UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías
División de Ingenierías
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

1. INFORMACIÓN DEL CURSO:

Nombre: Transferencia de Calor y Masa		**Número de créditos:** 9
Departamento: Ingeniería Química		**Carga total de horas por cada semestre:** 64
Clave: I3300	**NRC:** 38447/x	**Horas por semana bajo conducción docente: 4**

2. INFORMACIÓN DEL PROFESOR:

Nombre del profesor:	**Página web del curso:**
Correo electrónico:	**Teléfono:**
Horario de atención:	

3. DISPOSICIONES GENERALES PARA EL CURSO:

En la asignatura se presentan los conocimientos físicos y termodinámicos que permitan comprender los conceptos propios de la transferencia de calor y masa a través del análisis de los diferentes mecanismos de transporte de energía calorífica, de diferencia de concentración y la aplicación de los mismos en ingeniería de alimentos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

El alumno describirá los diferentes mecanismos de transferencia de calor y masa. Además, aplicará los modelos matemáticos de cada uno de ellos al análisis de las operaciones unitarias de transferencia de calor y masa, con el fin de diseñar equipos de proceso.

4.2 Objetivos Particulares:

1. Comprender los mecanismos de transferencia de calor.
2. Modelar transferencia de calor por conducción, convección y radiación.
3. Aplicar los conceptos y modelos de transferencia de calor al diseño de intercambiadores de calor y evaporadores.
4. Comprender los mecanismos de transferencia de masa.
5. Modelar la transferencia de masa por difusión y convección.
6. Aplicar los conceptos y modelos de transferencia de masa al diseño de equipo de proceso de transferencia de masa.

5. COMPETENCIA(S) A DESARROLLAR

Resolución de problemas de la práctica profesional: integración y aplicación de conocimientos y habilidades.
Organización: argumentación y debate ante colegas, verificar consenso, centrar al grupo en su trabajo, regular el tiempo de trabajo.
Toma de decisiones.
Interpersonales: Expresar desacuerdos, reducir tensiones y mediar conflictos.

6. PROGRAMA DEL CURSO:

Contenido temático	Semana	Fecha	Horas	Competencias a desarrollar	Actividades del Profesor*	Actividades del alumno*
1.1 **Unidad temática 1: Transferencia de calor por conducción** 1.1. Mecanismo de conducción de calor. 1.2. Ecuación general de la conducción. 1.2.1. Coordenadas rectangulares. 1.2.2. Coordenadas cilíndricas. 1.2.3. Coordenadas esféricas. 1.3. Condiciones de frontera. 1.4. Generación de calor en un sólido. 1.5. Conducción en estado estacionario. 1.5.1. El concepto de resistencia térmica. 1.5.2. Redes de resistencias térmicas. 1.6. Radio crítico aislante. 1.7. Transferencia de calor desde superficies extendidas.	1 2 3		 2 2 2 2	Identifica y comprende el mecanismo básico de conducción en la transferencia de calor. Identifica, obtiene y resuelve la ecuación diferencial de la conducción de calor en varios sistemas coordenados. Identifica y aplica las condiciones térmicas en las superficies y las expresa en forma matemática como condiciones de frontera e inicial para resolver problemas Analiza la conducción de	• Presenta al alumno los conceptos y bases físicas para la conducción de calor. Deriva las ecuaciones que rigen a la conducción de calor. Establece las bases para determinar las condiciones de frontera que aplican para un caso particular. Induce a los estudiantes para que piensen y expresen ejemplos de aplicaciones prácticas de la conducción de	• Adquiere las bases del transporte de calor por conducción considerando aplicaciones reales y sencillas. Interactúa con sus compañeros mediante pensamiento crítico para retroalimentar la exposición del profesor. • Resuelve en conjunto con sus compañeros de equipo problemas interactuando con ellos y con el profesor para estructurar la solución adecuada del problema.

