



PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

CARRERA: Ingeniería Química

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: FENÓMENOS DE TRANSPORTE

Año Académico: 2023

Área: Especialidad

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: 3

Tipo (obligatoria o electiva): Obligatoria

Modalidad (cuatrimestral o anual): Cuatrimestral

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
120	160	10

FUNDAMENTACIÓN

En Fenómenos de Transporte se estudian los fundamentos de la transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Masa que tienen lugar en los procesos unitarios que se desarrollan en los equipos utilizados en Ingeniería Química, desde el punto de vista microscópico, macroscópico y por medio del análisis dimensional. Se incorpora al alumno en el conocimiento del comportamiento de los fluidos newtonianos y no-newtonianos de amplio uso en la industria química.

Se realizan predicciones de los coeficientes de transferencia que se emplean para el diseño de los equipos a partir de ecuaciones basadas en leyes, confirmadas por medio de la investigación.

Fenómenos de Transporte permite que el Ingeniero Químico comprenda las leyes que gobiernan los procesos de transporte, identifique los diferentes comportamientos de los fluidos, y estime los coeficientes para resolver de manera óptima problemas claves de Ingeniería Química.

La planificación insta al alumno para aprender en forma continua y autónoma incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean



pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.

COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Alta	Media	Baja	
CE1 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 1) Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a 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 incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.		X		

COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Alta	Media	Baja
CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1) Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería.		X	
CS9 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 9) Aprender en forma continua y autónoma.			X

OBJETIVOS (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

- Analizar los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y masa para ser aplicados en balances microscópicos y macroscópicos.
- Estimar propiedades de transporte para su aplicación en operaciones unitarias
- Diferenciar fluidos newtonianos y no newtonianos para predecir su comportamiento.
- Calcular los distintos coeficientes de transferencia a usar en el diseño de equipos.
- Realizar analogías entre las Transferencias de cantidad de movimiento, calor y masa para comprender su relevancia.



CONTENIDOS

Contenidos mínimos

Fluidos. Transporte de cantidad de movimiento, energía y masa. Balances microscópicos. Ecuaciones de variación o cambio. Transporte en el límite de una fase. Coeficientes de transporte. Correlaciones. Análisis dimensional.

Contenidos analíticos

PRIMERA PARTE: TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Unidad Temática 1: VISCOSIDAD Y MECANISMO DE TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Interpretación de la Ley de Newton de la viscosidad. Unidades y escalas arbitrarias de viscosidad cinemática.

Influencia de la temperatura y la presión sobre la viscosidad. Estimación de la viscosidad a partir de las propiedades críticas. Predicción de la viscosidad de mezclas gaseosas a baja densidad. Diferenciación y estudio de fluidos No Newtonianos: Modelo de Bingham, Modelo de Ostwald-de Waele. Clasificación y estudio de fluidos en tixotrópicos, reopécticos y viscoelásticos.

Unidad Temática 2: LAS ECUACIONES DE VARIACIÓN PARA SISTEMAS ISOTÉRMICOS

Distribución de velocidad en flujo laminar. Aplicación del balance de envolvente de cantidad de movimiento para el estudio de sistemas. Definición y empleo de las condiciones de contorno. Deducción e interpretación de la Ecuación de Continuidad, la Ecuación de movimiento y la Ecuación de energía. Aplicación de las ecuaciones de variación para la resolución de problemas de flujo estacionario. Las ecuaciones de variación para flujo no newtoniano incompresible.

Unidad Temática 3: RELACIONES INTEGRALES PARA UN VOLUMEN CONTROL

Sistema versus volumen de control. Estudio del Teorema de Reynold. Deducción y aplicación del principio de Conservación de la masa, el Balance de Cantidad de movimiento y el Teorema del momento de la cantidad de movimiento. Obtención de



la Ecuación de la energía y de la Ecuación de Bernoulli para flujo sin fricción. Aplicación a la resolución de problemas de Ingeniería.

Unidad Temática 4: ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD.

Aplicación del análisis dimensional a las ecuaciones de variación. Importancia del principio de la homogeneidad dimensional. Teorema de Pi. Interpretación del significado de los números adimensionales para mecánica de fluidos. Diseño por similitud.

