



**PROGRAMA ANALÍTICO**

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**DEPARTAMENTO:** MECÁNICA

**CARRERA:** INGENIERÍA MECÁNICA

**PLAN DE ESTUDIO:** 2005

**MODALIDAD DE CURSADO:** PRESENCIAL

**ORIENTACIÓN:** No posee

**ASIGNATURA:** TRANSFERENCIA DE CALOR Y MATERIA

**CÓDIGO:** 0314

**DOCENTE RESPONSABLE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Jorge Raúl Barral	Master of Science en Ing. Mecánica	Profesor Titular	Exclusiva

**EQUIPO DOCENTE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Jorge Raúl Barral	Master of Science en Ing. Mecánica	Profesor Titular	Exclusiva
Pablo Daniel Galimberti	Magister en Energías Renovables	Profesor Asociado	Exclusiva

**AÑO ACADÉMICO:** 2022

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:** Obligatoria

**RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA:** Cuatrimestral

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO:** 1ER. CUATRIMESTRE DE 4TO. AÑO

**RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0324	0331
0405	0408

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Horas Totales		(60 h.)
Semanales		(4 h.)
Teóricas		(30 h)
Prácticas	Resolución de problemas	(25 h)
	Laboratorio	(5 h)
	Proyecto	(... h)
	Trabajo de campo	(... h)
Teórico-Prácticas		(... h)



## FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

Transferencia de Calor y Materia es una asignatura que contribuye a desarrollar la base conceptual y metodológica del futuro profesional de Ingeniería Mecánica, completando e integrando su fundamentación física matemática trabajada en otras asignaturas de la carrera, e introduciéndolo en aplicaciones tecnológicas aplicadas en el área de las Máquinas Térmicas. Dado su objeto de estudio, esta disciplina desempeña un importante papel en la formación tecnológica del alumno, conectando los conocimientos previos de Termodinámica y Mecánica de los fluidos para avanzar en soluciones teóricas y prácticas de complejos problemas de las ciencias térmicas. A su vez, complementa la formación integral del alumno para apuntar al mejoramiento de los procesos en búsqueda de un profesional comprometido con la sociedad y el medio ambiente. El estudio del programa se realiza a través de las leyes básicas de conducción, convección y radiación del calor, cerrando con el estudio de los intercambiadores de calor. Se sigue un orden lógico en el desarrollo del curso, considerando aspectos históricos relacionados con el desarrollo de esta especialidad y sus métodos, que se consideren primordiales para el logro objetivos educativos contextualizados e integrales. Con el proceso de enseñanza-aprendizaje que se brinda en este curso de transferencia de calor y materia, se pretende preparar al estudiante en el entendimiento de los fenómenos que permiten el funcionamiento de las máquinas térmicas y procesos de calefacción y refrigeración, dándole las bases tanto para una eventual profundización en caminos investigativos de la ciencia, como así también capacitándolo para la interpretación de los procesos y funcionamientos de las aplicaciones ingenieriles actuales y futuras que afrontará en su trabajo profesional.

### OBJETIVOS PROPUESTOS:

#### OBJETIVOS GENERALES

Se espera que el alumno:

- Conozca e interprete los conceptos básicos, las razones físicas y principios fundamentales de la Transferencia del Calor.
- Totalice los contenidos de la asignatura con los correspondientes a materias afines del ciclo básico y medio y esté preparado para integrarlos con los de las materias del ciclo superior, de forma tal de entender el uso de la Transferencia del Calor en problemas de Ingeniería.
- Comprenda la fundamentación experimental y teórica de la Transferencia del Calor y conozca la formulación matemática que la sustenta, como así también las herramientas necesarias para la resolución de casos prácticos.
- Adquiera habilidad en la aplicación de su conocimiento teórico en problemas reales, teniendo en cuenta las hipótesis simplificativas, alcances y limitaciones del presente curso.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se pretende que el alumno sea capaz de:

- Comprender los principios físicos de la conducción, convección y radiación, como así también los requerimientos de conservación de la energía, para su aplicación en problemas básicos de Transferencia de Calor.



