



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES



Universidad
Nacional
de Córdoba

Asignatura: ***FENÓMENOS DE TRANSPORTE***

Código: 10-09508

RTF

6

Semestre: Quinto

Carga Horaria

64

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

30

Departamento: Química Industrial y Aplicada

Correlativas:

- Termodinámica

Contenido Sintético:

- Introducción a los fenómenos de transporte.
- Ley y propiedad asociada a la transferencia de cantidad de movimiento.
- Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de cantidad de movimiento.
- Leyes y propiedades asociadas a la transferencia de energía.
- Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de energía.
- Ley y propiedad asociada a la transferencia de materia
- Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de materia
- Análisis Adimensional.

Competencias Genéricas:

- CG1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- CG9. Aprender en forma continua y autónoma.

Aprobado por HCD: 856-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

Competencias Específicas:

CE2.1 Planificar y supervisar la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas utilizando de manera efectiva los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; a través del desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios, sistemas de medición y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes, atendiendo los requerimientos profesionales prácticos.

CE2.1.2 Reconocer e interpretar cambios energéticos involucrados en procesos de modificación física y/o química de la materia relacionándolos con los principios de la termodinámica y la fisicoquímica definiendo los modelos adecuados que los describan y estableciendo vínculos.

CE2.1.7 Identificar, formular y resolver problemas relacionados a los materiales componentes de productos, procesos y/o sistemas e instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia.

CE2.1.9 Establecer los principios matemáticos y físicos relacionados con los procesos de transporte y modificación física de la materia, estableciendo las relaciones entre los modelos conceptuales a los materiales reales

Presentación

La asignatura Fenómenos de transporte corresponde al tercer año del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química (quinto semestre), y pertenece al área de Tecnologías Aplicadas. El área de Tecnologías Aplicadas se compone de trece (13) asignaturas, a saber, 1-Fenómenos de Transporte, 2-Operaciones Unitarias I, 3-Bromatología y Toxicología, 4-Operaciones Unitarias II, 5-Instrumental Industrial, Control y Electrotecnia, 6-Ingeniería de las Reacciones Químicas, 7-Mineralogía e Industrias Extractivas, 8-Procesos Biotecnológicos, 9-Ingeniería de Procesos Industriales I, 10-PPS, 11-Tecnología de los Alimentos, 12-Ingeniería de Procesos Industriales II, 13-PI.

En la asignatura Fenómenos de Transporte se realiza una introducción a los fenómenos físicos que describen los procesos de transporte de cantidad de movimiento, calor y materia que tienen lugar en los procesos reales, con especial incidencia en los sistemas utilizados en ingeniería química. Se estudian los tres procesos de transporte considerando que los medios en los que tienen lugar estos fenómenos, son medios continuos.

El conocimiento de los principios físicos fundamentales y de las leyes básicas de estos tres transportes, resulta primordial para el perfil de ingeniero químico buscado.

En esta asignatura se estudiarán estos principios y conceptos para la aplicación de balances para el modelado de sistemas de geometría sencilla, que junto con la adquisición de criterios como son las condiciones de frontera, harán posible la obtención de ecuaciones que involucren las variables de interés en cada caso.

Esta metodología, se utilizará también en las materias subsiguientes, como son las operaciones unitarias, en esos casos para el modelado de sistemas más complejos: los equipos utilizados para realizar cada una de las operaciones de la industria. Así, esta materia contribuye a la orientación del egresado al diseño, desarrollo e investigación de procesos y productos.

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

Se pretende que los alumnos sean capaces de lograr la siguiente competencia:

Aplicar las leyes y balances relacionados con las transferencias de cantidad de movimiento, calor y masa para el modelado de sistemas de geometría sencilla, aplicando criterios y condiciones de contorno apropiados; conociendo y comprendiendo los principios y conceptos que subyacen en dichas transferencias.

Los estudiantes desarrollarán comprensión acerca de:

1 -¿Por qué y cómo se produce cada transferencia (de cantidad de movimiento, de materia y de masa)?

Es necesario que conozcan y comprendan cuáles son las “fuerzas impulsoras” que provocan cada transferencia y los principios y leyes que gobiernan éstas, para identificarlos en los equipos, procesos y operaciones de la industria química.

2 - ¿Cómo varían las propiedades de transferencia (viscosidad, conductividad, difusividad) con las condiciones (presión, temperatura, composición)? ¿Cómo se estiman, calculan y miden estas propiedades?

Es significativo que conozcan esta variación y que no confundan estas propiedades como constantes, ya que en un equipo u operación, las condiciones varían, por lo tanto estas propiedades también lo harán, y esa variación debe tenerse en cuenta para los cálculos de diseño de equipos y procesos.

3 - ¿Cómo se aplican las leyes de transferencia en los balances (de cantidad de movimiento, energía y materia) de estructuras de geometría sencilla y qué hipótesis y suposiciones son necesarias para su aplicación? ¿y cómo se aplican a los sistemas reales ?

Es primordial que comprendan cómo se aplican y cómo incorporar condiciones de contorno, restricciones en cuanto a especificaciones etc, para resolver sistemas sencillos y reales, y poder aplicarlos en las materias posteriores para la síntesis, diseño y optimización de equipos y procesos de la Industria química.

4 - ¿Cuáles son los números adimensionales asociados a esta transferencia?

Es importante que el estudiante comprenda la importancia de los números adimensionales ya que son de uso extensivo en el área de las tecnologías aplicadas y permiten resolver muchos problemas prácticos ingenieriles.

Contenidos

Unidad 1: Introducción a los fenómenos de transporte.

Se realiza una introducción a la materia presentando en forma general las 3 leyes fundamentales de las transferencias y propiedades asociadas a éstas. Se imparten los conceptos de la hipótesis de medio continuo, partícula fluida, escala de estudio. Propiedades en un punto. Se definen procesos continuos, discontinuos y semicontinuos. Tipos de flujos: permanente y transitorio, uniforme, laminar y turbulento, interno, externo. Trayectoria, líneas de corriente. Se repasan conceptos en forma de problemas: sistema de unidades fundamentales; sistema internacional; unidades de concentración; leyes de los gases; estados de la materia; fuerzas superficiales y volumétricas; campos escalares, vectoriales y tensoriales; conceptos de derivada y gradiente, operador nabla. Hidrostática: se repasan y brinda conceptos preferentemente en forma de problemas. Definición de fluidos. Propiedades: presión, compresibilidad, tensión superficial, densidad, peso específico, viscosidad, masa, peso. Mecánica de un fluido en reposo. Presión sobre un cuerpo sumergido. Equilibrio hidrostático. Medición de presiones. Presión absoluta y manométrica. Piezómetros. Manómetros. Barómetros. Traductores de presión.

Unidad 2: Ley y propiedad asociada a la transferencia de cantidad de movimiento.

Se introduce la Ley de Newton y el concepto de viscosidad. Influencia de la presión y la temperatura en la viscosidad. Viscosidad de gases puros y mezclas gaseosas a baja densidad. Viscosidad en líquidos. Se describe el comportamiento de distintos tipos de fluidos: newtonianos y no newtonianos. Reología. Medición, cálculo y estimación de la viscosidad.

Unidad 3: Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de cantidad de movimiento.

Se divide la unidad en los siguientes bloques:

- a) Balances envolventes de cantidad de movimiento y materia aplicados a sistemas de flujo con estructuras de geometría sencilla: flujo de una película descendente, a través de un tubo circular, otros sistemas. Distribución de velocidades, esfuerzos de corte, presiones, velocidad media, caudal. Número de Reynolds. Número de Froude. Ecuación de Hagen-Poiseuille.
- b) Balances microscópicos aplicados a una unidad de volumen: balance de materia total y de cantidad de movimiento. Ecuaciones de variación para fluidos newtonianos y no newtonianos.
- c) Soluciones aproximadas: flujo invíscido, flujo reptante. Flujo alrededor de objetos sumergidos. Ley de Stokes. Capa límite. Distribución de velocidades en flujo turbulento. Definiciones de factores de fricción.

Unidad 4: Leyes y propiedades asociadas a la transferencia de energía.

Se introducen los mecanismos de transferencia de calor. Transferencia de calor por conducción. Se presenta la Ley de Fourier y la conductividad térmica. Variación de la conductividad en gases, líquidos y sólidos. Métodos de determinación, cálculo y estimación. Conducción a través de pared plana y cilíndrica. Conducción a través de sólidos en serie. Transmisión de calor por convección. Convección natural y convección forzada. Coeficiente pelicular. Capa límite térmica. Ley de enfriamiento de Newton. Transferencia de calor por

radiación. Ley de Stefan-Boltzmann. Emisividad y absorptividad. Concepto de cuerpo negro y cuerpo gris. Factor geométrico y total. Coeficiente global de transferencia de calor.

