Programa del Curso
IQ-0423 Operaciones de Transferencia de Fluidos y Calor
Ciclo lectivo - II 2019

1. Información General

HORAS SEMANALES: 4 Teoría: 4

CRÉDITOS: 3
REQUISITOS: IQ-0313, IQ-0334, QU-0214
CORREQUISITOS: IQ-0432

2. Descripción del curso

El presente curso capacita al estudiante en el conocimiento, métodos y manejo de la Ingeniería, la Tecnología, el cálculo, el dimensionado y el escalamiento de los equipos para el transporte de fluidos y la transferencia de calor, así como su escogencia y uso. También, se integran los conocimientos de Balance de Masa y Energía, Mecánica, Termodinámica y Fenómenos de Transferencia a los procesos de mayor interés en Ingeniería, en general, e Ingeniería Química en particular.

3. Objetivo general

Familiarizar al estudiante con las leyes, métodos y equipos de la mecánica de fluidos y la transferencia de calor, y su aplicación al análisis de problemas de diseño de Ingeniería Química.

4. Objetivos específicos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

1. Analizar y entender las leyes de la mecánica de fluidos y transferencia de calor.
2. Identificar los fluidos newtonianos y no newtonianos, y los regímenes de flujo.
3. Aplicar las leyes de la mecánica de fluidos a sistemas de tuberías con componentes como bombas y medidores de flujo.
4. Entender el funcionamiento de diferentes medidores de flujo empleados en el manejo y transporte de fluidos tanto líquidos como en fase gas.
5. Diseñar tanques de agitación y mezclado.
6. Analizar sistemas con intercambio de calor por radiación, conducción y convección.

7. Diseñar sistemas de intercambio calórico tales como intercambiadores de calor tubo-coraza, y tanques con calentamiento por medio de serpentín.
8. Establecer métodos comunes, que se usan en Ingeniería, para el cálculo, el dimensionado y el escalamiento de los equipos para el transporte de fluidos y calor.

5. Información sobre acreditación

5.1 Contribución a los atributos del graduado

Atributo	Nivel
Base de conocimiento en ingeniería	D
Análisis de problemas	N/A
Investigación	N/A
Diseño	N/A
Uso de herramientas de ingeniería	D
Trabajo individual y grupal	N/A
Habilidades de comunicación	N/A
Profesionalismo	N/A
Impacto de la ingeniería en la sociedad y el ambiente	N/A
Ética y equidad	N/A
Economía y administración de proyectos	N/A
Aprendizaje para la vida	N/A

Código para el nivel de contenido: N/A = no aplicable; I = introductorio ; D = en desarrollo; A = aplicado.

5.2 Desglose unidades de acreditación

CEAB Currículum Categoría de contenido	Ciencias en Ingeniería	Diseño en Ingeniería
Porcentaje UA	75 %	25 %
Número de UA	47,1	15,7

6. Metodología

6.1 Clases

Los contenidos se desarrollarán en forma expositiva mediante la recapitulación por parte del profesor, y la presentación de casos a los participantes, quienes bajo la guía del profesor, discutirán las decisiones y harán cálculos; para lo cual, es indispensable la preparación previa del material por parte del estudiante. La participación del estudiante durante el desarrollo del curso se considera fundamental, aunque por reglamento, la asistencia no se toma en cuenta para la aprobación del curso.

6.2 Mediación virtual

Se utilizará este recurso como apoyo al curso regular para dar avisos, tener acceso al material de clase, las lecturas, prácticas, entrega de tareas, foros de consulta, entre otros. Para acceder al aula virtual se utiliza el link: www.mediacionvirtual.ucr.ac.cr, con la contraseña FC219.

6.3 Pruebas cortas

Se realizarán pruebas cortas todas las semanas, en los que se evaluarán los contenidos teóricos de los temas tratados en clase, material de estudio individual y/o artículos científicos asignados. Estas pruebas podrán realizarse en papel, mediante mediación virtual, o cualquier otro medio indicado por el profesor.

6.4 Tareas

Para retroalimentación y reforzamiento, se promoverá la realización de tareas semanales que involucran problemas prácticos referentes a la materia vista en clase y de estudio individual o grupal.

6.5 Exámenes

Los exámenes que se realizarán serán tres PARCIALES en fechas preestablecidas. Consistirán en la resolución de problemas específicos en los que se incluyen: aplicación de principios, conceptos, métodos y procedimientos, cuyos contenidos y orientación sean cubiertos en clase o asignados para estudio individual, hasta ese momento; de los cuales el estudiante será responsable y se dará por enterado.

Los exámenes serán integrados, de todo el material previo tratado en el curso; por lo que, se considera que el participante domina los contenidos de los cursos que son previos a éste, además de los contenidos estudiados.