Unidad Temática 5: DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD CON MÁS DE UNA VARIABLE INDEPENDIENTE

Estudio de la teoría de capa límite. Análisis del flujo en las inmediaciones del borde de ataque de una lámina plana. Análisis de la capa límite con gradiente de presión. Flujo externo.

Unidad Temática 6: TRANSPORTE DE INTERFASE EN SISTEMAS ISOTÉRMICOS

Definición del factor de fricción. Interpretación y uso de correlaciones y gráficos para el cálculo del factor de fricción para flujo en tubos. Factor de fricción para flujo alrededor de esferas. Aplicaciones de balance macroscópico a sistemas con pérdida de carga por fricción. Obtención de las ecuaciones para determinar tiempos de descarga de tanques de contención de fluidos.

SEGUNDA PARTE: TRANSPORTE DE ENERGÍA

Unidad Temática 7: CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA Y MECANISMOS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA

Ley de Fourier de la conducción. Ley de Newton de la convección. Ley Stefan Boltzman de la radiación térmica. Aplicación de las mismas para interpretar problemas de transferencia. Estudio de la variación de la conductividad calorífica de gases y líquidos con la temperatura y presión. Conductividad de los sólidos.

Unidad Temática 8: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN SÓLIDOS

Balance de energía aplicado a una envoltura y condiciones de contorno. Aplicación a sistemas de paredes compuestas planas, cilíndricas y esféricas. Conducción de calor con generación aplicado a sistemas con generación eléctrica, nuclear y viscosa.



Transferencia de calor desde superficies extendidas. Obtención de las expresiones representativas y resolución de problemas de aplicación.

Unidad Temática 9: DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA CON MÁS DE UNA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Conducción no estacionaria de calor en sólidos. Deducción del modelo de la carga concentrada para lámina finita, esfera y cilindro. Deducción de las ecuaciones que corresponden al calentamiento de la lámina semi infinita. Explicación, interpretación y uso de los gráficos para determinaciones en el calentamiento de la lámina finita.

Unidad Temática 10: ECUACIONES DE VARIACIÓN PARA SISTEMAS NO ISOTÉRMICOS

Estudio de las ecuaciones de movimiento para convección forzada y libre. Análisis de la transmisión de calor por convección libre desde una placa vertical. Aplicación del análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Uso de correlaciones para la resolución de problemas de transferencia en diferentes sistemas.

Unidad Temática 11: TRANSPORTE DE INTERFASE EN SISTEMAS NO ISOTÉRMICOS.

Convección Forzada. Ecuación de la energía térmica. Aplicación a flujo laminar y flujo turbulento. Estudio de la capa límite térmica. Análisis de la transferencia de calor por convección en conductos cerrados, en flujo laminar y turbulento en conductos circulares.

Estudio de la transferencia de calor por convección en flujo alrededor de objetos sumergidos, flujo sobre una placa plana y flujo alrededor de esferas.

Concepto de Convección Natural. Cálculos para Convección Natural sobre placa plana, sobre cilindros y alrededor de esferas.

Estudio y aplicación de la transferencia de calor con condensación y ebullición.

TERCERA PARTE: TRANSPORTE DE MATERIA

Unidad Temática 12: DIFUSIVIDAD Y MECANISMOS DEL TRANSPORTE DE MATERIA.

Definiciones de concentración, velocidades y densidad de flujo de materia. Explicación de la Ley de Fick de la difusión. Análisis de la variación de la difusividad con la presión y la temperatura.



Unidad Temática 13: DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIÓN EN FLUJO LAMINAR.

Estudio de la difusión para diferentes sistemas. Difusión a través de una película gaseosa estancada. Difusión con reacción química homogénea. Difusión con reacción química heterogénea. Difusión de una película líquida descendente con absorción de gas. Difusión de una película líquida descendente con disolución de sólido. Deducción de las ecuaciones de variación de parámetros. Interpretación de la ecuación de continuidad para una mezcla binaria.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
Teórica	58	0	58
Formación práctica	62	0	62

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental	15	0	Laboratorio tecnológico y Planta Piloto
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	0	0	-
Proyecto y diseño	15	0	aula
Problemas de aplicación	32	0	aula laboratorio simulación
Práctica supervisada	0	0	-
Total de horas	62	0	62

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

La metodología de trabajo que será aplicada se indica en los siguientes puntos:



Dictado de clases teóricas expositivas, con inserción de situaciones prácticas o interacción con los alumnos. En el desarrollo teórico de los diferentes temas se hará énfasis en que, a cualquier esquema conceptual o modelo utilizado para describir el transcurso de un proceso físico o químico, le corresponde una representación matemática. Sí el modelo se ajusta al comportamiento real, su expresión matemática predecirá y describirá el proceso en cuestión. **Contribución a competencias CE1-CT1**

Desarrollo de Problemas de aplicación, mediante análisis y discusión de los temas en forma grupal, realización individual y grupal de problemas.

