

Asignatura: **TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA**

Código: 10-09155

RTF

8

Semestre: 8vo

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

6

Departamento: Física

Correlativas:

- Mecánica de los Fluidos

Contenido Sintético:

1. Leyes básicas de la termotransferencia
2. Transferencia de calor por conducción
3. Transferencia de calor por convección
4. Transferencia de calor por cambio de fase
5. Intercambiadores de calor
6. Transferencia de masa
7. Transferencia de calor por radiación
8. Radiación solar

Competencias Genéricas:

- CG01 Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG04 Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- CG05: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Aprobado por HCD:

RES: Fecha:

Competencias Específicas:

- CE1.27: Proyectar sistemas y equipos térmicos aplicando conceptos y principios de transferencia de calor.
- CE1.28: Aplicar códigos de cálculo para resolver problemas de transferencia de calor y masa empleando programas informáticos adecuados.

## Presentación

Transferencia de Calor y Masa es una asignatura que pertenece al octavo semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica y se ubica en el bloque de tecnologías aplicadas, contribuyendo al descriptor "Tecnología del calor".

A través del cursado de la asignatura el estudiante desarrollará competencias que le permitirán analizar, diseñar y/o proyectar componentes e instalaciones donde se manifiesten diferentes velocidades de transferencia de calor. También adquirirá los conocimientos necesarios para realizar diagnósticos, evaluaciones y juicios de las instalaciones desde el punto de vista térmico.

Si bien es una disciplina antigua, las necesidades actuales de transferir altas cantidades de calor, en pequeños tiempos y dimensiones reducidas ha requerido su actualización tanto en materiales como en diseño.

El desarrollo de los contenidos de esta asignatura se concreta tomando como base los conocimientos previos adquiridos por los estudiantes en los cursos de Matemática, Física, Termodinámica y Mecánica de los Fluidos, lo cual hace que los mismos puedan transformarse en "significativos", tratando de enfatizar las aplicaciones prácticas de su especialidad a través de problemas de ingeniería sustanciales y atractivos, lo cual además de estimular el interés por el tema presentado, proporciona herramientas importantes para el desempeño futuro como integrador de conocimientos en los últimos años de su carrera y luego como profesional.

## Contenidos

### **UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN**

Leyes básicas de la termotransferencia. Conducción en paredes superpuestas. Resistencia térmica. Transmisión simultánea por conducción, convección y radiación. Conducción y convección en cilindros superpuestos. Espesor crítico de aislamiento.

### **UNIDAD 2: TERMOTRANSFERENCIA POR CONDUCCIÓN**

Ecuación general de la conductividad. Conducción en régimen estacionario. Superficies aleteadas.

### **UNIDAD 3: CONDUCCIÓN EN RÉGIMEN INESTACIONARIO**

Termotransferencia por conducción en régimen inestacionario. Ecuaciones exactas. Gráficas para conducción de calor transitoria. Flujo de calor bi y tridimensional.

#### **UNIDAD 4: CONDUCCIÓN MÉTODOS NUMÉRICOS**

Análisis numérico de la conducción de calor. Conducción en régimen permanente e inestacionario unidimensional y bidimensional con métodos numéricos. Ecuación de diferencias finitas. Ecuación de balance de energía. Uso de Códigos de Cálculo.

#### **UNIDAD 5: TERMOTRANSFERENCIA POR CONVECCIÓN**

Fundamentos. Aplicación de análisis dimensional. Ecuaciones de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía para flujo laminar sobre una placa plana. Ecuaciones adimensionales de la capa límite. Evaluación de los coeficientes de transferencia de calor por convección. Soluciones exactas y métodos aproximados de ecuaciones de capa límite. Analogía entre transferencia de calor y cantidad de movimiento en régimen turbulento. Analogía de Reynolds para flujo turbulento sobre superficies planas. Problemas de Diseño.

#### **UNIDAD 6: CONVECCIÓN COEFICIENTES DE PELÍCULA CONVECCIÓN FORZADA**

Cálculo de coeficientes de película. Convección natural gravitacional y por fuerzas centrípetas. Correlación empírica para varias formas geométricas. Convección forzada y natural combinadas. Convección forzada dentro de tubos y conductos. Correlaciones para convección forzada laminar. Correlaciones empíricas para la convección forzada turbulenta Convección forzada sobre superficies exteriores. Flujo sobre cuerpos abultados. Paquetes de tubos en flujo transversal con y sin aletas.

#### **UNIDAD 7: TERMOTRANSFERENCIA CON CAMBIO DE FASE**

Ebullición: fundamentos. Regímenes de ebullición y la curva de ebullición. Cálculo de coeficientes. Condensación: fundamentos. Cálculo de coeficientes de película. Condensación con elevada velocidad de vapor. Tubos de Calor.

