



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

CARRERA: Ingeniería Mecánica

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: Termodinámica

Área: Térmica

Bloque: Tecnologías básicas

Nivel: 3

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
120	160	5

Fundamentación

Uno de los pilares de esta carrera es el manejo del calor, de tal forma que existe en el campo de la ingeniería una identificación marcada del Ingeniero Mecánico en este sentido. Resulta crucial entonces establecer una sólida formación técnico-científica en el estado del arte del manejo racional de los fenómenos de combustión.

Objetivos

- Conocer y comprender los conceptos de la tecnología del calor.
- Conocer y comprender las leyes de transformación de las distintas formas de energía.
- Comprender y aplicar las leyes de los gases ideales y reales.
- Aplicar los conceptos anteriores en aire húmedo y en transmisión del calor.

Contenidos

a) Contenidos mínimos

- Introducción a la Termodinámica.
- Primer Principio.
- Transformaciones de sistemas gaseosos.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

- Segundo Principio.
- Entropía.
- Teorema de Clausius.
- Funciones características.
- Exergía.
- Sistemas heterogéneos.
- Vapores.
- Toberas y Difusores.
- Ciclos térmicos. Ciclos frigoríficos.
- Aire húmedo.
- Termoquímica.

Transmisión del Calor

- Conducción del Calor en régimen estacionario.
- Régimen transitorio.
- Convección del calor.

b) Contenidos analíticos

Unidad Temática I: *INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA TÉCNICA*

Definición. Orígenes de la Termodinámica. Termodinámica Técnica. Conceptos y definiciones usados en Termodinámica: Sistema, Medio, Universo, Sistema Cerrado, Sistema Abierto, Sistema Aislado, Sistemas Homogéneos y Heterogéneos. Parámetros de Estado. Equilibrio Termodinámico: Equilibrio Mecánico, Equilibrio Térmico, Equilibrio Químico, Equilibrio Eléctrico. Ecuación de estado de un sistema. Transformación: Cuasi-estática, Abierta, Cerrada, Politrópica (Isotérmica, Isobárica, Isócora, Adiabática), Reversible (Reversibilidad interna y externa), Irreversible. Energía: Energía Interna, Energía Potencial, Energía Cinética, Calor, Principio Cero de la Termodinámica, Trabajo, Trabajo de expansión y compresión de un sistema cerrado en reposo. Experiencia de Joule referida a la conversión de trabajo en calor. Experiencia de Andrews.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Unidad Temática II: GASES (GASES IDEALES Y REALES)

Introducción. Gases Ideales: Ley de Boyle – Mariotte, Ley de Charles – Gay Lussac a presión constante, Ley de Charles – Gay Lussac a volumen constante, Ley de Avogrado, Ecuación de Estado de los Gases Ideales, Coeficientes Termoelásticos, Mezcla de Gases (Composición Másica de una Mezcla, Fracción Molar, Presión Total de una Mezcla de Gases, Volumen Total de una Mezcla de Gases, Composición en Volumen de una Mezcla de Gases, Relación entre la composición en Volumen y la Fracción Molar de una Mezcla de Gases, Relación entre la Presión Parcial y la Fracción Molar, Masa Molecular Ficticia de una Mezcla de Gases, Constante Particular de una Mezcla de Gases, Calor Específico Medio, Másico y Molar de una Mezcla de Gases), Teoría Cinética. Gases Reales: Ecuación de Van Der Waals, Parámetros reducidos, Ecuación de estado reducida, Factor de compresibilidad, Ley de los estados correspondientes, Ley modificada de los estados correspondientes, Diagrama de compresibilidad de gases de Nelson y Obert, Mezcla de gases reales (Regla de Kay).

Unidad Temática III: PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Enunciados y expresiones del Primer Principio. Expresión general válida para sistemas cerrados y abiertos en régimen permanente y no permanente. Aplicación de la expresión del Primer Principio a un sistema cerrado: Sistemas adiabáticos (justificación de la energía interna y sus propiedades, experiencia de Joule para los gases ideales), Sistemas diatérmicos (calor y sus propiedades), Sistemas que evolucionan a volumen constante, Sistemas que evolucionan a presión constante (Relación de Mayer). Aplicación de la expresión del Primer Principio a un sistema abierto en régimen permanente: Propiedades de la Entalpía, Trabajo en circulación, Entalpía de los gases ideales. Aplicación del Primer Principio para sistemas abiertos en régimen permanente a casos particulares: Experiencia de Joule – Thomson, Válvulas, Compresores, Turbinas, Intercambiadores de calor y cámaras de mezcla.