La resolución de problemas que se llevan a cabo aplicando los conceptos teóricos a situaciones nuevas, es esencial para el aprendizaje. En consecuencia, en cada unidad se incluirá la resolución de problemas con diferentes grados de complejidad, algunos muy sencillos que sólo requerirán razonamientos cualitativos, otros complementarán las cuestiones analizadas en las clases teóricas y, por último, otros que exigirán un cierto grado de creatividad y pondrán de manifiesto la flexibilidad de los métodos empleados que pueden aplicarse a situaciones diferentes. **Contribución a competencias CT1-CS9.**

Series de problemas de aplicación

Serie N°1: Viscosidad de fluidos newtonianos y no newtoniano.

Serie N°2: Aplicación de Ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos.

Serie N°3: Aplicación de Ecuaciones de Balances macroscópicos sin fricción. Volumen de control.

Serie N°4: Aplicación del Análisis Dimensional.

Serie N° 5: Aplicación de balances macroscópicos en sistemas isotérmicos con fricción.

Serie N° 6 A: Mecanismos de transferencia de calor.

Serie N° 6B: Conducción estacionaria en paredes planas y cilíndricas.

Serie N° 6C: Transferencia de calor por radiación.

Serie N° 7: Conducción de calor con generación.

Serie N°8: Sistemas conducción- convección. Aletas.

Serie N° 9: Transferencia de calor en estado no estacionario.

Serie N° 10: Transferencia de calor en interfase.

Serie N° 11: Transporte macroscópico en sistemas no isotérmicos.



Serie N°12: Transferencia de masa y Distribución de concentración en flujo laminar.

Desarrollo de Trabajos Prácticos mediante el empleo de equipamiento de escala banco instalado en Planta Piloto y Trabajo Práctico de Simulación.

En estos, el alumno tendrá la posibilidad de llevar a cabo distintos procedimientos experimentales que le permitirán observar y evaluar, en forma práctica, los temas abordados en las clases teóricas además de vincularlos con las situaciones problemáticas desarrolladas en las clases prácticas. **Contribución a competencias CE1-CT1-CS9**

Trabajo Práctico No 1: Medición de viscosidad absoluta de un yogur con un Viscosímetro de Brookfield y un Viscosímetro de Stormer. Medición de viscosidad cinemática de un aceite con un Viscosímetro de Saybolt.

Trabajo Práctico No 2: Experiencia de Reynolds: Visualización de las líneas de corriente para diferentes tipos de flujo de fluidos.

Trabajo Práctico No 3: Medición del tiempo de escurrimiento de un líquido a través de diferentes tubos de descarga de un tanque.

Trabajo Práctico No 4: Sistemas Conducción-Convección. Medición de los perfiles de temperatura en una aleta de sección circular.

Trabajo Práctico No 5: Estado no estacionario: Medición del coeficiente de transferencia térmica de un baño termostatzado. Medición de la conductividad térmica de una esfera de poliestireno expandido.

Trabajo Práctico No 6: Teorema de Bernoulli-Túnel de viento: Verificación del arrastre que se produce al desplazarse un fluido sobre una superficie.

Trabajo Práctico de Simulación: Predicción de viscosidad en una mezcla de gases

Se prestará atención extrema en la seguridad en el laboratorio, para ello, los alumnos contarán con el asesoramiento correspondiente al comienzo del año y en forma permanente durante el mismo. Así mismo tendrán que cumplir requisitos imprescindibles para el desarrollo de los trabajos prácticos como el uso obligatorio de guardapolvos, gafas de seguridad y eventualmente el uso de guantes.

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades:

Se emplean como recursos didácticos en el aula, el cañón, computadora y pizarrón para los desarrollos teóricos y dibujos esquemáticos, tablas varias de datos y esquemas de equipos, que pueden mostrarse también, según el caso, con herramientas



electrónicas. Asimismo, es usual el uso físico de tablas de datos y correlaciones y gráficas de variación de propiedades.

