

PROGRAMA DE CURSO

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE CALOR

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales					
Nombre del curso	Operaciones de Transferencia de Calor	Código	IQ4313	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Heat Transfer Operations</i>					
Horas semanales	Docencia	3,0	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	IQ3312: Fenómenos de transporte, IQ3111: Modelamiento y optimización para Ingeniería de procesos					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes integren conocimientos de ciencias básicas (matemáticas, física, química) y ciencias básicas de la ingeniería de procesos (termodinámica, análisis de procesos, fenómenos de transporte) para la modelación, diseño y simulación de equipos de transferencia de calor y masa.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, dimensionar y diseñar conceptualmente procesos industriales, considerando prefactibilidad técnico-económica y aspectos sociales, normativos y de desarrollo sustentable.

CE2: Modelar y simular procesos industriales, aplicando herramientas de las ciencias, a fin de analizar la prefactibilidad técnica de los procesos.

CE7: Identificar oportunidades para el mejoramiento de procesos industriales a través del uso de conocimiento técnico y científico, considerando la sustentabilidad del proceso e integrando aspectos de innovación, tecnológicos, económicos, normativos, sociales y ambientales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en

diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Utiliza conceptos y teoría de los fenómenos de transporte (ley de Fourier, correlaciones para coeficiente de transferencia de calor por convección, entre otros), así como criterios de dimensionamiento para la modelación de equipos de transferencia de calor y masa.
	RA2: Simula la operación de equipos de transferencia de calor y masa, utilizando modelos diseñados para comprender y cuantificar el comportamiento macroscópico de los equipos transferencia de calor y masa.
CE7	RA3: Resuelve problemas de ingeniería de procesos, mediante balances de masa y energía y ecuaciones de diseño, según el tipo específico de equipo requerido para distintas aplicaciones.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG2	RA4: Lee, de manera analítica, textos en inglés para extraer información (conceptos, teorías, entre otros) sobre operaciones de transferencia de calor y masa, modelamiento, diseño y simulación de equipos aplicable a nuevas situaciones de aprendizaje.
CG4	RA5: Trabaja con sus pares en un proyecto para resolver un problema de ingeniería de procesos como consultor en donde debe construir un modelo matemático que represente el equipo y simule la operación, considerando autogestión en su quehacer colaboración, responsabilidad y distribución de tareas.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2	Fundamentos de transferencia de calor	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Flujo de calor entre fluidos separados por paredes planas y cilíndricas, perfiles de temperatura en paredes plana y cilíndricas, influencia de la conducción y convección. 1.2. Coeficiente global de transferencia de calor. 1.3. Transferencia de calor en superficies extendidas (aletas).		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Extrae conclusiones sobre la importancia relativa de las diversas resistencias por conducción y convección que determinan el flujo de transferencia de calor a través de paredes planas y cilíndricas. 2. Calcula el valor del flujo transferido en diferentes configuraciones geométricas y de flujo. 3. Explica, en términos simples, cómo se produce el aumento de la transferencia de calor mediante aletas. 4. Calcula el sistema de aletas requerido para un determinado aumento en la transferencia de calor. 	
Bibliografía de la unidad		McCabe (3), Cap. 11, 15. Çengel (2), Cap. 1, 3.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4	Diseño de intercambiadores de calor	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Deducción y aplicación de la ecuación de diseño de un intercambiador de calor. 2.2. Diferentes intercambiadores de calor de tubos concéntricos, carcasa y tubos o de placas.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Deduce y aplica las ecuaciones de diseño de un intercambiador de calor. 2. Selecciona intercambiadores de calor de tubos concéntricos, carcasa y tubos o de placas, en base a su aplicabilidad en distintos contextos industriales. 3. Dimensiona intercambiadores de calor en función de la aplicación requerida. 4. Lee textos en inglés sobre el diseño de intercambiadores de calor, extrayendo información sobre estos conceptos. 	
Bibliografía de la unidad		Çengel (2), Cap. 13. McCabe (3), Cap. 15.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4	Diseño de evaporadores	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Evaporadores simples: definición, balances de masa y calor, ecuación de diseño, capacidad y economía de un evaporador simple. 3.2. Evaporadores de múltiple efecto: definición, balances de masa y calor, ecuación de diseño. 3.3. Capacidad y economía en un sistema de evaporadores de múltiple efecto.		El/la estudiante <ol style="list-style-type: none"> 1. Deduce y aplica las ecuaciones de balance de masa y calor y ecuaciones de diseño para la selección y dimensionamiento de evaporadores simples y de múltiple efecto. 2. Diseña evaporadores simples y de múltiples efectos, utilizando ecuaciones de balance de masa y ecuaciones de diseño. 3. Determina la capacidad de evaporadores simples o de un sistema de evaporadores de múltiple efecto. 4. Deduce y aplica las ecuaciones de balance de masa y calor a la selección y dimensionamiento de un sistema de evaporadores de múltiple efecto. 5. Lee en inglés textos sobre conceptos y especificaciones para el diseño de evaporadores, analizando dicha información para comprender el diseño de evaporadores. 	
Bibliografía de la unidad		McCabe [3], cap. 16.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4	Cristalización	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Fundamentos de la operación de cristalización. 4.2. Diseño y dimensionamiento de equipos de cristalización.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica y explica las propiedades fisicoquímicas y termodinámicas asociadas a las operaciones de cristalización. 2. Resuelve balances de masa y calor para dimensionar equipos de cristalización. 3. Selecciona equipos de cristalización en base a su aplicabilidad en distintos contextos industriales. 4. Diseña y simula equipos de cristalización, considerando criterios de dimensionamiento y aplicabilidad en diversos contextos industriales. 5. Lee textos en inglés sobre sobre cristalización para incorporar estos conocimientos a problemas de diversa naturaleza. 	
Bibliografía de la unidad		McCabe [3], cap. 27. Seader [4], cap. 17.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA4	Fundamentos de transferencia de calor por radiación	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Espectro electromagnético, ley de Planck, ley de Stefan-Boltzman, ley de desplazamiento de Wien, emisividad, definición cuerpo negro. 5.2. Mecanismo de transferencia de calor por radiación: reflexión, absorción, transmisión. Ley de Kirchooff, cuerpos grises, emisores selectivos.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Determina la importancia de la radiación y los fundamentos físicos que la gobiernan. 2. Explica como se regula la transferencia de calor por radiación entre los cuerpos. 3. Deduce y aplica ecuaciones de transferencia de calor por radiación. 4. Lee en inglés sobre aspectos teóricos y fundamentos de transferencia de calor por radiación, aplicables a diversos ejemplos. 	
Bibliografía de la unidad		Çengel [2], cap. 12. McCabe [3], cap. 14.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA5	Diseño de equipos de transferencia de calor por radiación	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>6.1. Radiación entre planos paralelos negros infinitos, radiación entre planos paralelos grises infinitos, escudos de radiación.</p> <p>6.2. Transferencia de calor combinada por radiación, conducción y convección. Errores en termocuplas.</p> <p>6.3. Transferencia de calor entre superficies de área finita, definición y cálculo de factores de forma. Radiación solar y efecto invernadero. Diseño invernaderos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determina las ecuaciones que definen la velocidad de transferencia de calor por radiación entre superficies infinitas, finitas de cuerpos negros y grises. 2. Aplica las ecuaciones que definen la velocidad de transferencia de calor por radiación. 3. Resuelve problemas de transferencia de calor por radiación o radiación combinada con conducción/convección. 4. Diseña y dimensiona equipos de transferencia de calor por radiación. 5. Construye con su equipo el modelo matemático que represente el equipo asignado a su proyecto, organizándose con sus pares en la distribución de tareas. 	
Bibliografía de la unidad		Çengel [2], cap. 12. McCabe[3], cap. 14.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA1, RA2, RA3, RA5	Humidificación y secado	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>7.1. Fundamentos de la operación de humidificación.</p> <p>7.2. Diseño y dimensionamiento de torres de enfriamiento.</p> <p>7.3. Fundamentos de la operación de secado.</p> <p>7.4. Diseño y dimensionamiento de equipos de secado.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explica los aspectos fisicoquímicos y termodinámicos asociados a las operaciones de humidificación y secado. 2. Resuelve balances de masa y calor para dimensionar equipos de humidificación y secado. 3. Selecciona equipos de humidificación y secado considerando su aplicabilidad en distintas condiciones y contextos industriales. 4. Simula, con sus pares, la operación de un equipo, exponiendo con claridad los resultados de su experiencia. 	
Bibliografía de la unidad		Çengel [1], cap. 14. McCabe [3], cap. 19, 24. Treybal [5], cap. 7, 12.	