6.6 Proyecto final

Se asignarán subgrupos de trabajo, los cuales deberán realizar un trabajo de investigación de un tema asignado por el profesor o propuesto por los estudiantes. El proyecto consistirá en el desarrollo de una investigación en la cual los estudiantes deberán aplicar los temas aprendidos en el curso, los conceptos necesarios, así como los procedimientos de cálculo según el caso asignado.

El trabajo abarcará las dos áreas que involucra el curso, mecánica de fluidos y transferencia de calor. Cada subgrupo deberá seleccionar las herramientas de diseño (software) y de elaboración de la investigación, dando una apertura a la creatividad y a la iniciativa de los estudiantes para resolver un problema.

Se presentará un avance del proyecto (tipo reporte) en la semana 8 del semestre, debe incluir: título del proyecto, Justificación, objetivo general, objetivos específicos, marco teórico completo, y metodología a seguir.

Al concluir el semestre, deben presentar un reporte final escrito (físico y/o digital según acordado) que incluya lo del avance, más: resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones, y las partes propias de un reporte de laboratorio tales como: resumen, nomenclatura, apéndices de resultados, muestra de cálculo, etc. Además, deben realizar una defensa oral del trabajo en la fecha establecida según cronograma.

La evaluación del proyecto final se hará de la siguiente forma:

ACTIVIDAD	VALOR
Informe de avance	25 %
Informe final escrito (físico y/o digital)	50 %
Defensa oral	25 %
Total	100 %

7. Estrategias y criterios de calificación

Para la evaluación de los participantes al curso, con el objeto de otorgar la calificación y la aprobación del mismo se tomarán en cuenta los criterios siguientes:

ACTIVIDAD	VALOR
Pruebas cortas	10 %
Tareas	20 %
Exámenes Parciales (3)	55 %
Proyecto final	15 %
Total	100 %

En caso que el estudiante tenga que hacer examen de ampliación, se evaluará la totalidad de la materia del curso en dicho examen.

8. Contenido del curso

1. INTRODUCCIÓN
Programa y alcance del curso

2. REPASO SOBRE FLUIDOS
Repaso sobre estática de fluidos, la atmósfera, cantidad de movimiento en los fluidos, naturaleza y tipos de flujo. Propiedades reológicas de los fluidos. Ecuación de Bernoulli

3. FLUJO DE FLUIDOS (Caída de presión y bombeo)
Pérdidas de presión por fricción en tuberías y accesorios. Fricción de superficie y fricción de forma. Canales abiertos. Ductos con cambio de fase. Ductos en espiral. Bancos de tubos.

4. FLUJO COMPRESIBLE DE FLUIDOS
Flujo de fluidos compresible en ductos de área variable (toberas). Flujo de fluidos compresibles adiabático e isotérmico en tuberías con fricción.

5. FLUJO EN CANALES ABIERTOS
Radio hidráulico. Flujo uniforme. Ecuación de Manning. Dimensiones de canales abiertos.

6. REDES DE TUBERÍAS
Flujo en tuberías en paralelo, tuberías ramificadas y redes de tuberías. Ecuación de Bernoulli y ecuación de Hazen-Williams. Flujo inestable en tuberías, flujo incompresible en tuberías inelásticas; flujo compresible en un tubo elástico (golpe de ariete).

7. MEDIDORES DE FLUJO
Medidores de área fija. Medidores de área variable. Otros medidores.

8. EQUIPO PARA LA TRANSFERENCIA DE FLUIDOS
Tecnología, materiales y escogencia.

9. AGITACIÓN Y MEZCLADO
Tanques agitados. Mezclado. Suspensión de sólidos. Dispersión de gases. Escalamiento

10. REPASO SOBRE CALOR
Repaso sobre los principios de conducción y convección. Conceptos de conductividad térmica. Aislamiento térmico.

11. CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN Y RADIACIÓN
Mecanismos de transferencia de calor. Conducción. Convección forzada interna y externa. Convección natural. Introducción a la radiación térmica.

12. TEMPERATURA
Establecimiento del diferencial de temperatura en equipos en serie y paralelo. Determinación de la temperatura de la pared del tubo. Factores de ensuciamiento. La ecuación para la transferencia de calor a través de un tubo. Establecimiento de ecuaciones semiempíricas para la transferencia de calor en flujo laminar y turbulento. Radio hidráulico para la transferencia de calor.

13. INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO
Cálculo de los intercambiadores de doble tubo (horquillas). Intercambiadores en flujo serie-paralelo. Cálculo de la caída de presión del lado del tubo y del lado del ánulo.

14. INTERCAMBIADORES 1-2 de coraza y tubos
Diferencial de temperatura en este tipo de equipo. Desarrollo de procedimientos para calcular la transferencia de calor del lado de los tubos y del lado de la coraza. Cálculo de la caída de presión del lado de los tubos y del lado de la coraza. Radio hidráulico del lado de la coraza. Intercambiadores de calor 1-2 que tienen agua o vapor. Cómo

estimar, a falta de ellas, algunas propiedades de disoluciones y suspensiones.