#### **UNIDAD 8: INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Diferencia media logarítmica de temperatura. Intercambiadores industriales. Factor de incrustación. Distintos tipos. Intercambiadores de calor de pasos múltiples y de flujo cruzado. Eficiencia. Factor de incrustación. Selección de los intercambiadores de calor.

#### **UNIDAD 9: TERMOTRANSFERENCIA DE MASA**

Introducción. Transferencia de masa por difusión molecular. Transferencia de masa por convección. Cálculo de los coeficientes de transferencia de masa. Transferencia de masa en la fase intermedia. Transferencia simultánea de calor y masa. Equipo de transferencia de calor por contacto directo. Normas.

#### **UNIDAD 10: RADIACIÓN TÉRMICA**

Fundamentos de la Radiación Térmica, naturaleza, energía radiante, cuerpo negro. Propiedades. Leyes de radiación térmica. Radiación de superficies reales.

### **UNIDAD 11: TERMOTRANSFERENCIA POR RADIACIÓN**

Termotransferencia por radiación entre dos cuerpos negros. Analogía entre el flujo de calor radiante y el flujo de corriente eléctrica. Radiación entre cuerpos negros en presencia de superficies rerradiantes. Termotransferencia por radiación entre cuerpos grises no reflectantes. Termotransferencia por radiación entre cuerpos grises reflectantes. Termotransferencia por radiación entre cuerpos grises en presencia de superficies radiantes. Termotransferencia por radiación en gases y vapores.

### **UNIDAD 12: RADIACIÓN SOLAR**

Aplicaciones de la energía solar. Radiación solar directa y difusa. Insolación. Cálculo de la radiación solar. Concentración parabólica de la energía solar. Paneles colectores planos. Sistemas concentradores.

## Metodología de enseñanza

La metodología de trabajo intenta un balance entre la teoría y la práctica. Con este propósito, los docentes de la cátedra seleccionan materiales de enseñanza que faciliten este equilibrio. Las distintas unidades son introducidas a través de procedimientos inductivos y deductivos mediante ejemplificación, exposición dialogada, explicación del profesor, discusión del tema y participación activa de los estudiantes, entre otras estrategias de enseñanza.

La metodología de intervención pedagógica para el cumplimiento de los objetivos planteados se basa en los principios del enfoque basado en competencias. También se tienen en consideración algunos principios del aprendizaje por tareas, principalmente los relacionados con la resolución de problemas.

La fase final de la asignatura se desarrolla sobre casos reales aportados por los estudiantes, debido a que todos están en los últimos años de la carrera y pronto van a ingresar al mundo profesional. Los estudiantes deben constituir grupos de trabajo y elegir una organización de producción de bienes o servicios que les permita realizar estudios sobre el diseño térmico de equipamiento de un proceso productivo.

Este enfoque, justificado en el aprendizaje basado en problemas concretos, pone al alumno en contacto con la realidad laboral.

La cátedra tiene un aula virtual en la plataforma Moodle diseñada teniendo en cuenta los objetivos generales y específicos de la asignatura, que intenta generar nuevos espacios de comunicación entre docentes y alumnos, y práctica adicional para la consolidación de los contenidos.

## Evaluación

Las metodologías y estrategias de evaluación que se emplearán, considerando los resultados de aprendizaje y los diferentes temas de las unidades desarrolladas en

clases y las actividades prácticas , se desenvuelven como un proceso continuo y permanente, cuyos principales ejes son:

**Compartida:** actuación conjunta de docentes.

**Diversificada:** utilizando instrumentos diferentes.

**Integral:** contemplando todos los contenidos abordados.

**Formativa:** Consiste en la evaluación de las actividades prácticas mediante rúbricas de evaluación de actividades prácticas desarrolladas y propuestas más abajo:

**Sumativa:** Esta instancia consta de 2 exámenes parciales individuales de carácter práctico, según la Res. HCS 662/16. Las actividades incluidas en esta evaluación serán similares a las actividades prácticas llevadas a cabo en las clases.