Unidad 5: Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de energía.

Se presentan los principales grupos adimensionales asociados a la transferencia de calor. Número de Nusselt. Número de Prandtl. Número de Biot. Calentamiento y enfriamiento de un cuerpo en un medio isoterma. Velocidad de flujo calórico. Ecuación diferencial de cambio de energía. Tiempo de calentamiento y enfriamiento. Distribución de temperaturas en sólidos. Conducción en sólidos en estado no estacionario. Aplicaciones a cuerpos de geometría sencilla. Métodos gráficos.

Unidad 6: Ley y propiedad asociada a la transferencia de materia.

Se introduce la Ley de Fick y el concepto de difusividad. Estimación de la difusividad binaria. El proceso de difusión. Difusión de gases y líquidos a través de sólidos en estado estacionario.

Unidad 7: Balances microscópicos y números adimensionales relacionados a la transferencia de materia.

Ecuación diferencial de transferencia de materia y resolución para los casos: a) Difusión a través de una película gaseosa estanca. b) Contradifusión equimolar. c) Reacción química heterogénea. Coeficientes de transferencia de materia.

Unidad 8: Análisis Adimensional.

Teoría y criterios de similitud. Semejanza geométrica y dinámica. Teorema Pi de Buckingham. Principales números adimensionales y su interpretación.

Metodología de enseñanza

El dictado de la materia se orienta a la comprensión de los aspectos fenomenológicos presentes en las tres transferencias (transferencia de cantidad de movimiento, de energía y de materia), encontrando los paralelismos entre ellas, haciendo hincapié en la comprensión de los grandes principios físicos y su aplicación al análisis de los medios fluidos. Se utiliza un enfoque teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo al tratar la faz teórica de los temas listados en el programa analítico. En la medida de lo posible, siempre se tratará de lograr que las clases por su contenido y modalidad de dictado, estimulen la participación activa de los alumnos. Cada unidad tiene una guía de problemas relacionados con los contenidos teóricos correspondientes que se discuten y resuelven en el aula bajo la tutela del profesor con el fin de desarrollar la habilidad para modelar y solucionar situaciones problemáticas. Hay una clase de consulta semanal para preguntas y problemas. Se incorporan tecnologías en el proceso de enseñanza aprendizaje como presentaciones en Power Point, para motivar y dinamizar las clases. Se hace uso del laboratorio de aula virtual o LEV para apoyar la organización de los contenidos, intercambio de material, disposición de material complementario y para el uso de herramientas de evaluación continua. Se muestran programas computacionales para el planteo y/o resolución de problemas que acercan a los estudiantes a la futura vida profesional y los ayuda a integrar contenidos.

Se utilizan apuntes elaborados por la cátedra como guía de ayuda al estudio e introducción del tema, para el posterior uso de la bibliografía especializada. Se cuenta con un compendio de tablas, gráficos y fórmulas, que el alumno completa y aprende a utilizar mediante ejercitación.

Se realizan prácticos de laboratorio en los laboratorios de Aeronáutica e Hidráulica y laboratorio y planta piloto de la escuela de Ingeniería química para completar el tratamiento teórico de los temas y permitir al estudiante familiarizarse con dispositivos y otros equipos presentes.

Forma de trabajo en cada clase

Se intenta crear lo que se conoce como “un entorno para el aprendizaje crítico natural”, donde los alumnos construyen su entendimiento mientras intentan resolver los problemas importantes, atractivos e intrigantes de la asignatura, estimulando la confianza de los estudiantes a aprender y mostrándoles los obstáculos con los que se pueden encontrar en el dominio de los temas. Se promueve un modelo de enseñanza-aprendizaje en el que el alumno construye activamente significados en el marco de estructuras cognitivas, aprende a hacer preguntas y a resolver situaciones nuevas y problemas diferentes. La profundidad y especificidad disciplinar con la que se abordan algunas de las unidades permite fortalecer el desarrollo de capacidades, aportando a la formación científica y al perfil del egresado en cuanto a las competencias de desarrollo, diseño y optimización de procesos y productos, ya que éstos requieren el modelado de cada una de las partes involucradas en los mismos.