- b) Manejar con soltura las distintas formas de la ley de Fourier para la conducción del calor y condiciones de borde e iniciales, para la resolución de problemas en donde la unidimensionalidad es aplicable.
- c) Interpretar los enfoques alternativos para la resolución de problemas de conducción de calor en dos dimensiones y servirse de la aplicación de diferencias finitas en casos complejos.
- d) Utilizar los distintos métodos para la solución de casos de conducción del calor transitorios.
- e) Comprender los conceptos de capa límite, aplicados a la transmisión del calor por convección, como así también la importancia de la utilización de números adimensionales y su interpretación física.
- f) Adquirir los conocimientos necesarios para la resolución de problemas de convección del calor forzada dentro de tubos y ductos y sobre superficies exteriores, como así también aquellos problemas vinculados a convección natural.
- g) Comprender los procesos de ebullición y condensación elementales y conocer las ecuaciones semiempíricas que se utilizan para cálculos en problemas básicos de aplicación.
- h) Manejar los conceptos que importan al cálculo y diseño de intercambiadores de calor de distintos tipos y mediante distintos métodos.
- i) Interpretar los conceptos de radiación del calor, sus leyes fundamentales y propiedades de los materiales.
- j) Resolver problemas que involucren transmisión de calor por radiación entre superficies de formas geométricas diversas y distintos acabados superficiales.
- k) Entender los conceptos fundamentales que se utilizan para el estudio de los procesos de transferencia de masa por difusión y utilizar las ecuaciones de aplicación para los distintos casos.

### COMPETENCIAS:

- Competencias genéricas:

- 1.a.2. Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema
- 1.a.3. Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis
- 1.a.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa
- 1.b.1. Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado
- 1.d.4. Ser capaz de usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios
- 4.b.2. Ser capaz de interpretar los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas.
- 6.b.1. Ser capaz de escuchar y aceptar la existencia y validez de distintos puntos de vista.
- 7.b.1. Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita
- 7.b.2. Ser capaz de identificar el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar.
- 8.a.3. Ser capaz de comportarse con honestidad e integridad personal.
- 9.b.3. Ser capaz de evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo.

- Competencias específicas:

**Competencia en Transferencia de Calor y Materia:** Consiste en la habilidad para utilizar y relacionar las leyes básicas de la transferencia de calor por conducción, convección, radiación y difusión de materia, en conjunto con los balances de energía y la dinámica de fluidos, para entender los fundamentos teóricos de los procesos de transferencia de calor y masa en la naturaleza y aplicaciones tecnológicas. Se espera así, que el alumno pueda afrontar y resolver en forma sistemática los problemas prácticos que se plantean



en la especialidad, interpretando desde los conceptos más elementales hasta las posibles implicancias, complejidades y soluciones alternativas que se dan en las tecnologías aplicadas y que se concatenarán en asignaturas posteriores del área térmica en los tramos finales de la carrera.

## **EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:**

### ***CAPÍTULO 1: Introducción***

- 1.1 Termodinámica y transferencia de calor.
- 1.2 Transferencia de calor en la ingeniería.
- 1.3 Calor y otras formas de energía.
- 1.4 Primera ley de la termodinámica.
- 1.5 Mecanismos de transferencia de calor.
- 1.6 Conducción.
- 1.7 Convección.
- 1.8 Radiación.
- 1.9 Mecanismos simultáneos de transferencia de calor.

### ***CAPÍTULO 2: Ecuación de la conducción del calor***

- 2.1 Introducción. Propiedades de los materiales.
- 2.2 Ecuación unidimensional de la conducción de calor
- 2.3 Ecuación general de conducción de calor.
- 2.4 Condiciones de frontera e iniciales.
- 2.5 Resolución de problemas unidimensionales de conducción de calor en régimen estacionario.