Se evalúan indirectamente las COMPETENCIAS GENÉRICAS:

- **CG01** "Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería",
- **CG04;** "Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería"
- **CG05:** "Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas"

A través de la evaluación directa de las siguientes competencias específicas:

- **CE1.27:** "Proyectar sistemas y equipos térmicos aplicando conceptos y principios de transferencia de calor"
- **CE1.28:** "Aplicar códigos de cálculo para resolver problemas de transferencia de calor y masa, empleando programas informáticos adecuados"

## Condiciones de aprobación

- Asistir al 80% de las clases teórico-prácticas.
- Aprobar el temario teórico y el práctico que se presentan en cada uno de los dos exámenes parciales individuales de carácter práctico previstos con nota ponderada correspondiente a la integración de contenidos.
- Ambos parciales podrán ser recuperados y su aprobación requerirá una nota ponderada a la integración de contenidos.
  - Presentar la actividad práctica 1
  - Presentar la actividad práctica 2
  - Presentar la actividad práctica 3
  - Presentar la actividad práctica 4
  - Presentar la actividad práctica 5:
- Promocionan con la aprobación de todos los parciales, actividades integradoras e informes de laboratorio y nota promediada correspondiente al 80 % de integración de contenidos.

- Regularizan con la aprobación de todos los parciales, actividades integradoras e informes de laboratorio y nota promediada correspondiente al 60 % de integración de contenidos.

## Competencias y resultados de aprendizaje

### Competencias genéricas

| <b>Competencias Genéricas</b>  | <b>Resultados de aprendizaje</b>   |
|--|--|
| <p><b>CG 1.</b> Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería</p>              | <p><b>RA1.-</b> Aplica criterios profesionales para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de componentes e instalaciones donde se manifiesten diferentes velocidades de transferencia de calor de acuerdo a los estándares actuales de Ingeniería</p> |
|  | <p><b>RA4.-</b> Delimita el problema de manera clara y precisa y genera diversas alternativas de solución a un problema ya formulado.</p>  |
|  | <p><b>RA3.-</b> Realiza el diseño de una solución tecnológica, incluyendo el modelado y optimiza la selección y uso de los materiales y/o dispositivos tecnológicos disponibles para la implementación.</p>  |
|  | <p><b>RA5.-</b> Utiliza métodos de selección de materiales y/o dispositivos tecnológicos disponibles para aplicaciones en el uso en vehículos, plantas generadoras de energía eléctrica, refrigeradores, aparatos electrónicos, edificios, energía solar, etc.</p>       |
| <p><b>CG04</b> Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería”</p> | <p><b>RA6.-</b> Identifica las distintas herramientas disponibles para una utilización adecuada de las soluciones posibles en aplicaciones de diseño de componentes e instalaciones donde se usan elementos y equipos en relación a la transferencia de calor.</p>       |
|  | <p><b>RA7.-</b> Utiliza de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en el diseño de componentes e instalaciones para el uso de elementos y equipos en relación a la transferencia de calor.</p>   |
|  | <p><b>RA8.-</b> Utiliza las técnicas y herramientas de acuerdo con estándares y normas de calidad, seguridad, medioambiente, etc. e interpreta los resultados que se obtienen.</p>   |
|  | <p><b>RA9.-</b> Explica los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar, para reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas utilizando toda la potencialidad que ofrecen.</p>  |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>CG05:</b> Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas</p> | <p><b>RA10.-</b> Resuelve problemas en la utilización de materiales mediante la implementación de soluciones tecnológicas y propone soluciones nuevas o innovadoras en aplicaciones de la energía solar.</p>  |
|  | <p><b>RA11.-</b> Identifica necesidades actuales o potenciales, realizando una búsqueda apropiada de información para conocer el estado del arte de la problemática considerada identificando las tecnologías emergentes y evaluando su posible impacto sobre los procesos.</p> |
|  | <p><b>RA12.-</b> Aplica los avances de la tecnología en general, de su especialidad en particular y encuentra nuevas aplicaciones para las tecnologías disponibles.</p>   |
|  | <p><b>RA13.-</b> Descubre necesidades tecnológicas que requieren una solución adecuada en relación a la tecnología disponible, para la transferencia de calor por conducción y convección.</p>  |
|  | <p><b>RA14.-</b> Identifica las características tecnológicas de los materiales, necesarios para resolver un problema, según la aplicación en intercambiadores de calor.</p>   |

### Competencias Específicas

| Competencias Específicas   | Resultados de aprendizaje  |
|--|--|
| <p><b>CE1.27:</b> “Proyectar sistemas y equipos térmicos aplicando conceptos y principios de transferencia de calor”</p> | <p><b>RA1.-</b> Selecciona distintos materiales en la construcción de equipos considerando los principios de transferencia de calor, según las normas, reglamentaciones y especificaciones técnicas.</p> |