E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

Entre las estrategias sugeridas para este programa se pueden mencionar:

- Clases expositivas de los conceptos fundamentales de operaciones de transferencia de calor y masa con participación de los estudiantes.
- Resolución de problemas (en sesiones de clase auxiliar) por parte de los estudiantes con el apoyo del cuerpo docente.
- Aprendizaje basado en proyecto.
- Lectura de textos sobre operaciones de transferencia de calor.
- Laboratorio demostrativo: asociado a equipos de operaciones unitarias que involucren transferencia de calor o de secado y humidificación.

F. Estrategias de evaluación:

Para esta propuesta de programa se pueden señalar las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
● Controles parciales	Evalúan los RA1, RA2
● Proyecto grupal.	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA5
● Resolución individual de problemas (ejercicios/tareas).	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4
● Examen.	RA1, RA2, RA3

**En algunas de las actividades de evaluación se considerarán lecturas asociadas a los contenidos.*

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

1. Çengel Y.A., Boles M.A. (2012). **Termodinámica**. McGraw Hill: 7ma Edición.
2. Çengel Y.A. (2007). **Transferencia de Calor y Masa: Un Enfoque Práctico**. McGraw Hill: 3ra Edición.
3. McCabe W.L., Smith J.C., Harriot P. (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering*. 7th Edition.
4. Seader J.D., Henley, E.J., Roper D.K. (2010). *Separation Process Principles: Chemical and Biochemical Operations*. 3rd Edition.

Bibliografía complementaria:

5. Treybal, R.E. (1981). *Mass-Transfer Operations*. McGraw Hill: 3rd Edition, 1981.
6. Incropera F.P., Bergman T.L., Lavine A.S., Dewitt, D.P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons: 7th Edition.
7. Ocon J., Tojo G. (1980). **“Problemas de Ingeniería Química: Operaciones Básicas**. Aguilar: Tomo I y II.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Melanie Colet
Validado por:	Revisado y ajustado: Francisco Gracia CTD de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales (IQBM)
Revisado por:	Área de Gestión Curricular