Se combinan diferentes modelos de enseñanza para cada tópico, dependiendo el caso: modelo sistémico-investigativo, resolución de problemas, o modelo de cambio conceptual por medio de métodos explicativo, descriptivo, problematizante, disciplinar-interdisciplinar y discusiones argumentativas.

En la primera parte de la clase, generalmente se trabaja la faz teórica de los temas con la modalidad de explicación dialogada (combinando la clase magistral con la participación activa del alumno), y en la segunda parte se trabajan los problemas asociados a esa unidad.

Se comienza la clase según corresponda, repasando los contenidos previos y contextualizando los que se tratarán dicha clase. La estrategia didáctica implementada en la mayoría de las clases es la problematización del contenido. Se diseña para los primeros minutos alguna actividad que movilice intelectualmente a los estudiantes respecto a la temática que se abordará, presentando la Idea fuerza de la clase en forma de pregunta (a veces inmersa en una contextualización respecto a la generación del conocimiento particular que se estudiará). Luego se revisan los conceptos necesarios y se desarrolla la clase a modo de diálogo guiado, estimulando en forma permanente la participación del alumno, manteniendo su atención e interés mediante preguntas, comprometiendo al alumno en el dictado de la clase y haciendo hincapié en los conceptos importantes y las dificultades en el tratamiento de los temas. En la segunda parte de la clase, se plantean problemas desafiantes y casos prácticos seleccionados y de complejidad creciente; creando un entorno para hacer, examinar su propio aprendizaje, realimentarse y volver a probar, resaltando la importancia del desarrollo intelectual y fenomenológico mas que los datos en sí mismos. Para finalizar, se realiza una actividad de cierre o conclusión, para facilitar la estructuración de los aprendizajes y organizar la información que se ha manejado. La participación permanente del alumno permite ir realizando un diagnóstico del alumno e ir evaluando en forma permanente la estrategia e hipótesis de trabajo planteados por el cuerpo docente.

Se le da gran importancia a la planificación de la materia y de cada clase (hipótesis y estrategias de trabajo), a la selección de contenidos, textos y casos problema adecuados, y principalmente a la selección de actividades para que el alumno continúe el proceso de enseñanza aprendizaje extra áulico atendiendo a la posible diferencia de temporalidad existente en algunos alumnos en este proceso. Se promueve la transposición didáctica de tipo holístico, recontextualizando el conocimiento, explicando sus orígenes y el estado del arte actual del mismo.

En las unidades 1 y 2 se hace una introducción a los fenómenos de transporte y se estudia la hidrostática. Se presentan las tres transferencias (de cantidad de movimiento, de energía y de materia) presentando el panorama general de la materia. Se introducen algunos conceptos y procedimientos necesarios para el estudio posterior de los principios de las transferencias.

En las unidades siguientes se estudian los conceptos y procedimientos involucrados en cada transferencia. Inicialmente (unidades 3 y 4) se estudia el primer eje "transferencia de cantidad de movimiento". Debido a las similitudes en los tres procesos de transferencia y en el tratamiento matemático de éstos según el estado del arte actual, los contenidos del programa se adaptan perfectamente para ser abordados en forma matricial. Para cada una de las tres transferencias se abordan los siguientes temas (presentados en los objetivos):

- 1 - ¿Por qué y cómo se produce cada transferencia (de cantidad de movimiento, de materia y de masa)?
- 2 - ¿Cómo varían las propiedades de transferencia (viscosidad, conductividad, difusividad) con las condiciones (p , T , composición)? ¿Cómo se estiman, calculan y miden estas propiedades?
- 3 - ¿Cómo se aplican las leyes de transferencia en los balances (de cantidad de movimiento, energía y materia) de estructuras de geometría sencilla y sistemas reales y qué hipótesis y suposiciones son necesarias para su aplicación?
- 4 - ¿Cuáles son los números adimensionales asociados a esta transferencia?

Luego de estudiar las unidades del primer eje, se continúa con el segundo eje "transferencia de energía". El proceso es seguido por un resumen o síntesis que se reditúan en el plano general, permitiendo enfocar la escena inicial de un modo más rico. Por último, se estudian los procesos de transferencia de materia y para dar cierre a la materia se repasan los números adimensionales involucrados en las transferencias, los cuales serán ampliamente usados en las materias siguientes correlativas.