Unidad Temática IV: TRANSFORMACIONES DE LOS GASES IDEALES

Transformaciones de un Gas Ideal: Transformación Isocora, Transformación Isobara, Transformación Isotérmica, Transformación Adiabática, Transformación Politrópica. Trazado de Transformaciones.

Unidad Temática V: SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA Y ENTROPÍA

Enunciados del Segundo Principio: Enunciados referidos a las Máquinas Térmicas, enunciado de Carnot, Enunciado de Kelvin, Enunciado de Planck, enunciado de Clausius. Equivalencias entre Enunciados. Enunciado de los procesos irreversibles. Ciclos de las Máquinas Técnicas reversibles e irreversibles. Teorema de Carnot. Ciclo de Carnot. Propiedades de los ciclos y transformaciones reversibles. Teorema de Clausius. Entropía: Ciclos Reversibles, Ciclos Irreversibles, Consideraciones sobre la formulación cuantitativa del 2º Principio, Transformaciones Adiabáticas, Conclusiones, Variación de la Entropía del Universo, Diagrama Entrópico, Diagrama Entrópico para los Gases



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Ideales, Representación de Isocoras, Representación de Isobaras, Representación de Isotérmicas, Representación de Isoentálpicas, Representación de Adiabáticas Reversibles, Representación de Adiabáticas Irreversibles, Representación de Politrópicas, Ciclo de Carnot en un diagrama T-S, Comparación entre un ciclo de Carnot y otro con más de dos fuentes de Intercambio de Calor, Temperatura Media Termodinámica.

Unidad Temática VI: *ENERGÍA UTILIZABLE O EXERGÍA*

Calor utilizable. Exergía de una fuente de capacidad infinita. Exergía de una fuente de capacidad finita o limitada. Exergía debida a un desequilibrio mecánico. Exergía de un sistema cerrado. Variación de Exergía de un sistema cerrado. Exergía de un sistema abierto en régimen permanente. Variación de Exergía de un sistema abierto en régimen permanente. Variación de Exergía del universo. Rendimiento exergético: Ciclo, Máquina Térmica, Transformación, Compresión Adiabática, Expansión Adiabática, Compresor no Adiabático o Diatérmico.

Unidad Temática VII: *COMPRESORES DE GASES*

Compresor de Gas. Definición: Compresores a Pistón. Diagrama Indicador del Compresor Ideal (Compresores sin Espacio Nocivo): PMS, PMI, Espacio nocivo. Evolución del Gas Diagrama de Estado en P - v y T - s. Trabajo de Compresión. Comparación de Trabajos. Representaciones: Trabajo Adiabático Reversible. Trabajo politrópico reversible, Trabajo Isotérmico Reversible. Compresión en Etapas. Compresor con Espacio Nocivo. Rendimiento Volumétrico. Presión máxima. Trabajo Lc Con Espacio Nocivo. Cálculo y Dimensionamiento de los Elementos Principales. El Aire: influencia del Medio ambiente. Rendimientos: Rendimiento Interno o Isoentrópico, Rendimiento Mecánico, Rendimiento Total, Rendimiento exergético.

Unidad Temática VIII: *CICLOS DE LOS MOTORES DE GAS*

Ciclo Otto, Diesel y semi Diesel: representación en los diagramas P - V, P - v y T - s, relación de compresión, presión media efectiva, determinación del rendimiento y comparación entre los ciclos. Ciclo Joule - Brayton: abierto, cerrado y regenerativo. Representación en los diagramas P - v y T - s, relación de presiones y rendimiento.

Unidad Temática IX: *FUNCIONES CARACTERÍSTICAS*

Energía interna. Entalpía. Energía libre: Propiedades. Relaciones de Maxwell. Condiciones de equilibrio físico-químico. Cálculo de energía interna, Entalpía y Entropía para Gases Reales.

