

PROGRAMA DE CURSO TRANSFERENCIA DE CALOR

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Mecánica (DIMEC)					
Nombre del curso	Transferencia de calor	Código	ME4140	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Heat transfer</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	ME3240: Termotecnia					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen metodologías analíticas y numéricas para predecir flujos de calor en sistemas conductivos, convectivos y radiativos.

Los conceptos físicos y la capacidad de cálculo para estos fenómenos son reforzados mediante experiencias de laboratorio. El curso considera una introducción al diseño de equipos de intercambio térmico, de gran importancia en proyectos de ingeniería en Termofluidos.

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

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.

CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizadas para ello.

CE4: Diseñar componentes, equipos y sistemas mecánicos para la industria y la generación de energía.

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.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Formula problemas de transferencia de calor por conducción, convección y radiación en base a los principios básicos y a los sistemas de ecuaciones diferenciales que gobiernan los distintos fenómenos.
	RA2: Aplica técnicas analíticas y numéricas para resolver problemas de intercambio térmico que involucren uno o más modos de transferencia, considerando el procesamiento de datos o resultados experimentales, así como principios básicos de transferencia de calor.
CE2, CE4	RA3: Aplica los fundamentos y metodologías de la transferencia de calor al dimensionamiento de intercambiadores de calor simples, seleccionando y usando datos de propiedades físicas y resultados empíricos para determinar flujos de calor.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Redacta reportes de laboratorio sobre la comprobación de leyes físicas de transferencia de calor y el desempeño de equipos intercambiadores, informando, con lenguaje profesional preciso, los resultados de mediciones, procesamiento de datos o resultados experimentales.
	RA5: Informa, por escrito, de manera clara y con lenguaje profesional, los resultados de tareas donde se analizan diseños o se resuelven problemas de transferencia de calor.
CG1, CG2	RA6: Lee, de manera comprensiva y analítica, en español e inglés, textos sobre transferencia de calor, a fin de relacionar información útil para la comprensión de fenómenos térmicos y su uso en cálculos.
CG4	RA7: Trabaja organizadamente con su equipo, considerando las labores a realizar, la distribución de roles y responsabilidad para el objetivo común, en el contexto de un desempeño profesional acorde a las exigencias de la tarea.
CG5	RA8: Analiza fenómenos de transferencia de calor y la eficiencia energética en relación con la segunda ley de la termodinámica, control de irreversibilidades, comparando aplicaciones tecnológicas tradicionales/modernas que incluyen energías renovables no convencionales.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA3	Modos de transferencia de calor	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Descripción de los modos de transferencia de calor: 1.1.1. Conducción. 1.1.2. Convección. 1.1.3. Radiación térmica.		El/la estudiante: 1. Identifica mecanismos mediante los cuales se transfiere calor (conducción, convección y radiación térmica). 2. Determina la importancia de la transferencia de calor en el sistema de las ciencias aplicadas.	
Bibliografía de la unidad		[2] cap. 1	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA4, RA5, RA6, RA7	Fundamentos de conducción	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Ley de Fourier. 2.2. Ecuación del calor en diversos sistemas coordenados. 2.3. Condiciones iniciales y de borde.		El/la estudiante: 1. Formula problemas de conducción de calor mediante la ecuación del calor, considerando sus condiciones de borde e iniciales. 2. Identifica los efectos físicos y los términos relevantes a cada situación en la ecuación del calor. 3. Resuelve problemas de conducción, aplicando condiciones de borde de tipos Dirichlet, Neumann y Robin. 4. Redacta de manera clara y coherente textos breves sobre conducción, considerando en la entrega de sus resultados el uso de gráficos, tablas, figuras, entre otros. 5. Lee de manera comprensiva en inglés y español sobre fundamentos de conducción. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. *	
Bibliografía de la unidad		[1] cap.2 [2] cap.2	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA8	Conducción unidireccional estacionaria	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Conducción a través de cuerpos. 3.2. Resistencias térmicas en placas, cilindros y esferas. 3.3. Sistemas con generación interna de calor. 3.4. Conducción a lo largo de cuerpos: aletas de enfriamiento. 3.5. Aislamiento térmico (ahorro de energía).		El/la estudiante: 1. Obtiene soluciones analíticas a problemas de conducción unidireccional permanente. 2. Selecciona y utiliza las propiedades físicas relevantes. 3. Obtiene e interpreta resultados tales como distribuciones de temperatura y flujos de calor, considerando su aplicabilidad a contextos de la ingeniería mecánica. 4. Analiza aspectos asociados al aislamiento térmico, considerando ahorro y eficiencia energética.	
Bibliografía de la unidad		[1] cap.3 [2] cap.3	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Conducción con más de una variable independiente	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Método de separación de variables en conducción permanente y transiente: Placas cilindros y esferas. 4.2. Método de diferencias finitas en conducción permanente y transiente: Discretización de ecuaciones y condiciones. Métodos de resolución de los sistemas de ecuaciones resultantes. 4.3. Interpretación de soluciones numéricas: Diagramas de isotermas y líneas de flujo.		El/la estudiante: 1. Formula y resuelve problemas de conducción 2D o 3D y transientes a partir de la ecuación del calor. 2. Obtiene soluciones analíticas para el campo de temperatura basadas en el método de separación de variables. 3. Resuelve problemas 2D o 3D y transientes por el método de diferencias finitas. 4. Escribe de manera clara y precisa textos breves sobre conducción con más de una variable independiente, respaldando los resultados con gráficos, tablas y figuras. 5. Lee de manera comprensiva y analítica sobre conducción con más de una variable independiente 6. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo.	
Bibliografía de la unidad		[1] caps. 4 y 5 [2] caps. 4 y 5	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3, RA8	Convección forzada	2,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Sistema de ecuaciones de la convección: continuidad, Navier-Stokes y energía térmica. 5.2. Coeficientes convectivos y grupos adimensionales. 5.3. Flujos externos: capa límite sobre placas y cilindros. Soluciones de similitud. 5.4. Flujo interno: tubos o canales. 5.5. Flujo turbulento interno y externo. 5.6. Uso de correlaciones empíricas adimensionales.		El/la estudiante: 1. Formula problemas de convección forzada en forma dimensional y adimensional. 2. Utiliza métodos analíticos para resolver las ecuaciones de movimiento y energía en flujos laminares. 3. Calcula el calor intercambiado entre un sólido y un fluido 4. Obtiene flujos de calor en diversas geometrías y regímenes de flujo con distintos fluidos valiéndose de relaciones empíricas adimensionales. 5. Reconoce cómo su actuar genera efectos futuros, logrando enunciarlos en diferentes dimensiones de la sustentabilidad.	
Bibliografía de la unidad		[1] caps. 6, 7 y 8 [2] caps. 6, 7 y 8	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA1, RA2	Convección natural	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Sistema de ecuaciones de la convección natural. 6.2. Grupos adimensionales característicos 6.3. Correlaciones empíricas para flujo interno y externo.		El/la estudiante: 1. Obtiene flujos de calor en diversas geometrías y regímenes de convección natural con distintos fluidos valiéndose de relaciones empíricas adimensionales. 2. Determina el efecto de la posición de las fuentes de calor en sistemas como climatización de viviendas, enfriamiento de componentes electrónicos, entre otros.	
Bibliografía de la unidad		[1] cap. 9 [2] cap. 9	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA3, RA8	Intercambiadores de calor de tubos concéntricos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
7.1. Ecuación de diseño. 7.2. Coeficiente global de transferencia, diferencia de temperatura media logarítmica, área de intercambio. 7.3. Balances térmicos, efectividad de		El/la estudiante: 1. Dimensiona equipos de intercambio térmico simples. 2. Realiza un análisis crítico del diseño de equipos de intercambio térmico en base a parámetros de desempeño.	