La asignatura cuenta con un aula virtual dentro del Campus online de la UTN-FRBA.

En la misma se puede acceder a los siguientes recursos didácticos:

- Programa de la asignatura, pautas de la cátedra para el cursado y aprobación de la materia (modalidad y fechas de evaluación, de realización y entrega de TP).
- Cronograma de los temas que se desarrollarán en las clases.
- Guías de ejercicios de las unidades temáticas, de los trabajos prácticos a realizar en el laboratorio de simulación, en el laboratorio tecnológico y en planta piloto, y tablas de uso para la resolución de las guías de problemas.
- Material teórico de todas las unidades didácticas que se desarrollan durante la cursada en formato PDF con información básica y complementaria generado por docentes de la cátedra.
- Material teórico de todas las unidades didácticas que se desarrollan durante la cursada en formato PPT generado por docentes de la cátedra (con base en la bibliografía recomendada a los alumnos).
- Material audiovisual generado por docentes de la cátedra, en diferentes formatos que aportan información de carácter obligatorio para la asignatura y de carácter complementaria, de interés para los alumnos.

El aula virtual es la vía por la que se realiza el intercambio de información entre docentes y estudiantes durante la cursada, a través de ella se informa cuáles serán los temas a desarrollar en las clases, si esta será de modalidad teórica, práctica o combinación de ambas, las fechas y lugar de realización de los trabajos prácticos, la fecha de entrega de informes y notas correspondientes a las evaluaciones parciales, modalidad y fecha del coloquio y toda otra comunicación que sea necesaria, dado que es éste el canal de comunicación institucional.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN



La evaluación se realiza por medio de DOS (2) exámenes parciales teórico-prácticos que integran los temas desarrollados en el período que abarcan los mismo y cuyos criterios de aprobación serán fijados por la cátedra e informados con anterioridad.

El resultado de la evaluación del estudiante estará expresado en números enteros dentro de la escala del UNO (1) al DIEZ (10).

Para la aprobación de los parciales, se requerirá como mínimo SEIS (6) puntos en los mismos, o en los respectivos recuperatorios. Los parciales que no se aprueben pueden ser recuperados según lo establecido en el Reglamento de Estudios de la Universidad Tecnológica Nacional.

El método de evaluación se informa en la presentación de la asignatura y en las pautas de la cátedra, que se dejan a disposición en el Aula Virtual de la cátedra desde el inicio de la cursada.

Requisitos de regularidad

Para regularizar la asignatura y así estar habilitado para rendir la evaluación final, o la aprobación directa, los estudiantes deben aprobar las instancias de exámenes parciales, aprobar los Trabajos Prácticos, y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente.

Requisitos de aprobación

Aprobar el examen final.

Requisitos de aprobación directa (Promoción):

Esta asignatura se encuadra dentro de la modalidad de “Nivel de exigencia equivalente”, esto significa que la manera en la que los temas son abordados en cada instancia de evaluación resultan mayormente no vinculantes.

Para lograr la Aprobación Directa, el estudiante deberá satisfacer lo siguiente:

-Aprobar el primer parcial y el segundo parcial con 8 (OCHO) o más puntos, con una cantidad de recuperatorios permitidos de 1 (UNO) en total - reemplazando indefectiblemente la calificación obtenida previamente (en caso que tuviera el parcial aprobado, notas 6 o 7, en primera instancia).



-Aprobar los informes con todos los contenidos solicitados, respetando las fechas de entregas estipuladas. (Condición excluyente para esta modalidad).

-Contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Articulación vertical con asignaturas de niveles anteriores

Esta asignatura articula verticalmente con materias correspondientes a otros niveles de la carrera los cuales se especifican a continuación:

-Asignaturas Básicas de la Ingeniería tales como "Introducción a la Ingeniería Química", "Análisis Matemático I", "Física I", "Química", "Análisis Matemático II", "Física II", "Fundamentos de Informática", "Inglés II" y "Sistemas de Representación", brindan contenidos que son sustento para la comprensión de los conceptos a desarrollar durante todas las unidades temáticas, adicionando los aportes de "Ingeniería y Sociedad" asignatura en la que desarrolla el conocimiento del papel desempeñado por la tecnología en la sociedad.

La asignatura "Introducción a equipos y procesos" desarrolla los temas trabajo, energía, viscosidad que son aplicables en las unidades temáticas que se detallan: dinámica de los fluidos, ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos, relaciones integrales para un volumen de control, ecuaciones de variación para sistemas no isotérmicos y transporte de Interfase en sistemas no isotérmicos.

Articulación horizontal con asignaturas del mismo nivel

Esta asignatura se articula horizontalmente con materias correspondientes al mismo nivel de la carrera, abordando conocimientos que de esta manera se complementan y comparten.

La asignatura "Termodinámica" trata los temas balance de energía, ecuación de Bernoulli, aplicación del primer y segundo principio en turbo máquinas que articulan con los temas abordados en las siguientes unidades temáticas de Fenómenos de Transporte: ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos, relaciones Integrales para un volumen de control, ecuaciones de variación para sistemas no isotérmicos y transporte de Interfase en sistemas no isotérmicos.



La asignatura “Balances de Masa y Energía” rescata los temas balances macroscópicos de masa y energía y, balances en estado no estacionario que articulan con los temas llevados a cabo en las siguientes unidades temáticas: relaciones integrales para un volumen control, distribución de temperatura con más de una variable independiente y transporte de interfase en sistemas isotérmicos.

Articulación vertical con asignaturas de niveles posteriores

Esta asignatura se articula verticalmente con materias correspondientes a otros niveles de la carrera, recuperando conocimientos previos para las siguientes asignaturas.

Para la asignatura “Operaciones Unitarias I”, al abordar los siguientes temas: ecuación de Bernoulli, cálculo del factor de fricción para Fluidos Newtonianos y no Newtonianos en régimen laminar y turbulento, turbo máquinas: bombas centrífugas y también el análisis dimensional de similitud y semejanza de bombas centrífugas.

Para la asignatura “Operaciones Unitarias II” al tratar los siguientes temas: transferencia de masa Ley de Fick, análisis dimensional y coeficientes peliculares.

Para la asignatura “Tecnología de la Energía Térmica”, al recuperar los siguientes temas: mecanismos de transferencia de calor tales como conducción, convección y radiación, cálculos de coeficientes y uso de correlaciones.

Para la asignatura “Ingeniería de las Reacciones Químicas”, por desarrollar los temas: balances de cantidad de movimiento, energía y masa, transferencia de calor y difusividad y mecanismos de transporte de materia.

Para el “Proyecto Final” junto con el resto de las asignaturas de la carrera, ya que en conjunto proveen al estudiante las herramientas para su desarrollo.

El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por el Departamento de Ingeniería Química, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas. También se trabaja en continua comunicación entre el plantel docente de la cátedra con el fin de aunar criterios en los casos en que sea necesario.



CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Clase	Tema	Modalidad de dictado
1	Presentación de la asignatura. Explicación de criterios de evaluación, modalidad de cursada, de Trabajos Prácticos de Laboratorio. Viscosidad de fluidos Newtonianos y No-Newtonianos. Influencia de la temperatura y la presión sobre la viscosidad. Estimación de la viscosidad de mezclas gaseosas a bajas densidades. Mecanismos de Transporte de Cantidad de Movimiento (Teórico-práctico)	Presencial
2	Viscosidad y Mecanismos de Transporte de Cantidad de Movimiento (Práctico) - Desarrollo del TP: Simulación.	Presencial
3	Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos. Condiciones de contorno. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. (Teórico-práctico)	Presencial
4	Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos. Condiciones de contorno. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. (Práctico). Desarrollo TP Laboratorio N°1	Presencial
5	Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. (Teórico-práctico)	Presencial
6	Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. (Práctico) - Desarrollo TP Laboratorio N°2	Presencial
7	Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. (Teórico-práctico)	Presencial
8	Relaciones Integrales para un Volumen de Control. Conservación de la masa. Balance de cantidad de movimiento. (Teórico-práctico)	Presencial
9	Relaciones Integrales para un Volumen de Control. Conservación de la masa. Balance de cantidad de movimiento. (Práctico)	Presencial
10	Relaciones Integrales para un Volumen de Control. Ecuación de la energía y momento de la cantidad de movimiento. Ecuación de Bernoulli para flujo sin fricción. (Teórico-práctico)	Presencial
11	Análisis Dimensional y Similitud. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Principio de homogeneidad dimensional. Teorema de Pi. Números adimensionales para mecánica de los fluidos. Diseño por similitud. (Teórico-práctico)	Presencial
12	Análisis Dimensional y Similitud. Principio de homogeneidad dimensional. Teorema de Pi. Números adimensionales para mecánica de los fluidos. Diseño por similitud. (Teórico-práctico)	Presencial
13	Transporte de interfase en sistemas isotérmicos. Factor de fricción para flujo en tubos. Aplicaciones del balance macroscópico con fricción. Descarga de Tanques. (Teórico-práctico)	Presencial
14	Transporte de interfase en sistemas isotérmicos. Factor de fricción para flujo en tubos. Aplicaciones del balance macroscópico con fricción. Descarga de Tanques. (Práctico) - Desarrollo TP Laboratorio N°3	Presencial
15	Conductividad calorífica y mecanismos de transporte de energía. Ley de Fourier de la conducción. Ley de Newton de la convección. Ley de Stefan-Boltzman de la radiación térmica. Variación de la conductividad calorífica de gases y líquidos con la temperatura y presión. Conductividad de los sólidos. Balance de energía aplicado a una envoltura y condiciones de contorno. Paredes compuestas planas, cilíndricas y esféricas. (Teórico-práctico)	Presencial
16	Conductividad calorífica y mecanismos de transporte de energía. Ley de Fourier de la conducción. Ley de Newton de la convección. Ley de Stefan-Boltzman de la radiación térmica. Variación de la conductividad calorífica de gases y líquidos con la temperatura y presión. Conductividad de los sólidos. Balance de energía aplicado a una envoltura y condiciones de contorno. Paredes compuestas planas, cilíndricas y esféricas. (Práctico)	Presencial
17	Repaso-Consultas	Presencial
18	Primer parcial	Presencial
19	Distribución de temperatura en sólidos. Conducción del calor con generación eléctrica, nuclear y viscosa. (Teórico-práctico)	Presencial
20	Distribución de temperatura en sólidos. Conducción del calor con generación eléctrica, nuclear y viscosa. (Práctico)	Presencial
21	Transferencia de calor desde superficies extendidas. Sistemas conducción-convección. Aletas. (Teórico-práctico)	Presencial
22	Transferencia de calor desde superficies extendidas. Sistemas conducción-convección. Aletas. (Práctico) - Desarrollo TP Laboratorio N°4	Presencial
23	Distribución de temperatura con más de una variable independiente. Conducción en Estado no Estacionario en sólidos. Modelo de carga concentrada para lámina finita, esfera y cilindro. Calentamiento de una lámina semiinfinita. Calentamiento de la lámina finita. (Teórico-práctico)	Presencial



24	Distribución de temperatura con más de una variable independiente. Conducción en Estado no Estacionario en sólidos. Modelo de carga concentrada para lámina finita, esfera y cilindro. Calentamiento de una lámina semiinfinita. Calentamiento de la lámina finita. (Teórico-práctico) Desarrollo TP Laboratorio N°5	Presencial
25	Distribución de velocidad con más de una variable independiente. Teoría de capa límite. Flujo en las inmediaciones del borde de ataque de una lámina plana. Capa límite con gradiente de presión. Flujo externo. Transferencia de Calor en Interfase. Convección Forzada. Ecuación de la energía térmica. Aplicación a flujo laminar y flujo turbulento. Capa límite térmica. Transferencia de calor por convección en conductos cerrados. Transferencia de calor por convección en flujo laminar en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo turbulento en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo alrededor de objetos sumergidos. Flujo sobre una placa plana. Flujo alrededor de esferas. Convección Natural. Convección Natural sobre placa plana. Convección Natural sobre cilindros. Convección Natural alrededor de esferas. (Teórico-práctico)	Presencial
26	Distribución de velocidad con más de una variable independiente. Teoría de capa límite. Flujo en las inmediaciones del borde de ataque de una lámina plana. Capa límite con gradiente de presión. Flujo externo. Transferencia de Calor en Interfase. Convección Forzada. Ecuación de la energía térmica. Aplicación a flujo laminar y flujo turbulento. Capa límite térmica. Transferencia de calor por convección en conductos cerrados. Transferencia de calor por convección en flujo laminar en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo turbulento en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo alrededor de objetos sumergidos. Flujo sobre una placa plana. Flujo alrededor de esferas. Convección Natural. Convección Natural sobre placa plana. Convección Natural sobre cilindros. Convección Natural alrededor de esferas. (Teórico)	Presencial
27	Ecuaciones de variación para sistemas no isotérmicos. Ecuaciones de movimiento para convección forzada y libre. Transmisión de calor por convección libre desde una placa vertical. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Transferencia de calor con cambio de fase. Desarrollo TP Laboratorio N°6	Presencial
28	Ecuaciones de variación para sistemas no isotérmicos. Ecuaciones de movimiento para convección forzada y libre. Transmisión de calor por convección libre desde una placa vertical. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Transferencia de calor con cambio de fase. (Práctico)	Presencial
29	Difusividad y Mecanismos de Transporte de Materia. Definiciones de concentración, velocidades y densidad de flujo de materia. Ley de Fick de la difusión. Variación de la difusividad con la presión y la temperatura. (Teórico-práctico)	Presencial
30	Distribución de concentración en flujo laminar. Difusión a través de una película gaseosa estanca. Difusión con reacción química homogénea. Difusión con reacción química heterogénea. Difusión de una película líquida descendente. Analogías entre las tres transferencias estudiadas. (Teórico-práctico)	Presencial
31	Repaso-Consultas	Presencial
32	Segundo Parcial	Presencial

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Bird R.B., Stewart W., Lighfoot Edwin (2007). *Fenómenos de Transporte*. Limusa Wiley.

Cengel Yunus, Cimbala J. (2018). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones*.

McGraw Hill.

Coulson, J.M., Richardson J.F., Tomos I, II, III, VI (1999). *Chemical Engineering*.

Butterworth - Heinemann.

Coulson, J.M., Richardson J.F., Tomos I, II, IV, V (1977). *Ingeniería Química*. Reverté.

Holman, J.P. (1990). *Heat Transfer*. Mc. Graw Hill.

Holland, F.A. (1980). *Flujo de fluidos para Ingenieros Químicos*. Géminis.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

- Holland, F.A., Bragg R. (1995). *Fluid Flow for Chemical Engineers*. Butterworth - Heinemann - Elsevier.
- Levenspiel, O. (2018). *Flujo de fluidos e Intercambio de calor*. Ed. Reverté.
- Levenspiel, O. (2018). *Flujo de fluidos intercambio de calor*. Reverté.
- Perry, Robert H. and Green, Don W. (2007). *Manual del Ingeniero Químico*. Ed. McGraw Hill Publishing Co.
- Shames, I.H. (1995). *Mecánica de fluidos*. Ed. McGraw Hill.
- Streeter, V.L., Wylie E. W. y Bedford K.W. (2000). *Mecánica de los fluidos*. Ed. McGraw-Hill.
- White, F.M., (2004). *Mecánica de fluidos*. McGraw Hill.
- White, F.M. (2008). *Mecánica de fluidos*. McGraw Hill.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Bird R.B., Stewart W., Lightfoot Edwin (1964). *Fenómenos de Transporte*. Ed. Reverté.
- Bird R.B., Stewart W.E. y Lightfoot E. N. (1976). *Fenómenos de Transporte*. Reverté
- Brodkey, R. - Hershey, H. (1988). *Transport Phenomena*. McGraw Hill.
- Crosby E. J. (1968). *Experimentos sobre Fenómenos de Transporte en las Operaciones Unitarias de la Industria Química*. Crat.
- Cussler, E. (2008). *Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems*. Cambridge University Press.
- Gerhart P., Gross R. y Hochstein J. (1992). *Mecánica de Fluidos*. 2da Ed. Addison Wesley Iberoamericana.
- Holland, F. A. (1980). *Flujo de fluidos para ingenieros químicos*. Géminis.
- McCABE-SMITH (1969). *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química I y II*. Ed. Reverte.
- Perry Robert H. and Green Don W. (2001). *Manual del Ingeniero Químico*. McGraw Hill Publishing Co.
- Shapiro, A.H (1977). *Formas y fluidos*. EUDEBA.
- Rice, R. G., Duong D. (2012). *Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers*. John Wiley & Sons.
- Vian, A., Ocón, J., (1979). *Elementos de Ingeniería Química*. Aguilar.