

## PROGRAMA DE CURSO OPERACIONES MECÁNICAS

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales					
Nombre del curso	Operaciones mecánicas	Código	IQ4316	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mechanical operations</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	IQ3312: Fenómenos de transporte					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado aplique conceptos fundamentales de fluidodinámica y de fenómenos de transporte en el diseño de operaciones de separación sólido/fluido, para resolver problemas en el contexto de la ingeniería de procesos

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.

CE6: Optimizar y adaptar la operación de procesos industriales frente a nuevos escenarios productivos, considerando modificación de materias primas, normativas, y aspectos de sustentabilidad de 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.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación

fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

**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.

**CG6: Innovación**

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE6, CE7	RA1: Aplica conceptos fundamentales de fluidodinámica y de balances globales de transferencia, en el transporte de fluidos en sistemas de tuberías, para realizar cálculos de pérdidas de carga y evaluar el uso de bombas calculando sus parámetros fundamentales, tanto en régimen laminar como turbulento.
CE1, CE2	RA2: Usa conceptos fundamentales y aplicados de sólidos granulares, fluidodinámica, procesos de transferencias, y de balances de fuerza en el diseño optimizado de operaciones de separación sólido fluido, considerando criterios de eficiencia, granulometría y condiciones de operación.
CE6, CE7	RA3: Resuelve problemas reales del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido frente a un contexto real y específico, considerando los balances globales y ecuaciones de diseño de bombas y de equipos de separación, con criterios de eficiencia e innovación.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	<p>RA4: Comunica en forma oral y escrita, soluciones a problemas del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido (sean soluciones propias o extraídas de revistas científicas), cuya exposición evidencia un fuerte conocimiento técnico disciplinar, y el texto se ajusta a criterios de claridad y coherencia en la presentación de su propuesta.</p> <p>RA5: Analiza el estado del arte (a través de lecturas en inglés y español) sobre soluciones innovadoras a problemas de fluidodinámica y de operaciones de separación, exponiendo, con claridad y adecuación comunicativa (formalidad), lo más relevante de dichas propuestas.</p>
CG4	<p>RA6: Plantea y resuelve con sus pares problemas de transporte de fluidos y de separación sólido fluido, considerando el organizarse como equipo, autogestionar su quehacer e interactuar con otros, en un marco de respeto, así como revisar continuamente los objetivos y plazos establecidos.</p>
CG6	<p>RA7: Propone, con criterios de innovación (creatividad y creación de valor), una solución para un problema que identifica en el contexto de su realidad e interés y que requiere de la aplicación de conceptos asociados a las operaciones mecánicas, considerando el análisis de los grupos de interés (<i>stakeholders</i>).</p>

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Conceptos de fluidos y de transporte para su aplicación en las operaciones mecánicas	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Análisis de conceptos relevantes en operaciones mecánicas: conversión de unidades, densidad, presión; densidad, peso específico, volumen de control y sistema material.		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica conceptos fundamentales del transporte de fluidos aplicables a problemas que se le presentan.</li> <li>2. Deduce y maneja la ecuación de ley hidrostática y de empuje (sólido en un fluido).</li> </ol>	

<p>1.2. Ley Hidrostática (deducción y aplicación en manómetros) y de empuje.</p> <p>1.3. Modelos reológicos y ley constitutiva de fluidos (análisis del concepto de material sólido y de fluido, y viscosidad).</p> <p>1.4. Ecuaciones unidimensionales de balances macroscópicos y su aplicación en masa, energía, y momento.</p> <p>1.5. Análisis de la ecuación de Bernoulli.</p> <p>1.6. Flujo ideal a través de orificios.</p>	<p>3. Identifica los diversos tipos de fluidos (newtonianos y no newtonianos) que existen en la Ingeniería de Procesos y sus leyes constitutivas.</p> <p>4. Realiza balances macroscópicos de transporte en sistemas unidireccionales (masa, energía y momento), y calcula caudales de fluidos en sistemas de ingeniería.</p> <p>5. Aplica la ecuación de Bernoulli y es capaz de comprender sus límites.</p> <p>6. Realiza conversión de unidades en el contexto de problemas de transporte de fluidos.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA.</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA3	Flujo unidimensional y su pérdida de carga	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Balances globales de transferencia (energía y cantidad de movimiento) y su aplicación para flujos unidimensionales.</p> <p>2.2. Coeficiente de fricción y pérdida de carga.</p> <p>2.3. Flujo laminar y turbulento, y análisis dimensional.</p> <p>2.4. Ecuación de Hagen-Poiseuille y cálculo de factor de fricción en régimen turbulento (gráfico de Moody)</p> <p>2.5. Pérdida de carga en flujo laminar y turbulento para fluidos no-newtonianos.</p> <p>2.6. Caída de presión en flujos compresibles y medios porosos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza las ecuaciones de transporte en flujos unidimensionales, para comprender el balance energético y de momento.</li> <li>2. Cuantifica la pérdida de carga en el transporte de fluidos para flujos laminar y turbulento.</li> <li>3. Aplica el análisis dimensional a sistemas con fluidos.</li> <li>4. Realiza balances generales para sistemas compresibles, y fluidos complejos.</li> </ol>	