### ***CAPÍTULO 3: Conducción del calor en estado estacionario***

- 3.1 La pared plana.
- 3.2 Resistencia térmica por contacto.
- 3.3 Analogía eléctrica. Redes generalizadas de resistencias térmicas.
- 3.4 Sistemas radiales.
- 3.5 Radio crítico de aislamiento.
- 3.6 Transferencia de calor en superficies extendidas. Aletas.

### ***CAPÍTULO 4: Conducción en dos dimensiones y estado estacionario***

- 4.1 Enfoques alternativos.
- 4.2 Método de separación de variables.
- 4.3 Método gráfico.
- 4.4 Ecuaciones de diferencias finitas.
- 4.5 Soluciones utilizando diferencias finitas.

### ***CAPÍTULO 5: Conducción del calor en estado transitorio***

- El método de capacidad térmica concentrada.
- 5.1 La pared plana con convección.
  - 5.2 Sistemas radiales con convección.
  - 5.3 El sólido semi-infinito.
  - 5.4 Efectos multidimensionales.



5.5 Métodos de diferencias finitas.

***CAPÍTULO 6: Introducción a la convección del calor***

- 6.1 Mecanismo físico de la convección.
- 6.2 Clasificación de los flujos de fluidos.
- 6.3 Capa límite de la velocidad.
- 6.4 Capa límite térmica.
- 6.5 Flujos laminar y turbulento.
- 6.6 Transferencia de calor y de cantidad de movimiento en el flujo turbulento.
- 6.7 Deducción de las ecuaciones diferenciales de la convección.
- 6.8 Soluciones de las ecuaciones de convección para una placa plana.
- 6.9 Ecuaciones adimensionales de la convección y semejanza.

***CAPÍTULO 7: Convección forzada sobre superficies exteriores***

- 7.1 Fuerza de resistencia al movimiento y transferencia de calor en el flujo externo.
- 7.2 Flujo paralelo sobre placas planas.
- 7.3 Flujo alrededor de cilindros y esferas.
- 7.4 Flujo sobre bancos de tubos.

***CAPÍTULO 8: Convección forzada dentro de tubos y ductos***

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Velocidad y temperatura promedios.
- 8.3 La región de entrada.
- 8.4 Análisis térmico general.
- 8.5 Flujo laminar en tubos.
- 8.6 Flujo turbulento en tubos.

***CAPÍTULO 9: Convección natural***

- 9.1 Mecanismo físico de la convección natural.
- 9.2 Ecuación del movimiento y el número de Grashof.
- 9.3 Convección natural sobre superficies.
- 9.4 Convección natural desde superficies con aletas y placas de circuitos impresos.
- 9.5 Convección natural dentro de recintos cerrados.
- 9.6 Convección natural y forzada combinadas.

***CAPÍTULO 10: Ebullición y condensación***

- 10.1 Transferencia de calor en la ebullición.
- 10.2 Ebullición en estanque.
- 10.3 Ebullición en flujo.
- 10.4 Transferencia de calor en la condensación.
- 10.5 Condensación en película.
- 10.6 Condensación en película dentro de tubos horizontales.
- 10.7 Condensación por gotas.

***CAPÍTULO 11: Intercambiadores de calor***

- 11.1 Tipos de intercambiadores de calor.



- 11.2 El coeficiente total de transferencia de calor.
- 11.3 Análisis de los intercambiadores de calor.
- 11.4 Método de la diferencia media logarítmica de temperatura.
- 11.5 Método de la efectividad-NTU.
- 11.6 Selección de los intercambiadores de calor.

### ***CAPÍTULO 12: Fundamentos de la radiación térmica***

- 12.1 Introducción.
- 12.2 Radiación térmica.
- 12.3 Radiación de cuerpo negro.
- 12.4 Intensidad de radiación.
- 12.5 Propiedades de radiación.
- 12.6 Radiación atmosférica y solar.

### ***CAPÍTULO 13: Transferencia de calor por radiación***

- 13.1 El factor de visión.
- 13.2 Relaciones del factor de visión.
- 13.3 Transferencia de calor por radiación: superficies negras.
- 13.4 Transferencia de calor por radiación: superficies grises y difusas.
- 13.5 Blindajes contra la radiación y el efecto de la radiación.
- 13.6 Intercambio de radiación con gases emisores y absorbentes.