1.7.1. Ecuaciones de aletas. 1.7.2. Eficiencia de la aleta. 1.7.3. Efectividad de la aleta. PREPARACION PARA EL EXAMEN No 1 EXAMEN PARCIAL NO. 1	 4 4		1 1 2 2	calor en sólidos en los que se presenta la generación de calor. Identifica y comprende el concepto de resistencia térmica y sus limitaciones. Desarrolla redes de resistencias térmicas y resuelve problemas Comprende el concepto de radio crítico. Analiza las superficies con aletas y resuelve las ecuaciones para determinar con cuanta eficiencia y efectividad las aletas mejoran la transferencia térmica. Obtiene y resuelve ecuaciones de calor para los problemas en estado estacionario en dos dimensiones. Expresa las derivadas como diferencias y obtiene las formulaciones como diferencias finitas.	calor, retroalimentando y complementando sus ejemplos en caso necesario. • Da ejercicios a los alumnos para que los resuelvan en equipos y se desplaza entre equipos para guiar y resolver dudas durante el proceso. Al final retroalimenta y da solución a los problemas que no hayan podido resolver todos los equipos.	
Unidad temática 2: Transferencia de calor por convección 2.1. Fundamentos de la convección. 2.1.1. Clasificación de flujo de fluidos. 2.1.2. Capa límite de velocidad y capa límite térmica. 2.1.3. Deducción de las diferenciales de la convección. 2.1.4. Solución de las ecuaciones de convección para una placa plana. 2.1.5. Analogías entre la cantidad de movimiento y la transferencia	5		 4	Identifica y comprende el mecanismo físico de la convección y su clasificación. Distingue entre los diferentes flujos que se presentan, comprende los mecanismos de la transferencia de calor y la cantidad de movimiento en el flujo turbulento. Deduce las ecuaciones diferenciales que rigen la convección sobre la base de	• Presenta al alumno los conceptos y bases físicas para la transferencia de calor por convección. Deriva las ecuaciones que rigen el transporte convectivo. Establece las bases para determinar las condiciones de frontera que aplican para un	• Adquiere las bases del transporte de calor por conducción considerando aplicaciones reales y sencillas. Interactúa con sus compañeros mediante pensamiento crítico para retroalimentar la exposición del profesor. • Resuelve en conjunto con sus compañeros de equipo problemas interactuando con ellos y con el profesor para estructurar la solución

de calor. 2.2. Convección externa forzada. 2.2.1. Fuerza de resistencia al movimiento y transferencia de calor en flujos externos. 2.2.2. Flujo paralelo sobre placas y alrededor de cilindros y esferas. 2.2.3. Flujo sobre un banco de tubos. 2.3. Convección interna forzada. 2.3.1. Velocidad y temperatura promedio en flujo laminar y turbulento. 2.3.2. Longitudes de entrada. 2.3.3. Análisis general 2.3.4. Flujo laminar y turbulento en tubos. 2.4. Convección natural 2.4.1. Ecuación de movimiento y el número de Grashof. 2.4.2. Convección natural sobre superficies. 2.5. Convección con cambio de fase. 2.5.1. Ebullición en un estanque. 2.5.2. Ebullición en flujo. 2.5.3. Transferencia de calor en la condensación.	6

PREPARACION PARA EL EXAMEN NO 2 EXAMEN PARACIAL NO 2	8 8		2 2	números adimensionales en la convección natural al asociarlos con las diferentes superficies para su análisis. Identifica y comprende el mecanismo de convección con cambio de fase. Comprende la diferencia entre evaporación y ebullición. Comprende, desarrolla y analiza la curva de ebullición y los diferentes regímenes. Calcula el flujo de calor y el valor crítico asociado con la ebullición nucleada. Obtiene y calcula la relación para el coeficiente de trasferencia de calor en la condensación de una película laminar sobre una placa vertical.		
Unidad temática 3: Transferencia de calor por radiación 3.1. Naturaleza corpuscular de la radiación. 3.2. Radiación de cuerpo negro. 3.3. Intensidad de la radiación. 3.3.1. Ángulo sólido. 3.3.2. Intensidad de la radiación emitida. 3.3.3. Radiación incidente. 3.3.4. Radiosidad.	9		2 2	**I**dentifica y comprende el mecanismo básico de la radiación en la transferencia de calor. Comprende lo que es un cuerpo negro idealizado. Comprende los conceptos de intensidad de radiación, calcula la potencia de emisión de cuerpo negro y la fracción de radiación emitida en una banda especificada	• Presenta al alumno los conceptos y bases físicas para la transferencia de calor por radiación. Deriva las ecuaciones que rigen el transporte de calor por radiación. Establece las bases para determinar las condiciones de frontera que aplican para un caso	• Adquiere las bases del transporte de calor por radiación considerando aplicaciones reales y sencillas. Interactúa con sus compañeros mediante pensamiento crítico para retroalimentar la exposición del profesor. • Resuelve en conjunto con sus compañeros de equipo problemas interactuando con ellos y con el