Evaluación

El sistema de evaluación actual y promoción (en línea con el Régimen de alumnos) consta de dos (2) Evaluaciones Parciales obligatorias durante el transcurso del curso, evaluaciones de desempeño continuas y un (1) coloquio Integrador para los alumnos en condiciones de ser promocionados.

a. Evaluaciones parciales, de carácter Teórico-Práctico. La aprobación de la evaluación implica que ambas partes (teórica y práctica) resultaron suficientes. Se prevé una evaluación de recuperación. Un promedio en ambas superior o igual a 7 posibilita la rendición del coloquio integrador para resultar promocionado.

b. Coloquio Teórico-Práctico, para los alumnos regulares en condiciones de ser promocionados.

En las evaluaciones parciales generalmente se incluyen un punto de desarrollo teórico-práctico por unidad. En los coloquios o examen final, se hace hincapié en lo que los alumnos demostraron no conocer o entender en los parciales. Se confecciona una planilla con los resultados de cada alumno en cada uno de los desempeños. Se evalúa también el nivel de comprensión del grupo en cada tema, en la misma planilla, a los fines de evaluar la estrategia didáctica empleada y los recursos destinados a esa unidad.

En vías de implementar un modelo constructivista del proceso de enseñanza/aprendizaje la cátedra pretende no centrarse exclusivamente en los resultados de los parciales (que generalmente evalúan contenidos factuales) obtenidos por los alumnos para la evaluación (ponderación), incorporando la evaluación formativa (o reguladora) que incluye la evaluación inicial (o diagnóstica), reguladora y sumativa (o integradora).

La calificación se obtendrá a través de un polinomio, por ejemplo:

$$\text{CALIFICACIÓN} = 0,6xP1 + 0,2xP2 + 0,2xP3$$

donde:

P1 es el promedio de las calificaciones de los exámenes parciales

P2 es el promedio de la calificación de las actividades prácticas.

P3 es la valoración numérica obtenida de una rúbrica y/o coloquio.

Condiciones de aprobación

CONDICIONES PARA LA APROBACIÓN DE LA MATERIA COMO ALUMNO REGULAR, POR PROMOCIÓN O LIBRE

1. Estar inscriptos en el sistema Guaraní.
2. Tener regularizada o aprobada la/s materia/s correlativa/s.
3. Asistir al 80% como mínimo de las clases teórico-prácticas.
4. Tener el 100% de asistencia a los laboratorios con los informes aprobados y tener el 100 % de los trabajos prácticos que se programen durante el año, aprobados.

5. La evaluación total de la materia está integrada por dos (2) exámenes parciales teórico-prácticos y un recuperatorio en el que se podrá recuperar uno de los parciales. La nota del parcial recuperado sustituye la nota anterior, sea ésta mayor o menor que la obtenida. El alumno que no cumplimente la asistencia a clases no podrá rendir los parciales. Los parciales se aprueban con el 60 % como mínimo en la escala de 0 a 100 %.

Por promoción: La promoción exige tener regular la materia correlativa, cumplir los puntos 1 a 4 anteriormente mencionados, aprobar los dos exámenes parciales con el 60% como mínimo y un promedio mayor a 70 %, y aprobar un coloquio oral de la TOTALIDAD de la materia. En caso de no aprobar el Coloquio queda en condición de regular.

Alumno regular: Para permanecer en la condición de alumno regular (una vez terminado el cursado) se requiere cumplir con los puntos 1 a 4 y tener aprobado al menos uno de los dos exámenes parciales con el 60% como mínimo. Los alumnos regulares deberán aprobar la asignatura con examen final en uno de los turnos de examen fijados por la Facultad, concurriendo personalmente ante el tribunal examinador con la Libreta del Estudiante. El alumno regular debe rendir la TOTALIDAD de la materia en forma escrita, más un examen Oral. Se tendrá en cuenta en el examen si la regularidad se obtuvo por aprobación de uno o de los dos parciales.

Aprobación de la materia como alumno Libre: Cuando un alumno no consigue la condición de alumno promocionado o regular queda en condición de libre. El alumno libre debe rendir las siguientes instancias:

1. Examen escrito de carácter teórico-práctico
2. Examen oral (relacionado con la totalidad de los contenidos de la materia)
3. Examen sobre trabajo experimental de laboratorio. Cualquiera de estas tres instancias es eliminatoria.