15. INTERCAMBIADORES 2-4 Y MÁS
Diferencial de temperatura en este tipo de equipo. Desarrollo de procedimientos para calculas la transferencia de calor del lado de los tubos y del lado de la coraza para este tipo de equipos.

16. CONDENSACIÓN DE VAPORES SIMPLES
Desarrollo de los fundamentos de la condensación. Condensación en gota y condensación en película. Condensación de vapores simples saturados. Condensación de vapores simples sobrecalentados. Subenfriamiento del condensado. Condensadores verticales y horizontales.

17. VAPORIZADORES
Procesos de vaporización. Vaporizadores de circulación forzada y natural. Vaporización en la coraza. Vaporización en los tubos. Flujo máximo. Coeficiente de película.

18. CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LOTES
Determinación de las ecuaciones para establecer, ya sea el área de transferencia de calor o el tiempo de transferencia de calor.

19.TRANSFERENCIA DE CALOR EN TANQUES AGITADOS Y NO AGITADOS
Determinación de los coeficientes de película en tanques agitados o no agitados con serpentines o chaquetas. Intercambiadores de calor externos.

9. Bibliografía

1. Mott, R. (2015). *Mecánica de Fluidos*. 7ª ed. México: Pearson Educación.
2. Potter, M.C., Wiggert, D. C, y Ramadan, B. (2015). *Mecánica de fluidos*. 4ª. México: Cengage Learning Editores, S.A de C.V.
3. Rivera, E., Miranda, B. (2015). *Apuntes sobre Agitación*.
4. Kreith, F., Manglik, R., Bohn, M. (2012). Principios de transferencia de calor. 7ª Ed. México: Cengage Learning Editores, S.A de C.V.
5. Çengel, Y. A., Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones*. 4ª Ed. España: McGraw-Hill Interamericana.
6. White, F. M. (2008). *Mecánica de Fluidos*. España: Mc Graw-Hill.

7. Mc Cabe, W. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 7ª. México: Mc Graw Hill
8. Çengel, Y. A., Cimbala, J. M. (2006). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones*. 4ª Ed. México: Mc Graw Hill.
9. De Nevers, N. (2006). *Mecánica de Fluídos para Ingenieros Químicos*, 3ª, México: CECSA.
10. Manrique, J. (2005). *Transferencia de calor*. México: Alfaomega.
11. Çengel, Y. A.(2004), *Transferencia de Calor*, 2ª, México: McGraw-Hill.
12. Munson, B. (1999). *Fundamentos de mecánica de fluidos*. Limusa Wiley.
13. Incropera, F. y DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*.4ª. México: Pearson/Prentice Hall.
14. Streeter, V. (1998). *Mecánica de los fluidos*. Mc Graw-Hill.
15. Liu, H. (1998). *Heat Exchangers, selection rating and thermal design*. CRC Press.
16. Perry, R. H., Green, D. W. (1997). *Manual del Ingeniero Químico*. 7ª ed. Estados Unidos: Mc Graw- Hill.
17. Mills, A. F. (1997). *Transferencia de Calor.* Santafé de Bogotá: McGraw-Hill/Irwin.
18. Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos (CFQIQ). (1997). *Manual para la presentación de diagramas, planos y diseños de Ingeniería Química*. San José: CFQIQ.
19. Holland, F. A. y Bragg, R. (1995). *Fluid Flow for Chemical Engineers*.2ª. Londres: Arnold.
20. Hewitt, G. (1994). *Process Heat Transfer*. CRC Press.
21. Holman, Fraas, A. F., Ozisolk, M. V. (1985). *Transferencia de calor*. México: CECSA.
22. Bertin, J. J. (1984). *Mecánica de Fluidos para Ingenieros*. México: Prentice Hall Wiley.
23. Kern, D. (1982). *Procesos de Transferencia de calor*. México: CECSA.
24. Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E. (1982). *Fundamentos de Transferencia de Momentum, Calor y Masa*. México: Limusa.
25. Geankoplis, C. J. (1980). *Procesos de Transporte y operaciones unitarias*. México: Wiley.
26. Lydersen, A. K. (1979). *Fluid Flow and Heat Transfer*. New York: Wiley.
27. Binder, R. C. (1978). *Mecánica de Fluidos*. México: Trillas.
28. Ludwig, E. E. (1977). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Huston: Gulf Publishing. Co.

29. Coulson, J. M., Richardson. (1977). *Chemical Engineering*. "Volumen One". London: Pergamon Press.
30. Hansen, A. (1967). *Fluid Mechanics*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
31. Olson, R. M. (1966). *Engineering Fluid Mechanics*. 2ª. Scranton: International Textbook Co.
32. Chapman, A. J. (1965). *Transferencia de calor*. Madrid: Ediciones Interciencia.