3.3.5. Cantidad espectral. 3.4. Propiedades de la radiación. 3.4.1. Emisividad. 3.4.2. Absortividad, reflectividad y transmisividad. 3.4.3. Ley de Kirchhof. 3.4.4. Efecto de invernadero. 3.5. El factor de visión. 3.6. Relaciones del factor de visión 3.6.1. La relación de reciprocidad. 3.6.2. La regla de la suma. 3.6.3. La regla de la superposición. 3.6.4. La regla de la simetría.	10		4	de longitud de onda, y aplica las funciones de cuerpo negro. Comprende y analiza las propiedades de emisividad, absortividad, reflectividad y transmisividad sobre una base espectral. Aplicar la ley de Kirchhof para el cálculo de la absortividad de una superficie. Comprende el concepto de efecto de invernadero.	particular. Induce a los estudiantes para que piensen y expresen ejemplos de aplicaciones prácticas de la convección de calor, retroalimentando y complementando sus ejemplos en caso necesario.	profesor para estructurar la solución adecuada del problema.
3.7. Transferencia de calor por radiación: Superficies negras. Transferencia de calor por radiación: Superficies grises.	11		4	Identifica y comprende el factor de visión. Define el factor de visión y su importancia en los cálculos de trasferencia de calor. Desarrolla relaciones de factor de visión, y calcula factores de visión desconocidos en un recinto aplicando las relaciones. Calcula la transferencia de calor por radiación en superficies negras. Comprende, analiza y calcula la trasferencia de calor por radiación en superficies difusas y grises en un recinto usando el concepto de radiosidad.	• Da ejercicios a los alumnos para que los resuelvan en equipos y se desplaza entre equipos para guiar y resolver dudas durante el proceso. Al final retroalimenta y da solución a los problemas que no hayan podido resolver todos los equipos.	
PREPARACION PARA EXAMEN 3	12		2			
EXAMEN PARCIAL 3	12		2			

Unidad temática 4: Intercambiadores de calor 4.1. Tipos de intercambiadores de calor. 4.2. El coeficiente total de trasferencia de calor. 4.2.1. Factor de incrustación. 4.3. Análisis de los intercambiadores de calor. 4.4. Método de la diferencia media logarítmica de temperatura (LMTD). Método de efectividad: Número de unidades de transferencia (NTU).	13 14		4 4	Identifica y distingue los diferentes tipos de intercambiadores de calor. Conoce y analiza el factor de incrustación sobre las superficies de intercambio de calor. Desarrolla, calcula y analiza el coeficiente de transferencia de calor total para un intercambiador de calor. Analiza las formas de intercambio de energía en los intercambiadores de calor. Conoce, expresa y desarrolla la ecuación de diferencia media logarítmica de temperatura para algunas configuraciones de intercambiadores de calor. Estima el factor de corrección y calcula configuraciones complejas de intercambiadores de calor. Conoce, expresa y desarrolla las relaciones de efectividad. Estima y analiza los intercambiadores de calor cuando no se conocen las temperaturas de salida. Aplica y calcula el método de efectividad. Conoce las consideraciones básicas en la selección de intercambiadores de calor.	• Presenta al alumno los diversos tipos de intercambiadores de calor y los factores que afectan a los mismos mediante el análisis de éstos. Presenta los métodos para la determinación de los perfiles de temperatura en casos que no tienen solución exacta. Induce a los estudiantes para que piensen y expresen ejemplos de aplicaciones prácticas de la convección de calor, retroalimentando y complementando sus ejemplos en caso necesario. • Da ejercicios a los alumnos para que los resuelvan en equipos y se desplaza entre equipos para guiar y resolver dudas durante el proceso. Al final retroalimenta y da solución a los problemas que no hayan podido resolver todos los equipos.	• Adquiere los conocimientos para identificar y analizar los diversos tipos de sistemas y equipo utilizado para el intercambio de calor. Interactúa con sus compañeros mediante pensamiento crítico para retroalimentar la exposición del profesor. • Resuelve en conjunto con sus compañeros de equipo problemas interactuando con ellos y con el profesor para estructurar la solución adecuada del problema.