Actividades prácticas y de laboratorio

Cada unidad tiene una guía de problemas relacionados con los contenidos teóricos correspondientes que se discuten y resuelven en el aula bajo la tutela del profesor con el fin de desarrollar la habilidad para modelar y solucionar situaciones problemáticas.

Se realizan prácticos de laboratorio en los laboratorios de Aeronáutica e Hidráulica y laboratorio y planta piloto de la escuela de Ingeniería química para completar el tratamiento teórico de los temas y permitir al estudiante familiarizarse con dispositivos y otros equipos presentes.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Se pone a disposición del alumno el mayor número de actividades posibles (lecturas, ejercicios, videos, prácticas virtuales, en general vía LEV) para que el alumno pueda afianzar los conceptos y practique procedimientos. Se cuenta con un horario de consulta semanal para compensar la carencia de tiempos que en general estas tareas generan. Se incorporan paulatinamente herramientas que permitan la retroalimentación (y evaluación) continua para hacer evidente (para el alumno y los docentes) los avances en el proceso de enseñanza-aprendizaje como actividades en clase o vía LEV. Estas evaluaciones continuas incluyen: desarrollo de las actividades en los laboratorios, entregas de informes de laboratorio, ajuste de datos experimentales a modelos teóricos, uso de utilitarios

matemáticos, cuestionarios teóricos de seguimiento, exposiciones sobre aplicaciones de los temas vistos en clase. Para la calificación final (que se acuerda con el alumno, en todos los casos) se consideran además los aspectos procedimentales y actitudinales demostrados en los desempeños continuos.

Para mejorar la calidad de la enseñanza, conocer y poder valorar la intervención pedagógica de la cátedra, también se realizan encuestas verbales y escritas a los fines de identificar debilidades y fortalezas de la cátedra.

Con los indicadores de desempeño, se evalúan los siguientes objetivos (que se ponderan en una rúbrica y/o coloquio), a saber:

Identificar microscópicamente el origen y forma de cada transferencia de (CdeM, Masa, Energía).

Aplicar de manera apropiada los balances correspondientes a cada situación (Balance de Cantidad de movimiento, Balances de masa total o por componentes, Balances de Energía). Reconocer datos y variables en los balances y poder expresar la interdependencia de las variables involucradas.

Identificar y reconocer los coeficientes de transferencias involucrados.

Aplicar condiciones de contorno adecuados a los problemas.

Expresar y comunicar en el lenguaje matemático.

Expresar con claridad y precisión, datos, variables e incógnitas.

Aplicar los conocimientos a una amplia variedad de situaciones de la vida cotidiana y de la industria química.

Buscar soluciones para una variedad de situaciones utilizando elementos y razonamientos matemáticos para enfrentarse a aquellas situaciones.

Conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas aprendidas en la asignatura, circunscriptos a la vigencia de la hipótesis de medio continuo y simplificaciones particulares de cada balance.

Conocer los fundamentos y saber aplicar la técnica de escalamiento por Análisis Adimensional.

Bibliografía

- Fenómenos de transporte : un estudio sistemático de los fundamentos del transporte de materia, energía y cantidad de movimiento / Robert Byron Bird, Warren E. Stewart y Edwin N. Lightfoot ; tr. Fidel Mato Vázquez. - México, MX : Reverté, 2001-2008 - pg. var. ISBN:9686708170 México 8429170502 España
- Mecánica de fluidos / Merle C. Potter, David C. Wiggert y Bassem H. Ramadan. - 4a. ed. - [México, MX] : [Cengage Learning], [2015] - 793 p. ISBN:9786075194509 6075194509
- Procesos de transporte y principios de procesos de separación: incluye operaciones unitarias / Christie John Geankoplis ; tr. María Teresa Aguilar Ortega. - 4a. ed. - México, MX : Grupo Editorial Patria, 2008 - 1034 p. ISBN:9789702408567 9702408563- Calleja Pardo, G. Introducción a la Ingeniería Química. 1999. Ed. Síntesis.
- Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa / James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson ; tr. Concepción Calderón Acosta. - México, MX : Limusa, 1984-97 - 887 p. ISBN:9681813065
- Mecánica de fluidos aplicada / Robert L. Mott ; tr. Carlos Roberto Cordero Pedraza, A. Homero Flores Samaniego. - 1a. ed. en español - México, MX : Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996 - 582 p. ISBN:9688805424