### ***CAPÍTULO 14: Transferencia de masa por difusión***

- 14.1 Introducción.
- 14.2 Analogía entre la transferencia de masa y la de calor.
- 14.3 Difusión de masa.
- 14.4 Condiciones de frontera.
- 14.5 Difusión estacionaria de masa a través de una pared.
- 14.6 Migración del vapor de agua en los edificios.
- 14.7 Difusión transitoria de masa.
- 14.8 Difusión en un medio en movimiento.
- 14.9 Convección de masa.
- 14.10 Transferencia simultánea de calor y de masa.

### **FORMAS METODOLÓGICAS:**

Las clases estarán divididas en teóricas y prácticas. En las mismas se desarrollarán los principios fundamentales y se resolverán problemas de aplicación.

Desde la primera clase se trabajará fijando como punto inicial los objetivos, ya sean estos de la asignatura, del capítulo en estudio, o de cada tema en particular, a fin de que el alumno tenga en claro en todo momento qué está haciendo, por qué y para qué.

Con el objeto de lograr el interés de los alumnos, se trabajará ejemplificando continuamente sobre casos prácticos reales, mostrando la aplicación de las herramientas de la asignatura para la resolución de los casos más sencillos de la vida diaria como así también complejos problemas ingenieriles.



Periódicamente se realizarán exposiciones integradoras, a fin de recalcar los principios básicos y analizar la interrelación entre los distintos temas de la asignatura. De la misma manera se analizará la proyección de la Transferencia de Calor y Materia hacia las asignaturas posteriores de la carrera.

En la resolución de problemas se promoverá la discusión de los mismos, desarrollando algunos de ellos en clase. Se fomentará la utilización de una metodología ordenada para la resolución de los mismos, con la realización de esquemas clarificadores, identificación de datos e incógnitas, realización de convenientes hipótesis simplificadoras y planteo de ecuaciones generales.

Se continuará con el uso del software introducido y manejado en Termodinámica (0324), trabajando sobre problemas concretos, similares a los desarrollados en los distintos temas vistos en clase, con algún grado de dificultad superior que justifique el uso de las potencialidades del software.

**PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:**

No se prevén.

**CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:**

Semana Capítulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	***														
2	***	***													
3		***	***												
4			***	***	**										
5				*	***	***	*								
6						**	***	*							
7							**	**	*						
8								**	***	**					
9									*	***	**				
10										**	***	*			
11											**	***	*		
12											**	***	*		
13													*	**	
14														**	***
Exámenes Parciales								1ro 24/05							2do 21/06

Recuperatorios: 04/07



**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Cantidad de ejemplares / código de búsqueda Biblioteca UNRC
<i>Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones, 4ta Edición</i>	Çengel, Y. A. Ghajar, A. J.	McGrawHill	2011	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Fundamentos de Transferencia de Calor 4ta Edición</i>	F. P. Incropera y D. P. DeWitt	Prentice-Hall.	1999	2 536.2 I 38
<i>Fundamentals of Heat and Mass Transfer 8th Edition</i>	T. L. Bergman y A. S. Lavine	John Wiley & Sons, Inc.	2017	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Heat Transfer</i>	G. Nellis y S. Klein	Cambridge University Press	2008	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Principios de transferencia de calor – 7ma ed.</i>	Kreith, Frank – Manglik, Raj M. y Bohn, Mark S.	Cengage Learning	2012	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Principios de transferencia de calor – 6ta ed.</i>	Kreith, Frank - Bohn, Mark S.	Thomson	2001	1 536.2 K 92e6
<i>Transferencia de Calor</i>	J. P. Holman	McGraw-Hill	1985	5 536.2 H 747
<i>Transferencia de calor - 2a ed.</i>	Manrique Valadez, Jose Angel	Oxford University Press	2002	2 536.2 M 288 V 156e2
<i>Transferencia de calor aplicada a la ingeniería</i>	Welty, James R.	Limusa - Mexico	1995	4 536.2 W 464
<i>Transferencia de calor</i>	Mills, Anthony F.	Irwin - Madrid	1994	2 536.2 M 567
<i>Heat Transfer Principles and Applications</i>	C. Forsberg	Elsevier	2020	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Heat Transfer, a Basic Approach</i>	M. N. Özisik	McGraw-Hill, Inc.	1987	2 536.1 O 99bI





Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Ingeniería



"LAS MALVINAS SON ARGENTINAS"

### HORARIO DE CLASES:

DÍA	HORARIO
Lunes	15:00 a 17:00 h
Martes	19:00 a 21:00 h

### HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DÍA	HORARIO	MODALIDAD
Miércoles	10:00 a 13:00 h	Presencial/Videoconferencia/Whatsapp/Teléfono
Viernes	10:00 a 13:00 h	Presencial/Videoconferencia/Whatsapp/Teléfono

### REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD DE LA ASIGNATURA:

Se realizarán dos evaluaciones escritas de carácter teórico-práctico en las que el alumno podrá disponer de todo el material bibliográfico que esté a su alcance. Las evaluaciones se aprobarán con la obtención de cinco (5) puntos sobre un total de diez (10). Con la obtención de al menos una nota de cinco (5) en cada examen parcial el alumno regularizará la asignatura. Se podrán recuperar ambos parciales, lo cual se efectuará al finalizar el curso. La nota del recuperatorio reemplaza a la del parcial recuperado. Los alumnos que promedien siete (7) puntos entre las dos evaluaciones, sin registrar aprobaciones con notas inferiores a cinco (5) puntos, estarán en condición de rendir un coloquio integrador teórico para la aprobación de la materia, en el cual deberá exponer un tema (de un total de entre 20 a 25 preseleccionados). Esta exposición será sin interrupciones y luego se le harán preguntas básicas sobre la totalidad del programa para comprobar la integración de conocimientos del alumno. Un alumno que no hubiere alcanzado la nota mínima de cinco (5) puntos, tendrá derecho al menos a una instancia de recuperación, para poder así estar en condiciones de rendir el coloquio integrador teórico para la aprobación de la materia. El examen final para los alumnos regulares constará de una primera parte práctica de un nivel similar a lo examinado en los parciales. La parte teórica del examen final será oral y se realizará en función de los contenidos del programa de la materia del año en que se cursa la asignatura (disponible en Registro de Alumnos de la Facultad). Aprobada la parte práctica con una calificación igual o superior a cinco (5) puntos, el alumno pasará a una instancia oral, en la que se le permitirá elegir un tema de tres preseleccionados por la mesa examinadora. El alumno dispondrá de 15 minutos para preparar la exposición del mismo. Luego de la exposición de dicho tema y la respuesta a las preguntas de la mesa examinadora, un docente seleccionará un segundo tema que se evaluará de la misma forma que el primero; de ser necesario, se evaluará también el tercer tema.

Quienes rindan en la condición de Alumno Libre lo harán en base al último programa usado en el dictado de la asignatura, debiendo rendir previamente al examen teórico un examen práctico con una extensión de aproximadamente un 30 % más que el de los alumnos regulares, a fin de asegurar una cobertura amplia de conocimientos sobre la mayoría de los temas fundamentales.



**CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXÁMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:**

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Parcial 1	Teórico/Práctico	Escrito	10 días	10 días
Parcial 2	Teórico/Práctico	Escrito	5 días	5 días
Recuperatorio 1	Teórico/Práctico	Escrito	3 días	3 días
Recuperatorio 2	Teórico/Práctico	Escrito	3 días	3 días

EXÁMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Resolución de problemas (Estudiantes libres y regulares)	Escrito
Conceptos y demostraciones teóricas (Estudiantes libres y regulares)	Oral

  
Firma Docente Responsable

  
Firma Secretario Académico