Unidad temática 5: Transferencia de Masa 5. Tipos de mecanismos de transferencia de masa 5.1 Definición de convección y 5.2 Similitud y diferencias de los fenómenos de transporte 5.3 Difusión de masa 5.4 Ley de Fick 5.5 Coeficientes de difusión 5.6 Transferencia de masa por convección 5.7 Ecuación diferencial para la trasferencia de masa (ecuación de continuidad) 5.8 Coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas 5.9 Condiciones iniciales y de frontera 5.10 Sistemas unidimensionales asociados con reacción química	15		4	En esta última parte del curso el estudiante será capaz de entender la Transferencia de Masa en similitud a todo lo que ha aprendido de Transferencia de Calor, principalmente Transporte conductivo y convectivo, además los números adimensionales son similares entre los dos tipos de Transporte.	• Presenta al alumno los diversos tipos de evaporadores y métodos para llevar a cabo la evaporación. Presenta los métodos para el cálculo de sistemas de evaporación en una o múltiples etapas. Induce a los estudiantes para que piensen y expresen ejemplos de aplicaciones prácticas de la convección de calor, retroalimentando y complementando sus ejemplos en caso necesario.	• Adquiere los conocimientos para identificar y analizar los sistemas y equipo utilizado para el proceso de evaporación. Interactúa con sus compañeros mediante pensamiento crítico para retroalimentar la exposición del profesor. • Resuelve en conjunto con sus compañeros de equipo problemas interactuando con ellos y con el profesor para estructurar la solución adecuada del problema.
5.11 Números adimensionales en la transferencia de masa. Producto Integrador Final de la UA o Asignatura	16		4		• Da ejercicios a los alumnos para que los resuelvan en equipos y se desplaza entre equipos para guiar y resolver dudas durante el proceso. Al final retroalimenta y da solución a los problemas que no hayan podido resolver todos los equipos.	
PREPARACION PARA EL EXAMEN 4	17		2			
EXAMEN PARCIAL 4	17		2			

7. CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

1. **Exámenes parciales (4) 100%**

NOTAS:

1. **Los exámenes parciales son a libro cerrado y no está permitido consultar ninguna información sobre el curso. La duración del examen es variable según los temas evaluados y son estrictamente individuales.**
2. **La calificación final se obtendrá por promedio, no habrá reposición de exámenes, ni examen final.**
3. **Si no se realiza un examen parcial su calificación es cero, si existiera una razón válida que impida la realización de algún examen parcial, el alumno deberá entregar el justificante con anterioridad o hasta 7 días hábiles después de la fecha de aplicación del examen a justificar. En caso de no realizar lo anterior su nota será cero.**
4. **La nota aprobatoria es de 60 en una escala de 0 a 100. Para el acta de calificaciones las notas intermedias entre 60 y 100 no se redondean al entero correspondiente.**
5. **Las tareas serán entregadas al inicio de la clase el día que se indique y deberán presentar los siguientes requisitos:**

- **Indicar en la parte superior el nombre del alumno, código y el título de la tarea correspondiente.**
- **Escritas a mano con tinta negra o azul y debidamente engrapadas.**
- **No se calificarán tareas que no presenten orden y claridad.**
- **No se recibirán tareas atrasadas.**

8. RECURSOS DE APOYO.

Título	Autor	Editorial, fecha
Transferencia de Calor y Masa: un enfoque práctico	Yunus A. Cengel	Mc Graw Hill, Tercera Edición
Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación	Christie John Geankoplis	CECSA, Cuarta edición
Introducción a la Ingeniería de alimentos	R. Paul Singh, Dennis R. Heldman	Acribia S. A. Segunda Edición
Solving Problems in Food Engineering	Stavros Yanniotis	Springer
Case Studies in Food Engineering	J. Peter Clark	Springer