intercambiadores, número de unidades de transferencia.	3. Describe los elementos principales que apuntan a la sustentabilidad en su ámbito disciplinar.
Bibliografía de la unidad	[1] cap. 11 [2] cap. 11

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
8	RA2	Transferencia de calor con cambio de fase	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
8.1. Evaporación por descompresión y por ebullición. 8.2. Curva de ebullición. Ebullición nucleada y flujo de calor crítico. Ebullición en película. 8.3. Condensación en película. 8.4. Evaporadores y condensadores en refrigeración y generación de potencia.		El/la estudiante: 1. Aplica los conceptos básicos de transferencia de calor por ebullición y condensación. 2. Realiza dimensionamientos básicos de evaporadores y condensadores. 3. Analiza sistemas de refrigeración y climatización, así como sistemas térmicos de generación eléctrica por combustibles fósiles y por energía solar.	
Bibliografía de la unidad		[1] cap. 10 [2] cap. 10	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
9	RA1, RA2	Transferencia de calor por radiación térmica	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
9.1. Espectro electromagnético. Absorción transmisión y reflexión. 9.2. Emisión y Ley de Kirchoff: definición de cuerpo negro y cuerpo difuso-gris. 9.3. Intensidad de radiación y factor de forma. 9.4. Sistema de ecuaciones para la radiación en cavidades de cuerpos negros y difuso-grises.		El /la estudiante: 1. Determina intercambios térmicos entre pares de cuerpos, aplicando conceptos de transferencia de calor por radiación térmica. 2. Utiliza métodos analíticos para resolver los intercambios múltiples entre cavidades de cuerpos negros y difuso-grises. 3. Analiza ventajas y desventajas de los sistemas de generación eléctrica por combustibles fósiles y por energía solar térmica.	
Bibliografía de la unidad		[1] caps. 12 y 13 [2] caps. 12 y 13	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera diversas estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Laboratorio.

F. Estrategias de evaluación:

El curso podría considerar las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
-Controles	Con esta actividad se evalúan los RA1, RA2, RA3.
-Informes de laboratorio y/o tareas*	Evalúan de manera progresiva el RA2, RA5, RA6, RA7, RA8.
-Proyecto aplicado	Evalúa los RA1, RA3, RA5, RA6.
-Examen	Evalúa los RA1, RA2, RA3.

*En el caso de que se evalúe por tareas (evaluación complementaria), estas tienen el propósito de que los y las estudiantes resuelvan de manera autónoma problemas que demuestran el conocimiento adquirido sobre las unidades correspondientes, utilizando herramientas. En el caso de los ejercicios, estos cumplen una función similar como evaluación sin herramientas complementarias de trabajo (software, por ejemplo).

Al inicio del semestre, el cuerpo docente informará el tipo y cantidad de evaluaciones que se considerarán. También se señalará la ponderación correspondiente.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Incropera, F.P., De Witt, D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, cuarta edición.
- [2] Cengel, Y.A., Ghajar, A.J. (2011). Transferencia de Calor y Masa, Mc Graw Hill, cuarta edición.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Ramón Frederick
Validado por:	Validación CTD de Mecánica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular