias bibliográficas	5 %

El Pre-reporte debe ser un documento conciso, de no más de 6 páginas.

Durante la realización de la práctica en el laboratorio, se deben anotar los datos obtenidos de las variables medidas y la información del equipo utilizado; así como todo dato que resulte indispensable para la elaboración del informe. Estos datos deberán ser revisados y firmados por la profesora o asistente del curso y adjuntarse al informe en la sección de Anexos.

Luego de realizada la práctica se entregará un **Informe de laboratorio**, con el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio, las conclusiones de la práctica y las recomendaciones.

El Informe de laboratorio debe contener:

1. Resultados obtenidos	30 %
2. Discusión de resultados	30 %
3. Conclusiones	20 %
4. Recomendaciones	10 %
5. Anexos	10 %

La sección de resultados obtenidos, debe contener las tablas de los resultados ya calculados para cada práctica y una explicación de cómo se calcularon dichos resultados con un ejemplo de cálculo detallado.

En cuanto a lo que se refiere la discusión de resultados debe contener la respuesta a las preguntas que se indiquen en la guía de la práctica, además de una discusión del por qué algún resultado pudo haber sido diferente a lo esperado.

En las conclusiones, deben anotarse de forma concisa las mismas. Y en las recomendaciones se esperan anotaciones concisas para mejorar la práctica.

Las referencias bibliográficas deben ser más de una y siempre respetar el formato APA.

Cualquier imagen tomada en la práctica debe venir en los Anexos, junto con la hoja de datos firmada por la profesora.

El Informe no debe exceder las 10 páginas.

Evaluación del laboratorio:

Exámenes Cortos	10 %
Pre-reportes	5 %



BIBLIOGRAFÍA

Libro de texto:

Cengel, Y. A., Cimbala, J. M. & Turner, R. H. (2017). *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. Singapore: McGrawHill.

Otros libros de consulta:

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinámica*. México: McGrawHill.

Cengel, Y. A. & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones*. México: McGrawHill.

Cengel, Y. A. & Cimbala, J. M. (2010). *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. México: McGrawHill.

Mott, L. R. (2006). *Mecánica de fluidos*. México: Pearson Educación.

Van Wylen, G. J. (2008). *Fundamentos de Termodinámica*. México: Editorial Limusa