Bibliografía de la unidad		C.J. Geankoplis. “Procesos de transporte y operaciones unitarias”. 3° Edición, Edit. CECSA.	
Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3, RA4, RA6	Bombas	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Curvas de operación de bombas (centrífugas, desplazamiento positivo, peristáltica, etc).</p> <p>3.2. Dedución mediante balance macroscópico de momento angular de la curva de operación de una bomba centrífuga.</p> <p>3.3. Eficiencias y curvas empíricas de operación en bombas 3.</p> <p>3.4. Sistemas de bombas en tuberías, punto de operación, y efectos de variables de operación.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica y resuelve problemas en sistemas de transporte de fluidos, considerando la necesidad del uso de bombas y optimizando el punto de operación</li> <li>2. Relaciona curvas de funcionamiento con la demanda energética del transporte de fluidos para encontrar el punto de operación diseñado.</li> <li>3. Aplica conceptos de transporte de fluidos y bombas en soluciones innovadoras, considerando grupos de interés (<i>stakeholders</i>)</li> <li>4. Redacta un informe técnico sobre el punto de operación de una bomba, considerando en su escrito coherencia y claridad.</li> <li>5. Organiza con su equipo las actividades relacionadas con la resolución de problemas de transporte de fluidos mediante bombas, mediante una planificación respecto de las tareas asociadas.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>C.J. Geankoplis. “Procesos de transporte y operaciones unitarias”. 3° Edición, Edit. CECSA.</p> <p>B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2	Caracterización granulométrica y de sistemas sólido-fluido	2 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Caracterización de sólidos granulares, y concepto de factor de forma y tamaño en partículas no-esféricas.</p> <p>4.2. Propiedades primarias y secundarias.</p> <p>4.3. Curvas de distribución de población, y concepto de fracción de la población aplicado a caracterizar un material particulado.</p> <p>4.4. Tamizado y cálculo de promedios estadísticos de material particulado</p> <p>4.5. Análisis del movimiento de partículas sólidas en un fluido y fuerzas de arrastre.</p> <p>4.6. Teoría de las separaciones sólido-fluido.</p> <p>4.7. Tipos de eficiencia.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maneja conceptos, teorías de las separaciones sólido-fluido y herramientas para caracterizar sistemas granulares.</li> <li>2. Aplica conceptos de estadística para calcular valores promedios que caracterizan a un material particulado.</li> <li>3. Analiza resultados del tamizado de un material particulado obteniendo los valores característicos más relevantes.</li> <li>4. Usa conceptos de fuerzas de arrastre aplicados a partículas en fluidos en movimiento.</li> <li>5. Aplica conceptos de eficiencia (global y granulométrica) a problemas de separación.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.</p> <p>B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Equipos de separación sólido-fluido	6 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Deducción y aplicación de las ecuaciones de diseño de equipos de separación sólido fluido:</p> <p>5.1.1. Sedimentación (área mínima bajo eficiencia ideal).</p> <p>5.1.2. Hidrociclones (empuje centrífugo y análisis de ecuaciones de diseño de Bradley y Rietveld).</p> <p>5.1.3. Filtración (ecuación de operación bajo diferentes condiciones de operación).</p> <p>5.1.4. Centrífugas (deducción de ecuaciones de diseño y de escalamiento).</p> <p>5.2. Resolución de problemas del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido, integrando conceptos de las operaciones mecánicas.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica y selecciona los principales equipos de separación sólido-líquido deduciendo sus principales ecuaciones.</li> <li>2. Diseña los principales equipos de separación, considerando las condiciones de operación específicas y sus eficiencias</li> <li>3. Propone, con criterios de innovación una solución para abordar un problema que identifica en el contexto de su realidad e interés y que requiere de la aplicación de conceptos, teorías asociados a las operaciones mecánicas, considerando análisis de <i>stake holders</i>.</li> <li>4. Explica, de manera sintética y precisa, los resultados de la propuesta innovadora, las etapas del proceso de trabajo, la selección de metodologías, la planificación de tareas y de las ventajas competitivas de la propuesta.</li> <li>5. Analiza soluciones innovadoras a problemas de fluidodinámica y de operaciones de separación, considerando una revisión y lectura del estado del arte en investigaciones de esta naturaleza.</li> <li>6. Plantea y resuelve con sus pares problemas de transporte de fluidos y de separación sólido fluido, considerando en el trabajo en equipo el organizarse, la autogestión en su quehacer durante la interacción con otros.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.</p> <p>B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.</p>	

## E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias

- Clases expositivas.
- Exposiciones orales (Seminario).
- Resolución de problemas.
- Trabajo en equipo.
- Laboratorio demostrativo (transporte de fluidos y bombas).

## F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre, el cuerpo académico informará sobre la propuesta de evaluación, incluyendo tipos de evaluación, cantidad, ponderaciones correspondientes y las fechas asignadas.

El curso considera diversas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
Controles escritos durante el semestre.	En los controles se evalúan los RA1 y RA2.
Ejercicios y tareas	Evalúan RA1, RA2, RA3.
Trabajo creativo	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7.
Seminario	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA5, RA6.

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía obligatoria:

- [1] B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.
- [2] C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA.
- [3] G. G. Brown. Operaciones básicas de la ingeniería química. Traducción y revisión de F. Calvet et al. Barcelona, Manuel Marín, 1955.
- [4] W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.
- [5] J. Ocón y G. Tojo. Problemas de ingeniería química: operaciones básicas. 3a. ed. Madrid. Aguilar, 1976.
- [6] C. Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. 2a. ed. ampl. rev. México. Harla, 1982.
- [7] Perry's chemical engineers' handbook. 7th ed. New York. McGraw-Hill.



**Bibliografía complementaria:**

Publicaciones en revistas científicas internacionales indexadas (Web of Science), como por ejemplo: “Separation and Purification Technologies”, “Chemical Engineering Journal”, y “Water research”.

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

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Humberto Palza
Validado por:	Validador par: Felipe Díaz CTD de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales (IQBM)
Revisado por:	Área de Gestión Curricular