10. Observaciones Generales

a) Cada estudiante debe ir a lecciones al grupo en el cual se encuentra debidamente matriculado.
b) Las pruebas cortas deben ser realizadas en el grupo en el que se encuentran debidamente matriculados.
c) Las tareas serán entregadas al inicio de cada lección, momento en el cual el asistente las retirará.
d) Las tareas deben indicar: nombre completo, carnet, número de tarea, nombre del profesor y el asistente, cada página debe ser numerada, deben aparecer todos los cálculos y suposiciones considerados para la resolución de cada enunciado. En dado caso que la tarea sea resuelta con el empleo de una computadora debe aportar los resultados acompañados de una muestra de cálculo de los mismos.
e) El período de tiempo razonable para guardar los trabajos y exámenes de los estudiantes posterior a la conclusión del ciclo lectivo es de seis meses, concluido este tiempo se pueden eliminar.
f) Los plazos para el reclamo de las evaluaciones, se encuentran establecidos de acuerdo al Artículo 22, inciso C del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil.

11. Instrucciones a seguir durante las pruebas

Son de acatamiento general las siguientes indicaciones:
a) Toda prueba se considerará de carácter individual y a libro cerrado, a menos que se indique lo contrario.
b) Durante la prueba queda prohibido el uso de cualquier aparato con capacidad de telecomunicación, reproducción de audio o vídeo (por ejemplo: celulares, tablet, etc.).
c) Debe leerse atentamente cada enunciado y aclarar cualquier duda de interpretación antes de contestar.

d) Toda prueba escrita deberá estar en tinta indeleble en unidades del SI, no se admite el uso de corrector o lápiz, de lo contrario no se aceptarán reclamos.
e) Se debe enumerar e identificar con nombre y número de carné todas las hojas adicionales que se entreguen junto con el enunciado de la prueba e indicando claramente el número de cada pregunta.
f) Para cada prueba se dispone de un tiempo máximo para concluirla, que será indicado oportunamente, quien no entregue su evaluación al finalizar dicho lapso obtendrá una nota de cero y perderá el derecho a cualquier reclamo o reposición.
h) Se les sugiere usar hojas recicladas (ya usadas por un lado) para resolver las evaluaciones. Esto para contribuir a no contaminar nuestro planeta. Las hojas recicladas no deben contener material del curso en cuestión en la página ya usada con anterioridad.

Cronograma

.....1.1.1	**FECHA**	**HORAS DE TEORÍA**	**FECHA DE EXAMEN**
1	12-16 agosto	Lectura del Programa Mott Caps 1, 2, 3 (Estudio individual) Mott Caps 6, 7, 8, 9, 10	
2	19-23 agosto	Mott Caps 6, 7, 8, 9, 10 Mott Cap 14-Canales abiertos (Estudio individua)	
3	26-30 agosto	Mott Caps 11, 12. Potter Cap 11	
4	02-06 set	Mott Caps 11, 12. Potter Cap 11 Mott Cap 15	**Pract. Comsol y Epanet**
5	09-13 set	Mott Cap 15 Apuntes Agitación y Mezclado	
6	16-20 set	Apuntes Agitación y Mezclado Cengel Cap 12	**20 sep I Examen Parcial**
7	23-27 set	Cengel Cap 12	
8	30 set-04 oct	***Entrega Reporte de avance*** Cengel Cap 1 (Estudio individual)	
9	07-11 oct	Cengel Caps 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 13	**Pract. Comsol**
10	14-18 oct	Cengel Caps 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 13	
11	21-25 oct	Cengel Caps 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 13	**25 oct II Examen Parcial**

12	28 oct-01 nov	Cengel Caps 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 13 Kern Caps 5, 6, 7, 8, 12, 15, 18, 20	**Pract. Comsol**
13	04-08 nov	Kern Caps 5, 6, 7, 8, 12, 15, 18, 20	
14	11-15 nov	Kern Caps 5, 6, 7, 8, 12, 15, 18, 20	
15	18-22 nov	Kern Caps 5, 6, 7, 8, 12, 15, 18, 20	
16	25-29 nov	Kern Caps 5, 6, 7, 8, 12, 15, 18, 20	**19 nov III Examen Parcial**
17	02-06 dic	**Presentación del trabajo final**	
18	09-13 dic	**AMPLIACIÓN**	

Información de contacto

GRUPO:01
HORARIO: Martes-Viernes 13-15 h PROFESOR: Ing. Carlos Amaris Castilla CORREO: carlos.amaris@outlook.com
OFICINA: 414 CASILLERO: 9 CONSULTA: Viernes 10-12 h
ASISTENTE: Por definir

_____

Firma del Profesor

Prof. Carlos Amaris Castilla