|  |  |
|--|--|
|  | <b>RA2.-</b> Selecciona distintos materiales en la construcción de equipos considerando la transferencia simultánea de calor y masa, en sistemas de enfriamiento.                  |
| <b>CE1.28:</b> Aplicar códigos de cálculo para resolver problemas de transferencia de calor y masa, empleando programas informáticos adecuados | <b>RA3.-</b> Aplica métodos de cálculos específicos en la determinación de las características de los materiales termo radiantes, según procedimientos establecidos.               |
|  | <b>RA4.-</b> Aplica métodos y códigos de cálculos específicos en la determinación de la transferencia de calor por conducción, según procedimientos establecidos.                  |
|  | <b>RA5.-</b> Aplica métodos y códigos de cálculos específicos en la determinación de la transferencia de calor por convección, según procedimientos establecidos.                  |
|  | <b>RA6.-</b> Aplica métodos y códigos de cálculos específicos en la determinación de la transferencia de calor en la ebullición y condensación, según procedimientos establecidos. |
|  | <b>RA7.-</b> Aplica métodos y códigos de cálculos específicos en el diseño de equipos para aplicaciones empleando la radiación solar, según procedimientos establecidos.           |
|  | <b>RA8.-</b> Aplica métodos y códigos de cálculos específicos en la determinación de la transferencia simultánea de calor y masa, según procedimientos establecidos.               |

## Bibliografía

### OBLIGATORIA (ÚLTIMAS REVISIONES DISPONIBLES EN INTERNET)

1. **Çengel, Y. A. y Ghajar, A. J.** *Transferencia de Calor y Masa: Fundamentos y Aplicaciones*. 6ª ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2020. (ISBN: 9786071514615)
2. **Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L. y Lavine, A. S.** *Fundamentos de Transferencia de Calor y de Masa*. 8ª ed., John Wiley & Sons, Hoboken, EE. UU., 2017.
3. **Kreith, F. y Bohn, M. S.** *Principios de Transferencia de Calor*. 7ª ed., Brooks/Cole, California, 2013.
4. **Holman, J. P.** *Transferencia de Calor*. 10ª ed., McGraw-Hill, México, 2010.

### DE CONSULTA (DISPONIBLES EN INTERNET)

5. **Lienhard, J. H. y Lienhard, J. H. IV.** *A Heat Transfer Textbook*. 6ª ed., Cambridge, Massachusetts USA. 2024.

6. **Howell, J. R., Mengüç, M. P., & Siegel, R.** *Thermal Radiation Heat Transfer*. 6ª ed., CRC Press, 2020. (*Análisis avanzado de radiación térmica y métodos numéricos*). ISBN 1466593261, 9781466593268
7. **Modest, M. F.** *Radiative Heat Transfer*. 3ª ed., Academic Press, Oxford, 2013. (*Tratado completo sobre transferencia radiativa, medios participantes y modelado espectral*). ISBN: 978-0-12-386944-9
8. **Dušan P. Sekulić & Ramesh K. Shah.** *Fundamentals of Heat Exchanger Design 2*, Wiley & Sons, Limited, John. 2023.
9. **Manfred Nitsche, Raji Olayiwola Gbadamosi.** *Heat exchanger design guide \_ a practical guide for, US*, 2015.
10. **Kakac, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A.** *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*. 3ª ed., CRC Press, Boca Ratón, EE. UU., 2012. (*Diseño avanzado y modelado térmico de intercambiadores de calor*).
11. **Duffie, J. A. y Beckman, W. A.** *Ingeniería Solar de Procesos Térmicos* 4ª ed. John Wiley & Sons New Jersey (2013). ISBN en línea: 9781118671603
12. **Fraas, Arthur P.** *Heat Exchanger Design* 2º ed., Wiley-Interscience publication, New York, John Wiley & Sons, Incorporated. 1989.
13. **Tejero Gonzalez, Ana.** *Tecnologías de enfriamiento evaporativo*. 2021.
14. **Donald Baker.** *Cooling tower performance*, New York, New York State; Chemical Publishing Company. 1984.
15. **William Stanford.** *Cooling towers\_ principles and practice\_ a practical guide --; Gerald Bowen Hill -- 2nd ed\_*, Birmingham, England, 1970
16. **White, F. M.** *Flujo Viscoso*. 4ª ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2011.
17. **Perry, R. H. y Green, D. W. (eds.)** *Manual del Ingeniero Químico*. 9ª ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2018.
18. **Cooling Technology Institute (CTI).** *Cooling Tower Fundamentals*. CTI Manual ATC-105, Houston, 2012.
19. **Cooling Tower Institute (CTI).** *Performance Evaluation of Mechanical Draft Cooling Towers*. CTI Standard ATC-105, Houston, 2017.
20. **Sirena, J. A. y Cartechini, F.** (2000). *Torres de enfriamiento de tiro mecánico*. Departamento de Aeronáutica, F.C.E.F.y.N., U.N.C. Editorial Universitas.