Unidad Temática X: *SISTEMAS HETEROGÉNEOS Y VAPORES*



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Fases y componentes. Regla de las fases de Gibbs. Sistemas integrados por un solo componente. Sistemas Binarios. Vapores: Diagramas de equilibrio de una sustancia pura. Estados: líquido comprimido o subenfriado, líquido saturado, vapor saturado, vapor húmedo, vapor sobrecalentado. Calor latente. Ecuación de Clapeyron-Clausius. Diagramas Entrópicos: Trazado y propiedades ($T - s$, h y $p - h$)

Unidad Temática XI: CICLOS DE LAS MÁQUINAS TÉRMICAS A VAPOR

Relación de Trabajos. Ciclo de: Carnot, Rankine, Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento intermedio, Regenerativo, combinado. Representación en los diagramas entrópicos ($T - s$ y $h - s$), significado de las áreas, rendimiento, comparación y esquema de la instalación.

Unidad Temática XII: CICLOS FRIGORÍFICOS

Coefficiente de efecto frigorífico y calorífico. Ciclo de Carnot. Ciclos frigoríficos por compresión en régimen húmedo y seco. Mejoras a los ciclos frigoríficos (Compresión en etapas, subenfriamiento y doble expansión). Representación en los diagramas Entrópicos ($T - s$ y $P - h$). Significado de las áreas, coeficiente de efecto frigorífico, comparación y esquema de la instalación. Bomba de calor. Ciclos frigoríficos a absorción.

Unidad Temática XIII: AIRE HÚMEDO

Definición. Comportamiento como gas ideal a bajas presiones. Conceptos, definiciones y propiedades del aire húmedo: Humedad absoluta, Grado de saturación, Humedad relativa, Volumen específico, Densidad, Entalpía para los distintos casos, Tablas para aire húmedo saturado. Diagrama entálpico del aire húmedo o de Mollier. Temperatura de saturación adiabática. Distintos métodos para la determinación de la humedad de una masa de aire húmedo. Psicrómetro: Temperatura de bulbo seco y húmedo, relación de Lewis y diagrama psicrométrico. Aplicación en procesos de enfriamiento, calentamiento, mezcla, humidificación y secado.

Unidad Temática XIV: TOBERAS, DIFUSORES Y EYECTORES

Velocidad del sonido en un gas. Número de Mach. Concepto de tobera, difusor y eyector. Estudio de la geometría. Relación crítica de presiones. Definición del estado de estancamiento para una corriente gaseosa adiabática. Descarga de un gas a través de un orificio de un recipiente. Rendimiento isoentrópico.

Unidad Temática XV: TERMOQUÍMICA

Definición de los sistemas y variables que los determinan. Concepto de grado de avance de la reacción. Calores de reacción a presión y temperatura constante. Calores de reacción a volumen y temperatura constante. Entalpía de sustancias simples y compuestas. Ley de Hess. Ley de Kirchoff. Temperatura de reacción adiabática.

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Concepto de afinidad. Equilibrio químico. Constantes de equilibrio en reacciones gaseosas.

Unidad Temática XVI: *TRANSMISIÓN DEL CALOR*

Definición. Formas de transmisión del calor: a) Transmisión del calor por conducción. Ley de Fourier. Ecuación general de la transmisión del calor por conducción. Régimen permanente: casos de paredes simples y compuestas. Régimen variable: Métodos de resolución. b) Transmisión del calor por convección. Convección natural y forzada. Coeficiente de convección. Análisis adimensional: determinación de los números de Reynolds, Prandtl, Nussel y Grasshof. Correlación de datos experimentales para la determinación del coeficiente de convección. Fluidos en ebullición y condensación. Convección con y sin cambio de fase, natural y forzada. c) Transmisión del calor por radiación. Coeficiente de transparencia, absorción y reflexión. Cuerpo negro. Ley de Kirchoff. Ley de Stephan – Boltzman. Ley de Wien. Intercambio de calor por radiación entre cuerpos. Radiación en gases. d) Transmisión del calor total. Determinación del coeficiente de transmisión total.

Distribución de carga horaria entre actividades teóricas y prácticas

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	72	96
Formación Práctica	48	64
Formación experimental		
Resolución de problemas	48	64
Proyectos y diseño		
Práctica supervisada		

Estrategias metodológicas

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

Se emplean estrategias dinámicas a en las clases con la participación de los alumnos y los profesores. Termodinámica es una materia que abarca conceptos de la energía y sus diversas transformaciones, al igual que sus diversas aplicaciones tecnológicas, por eso se hace necesario un intercambio fluido y de reflexión en el proceso de aprendizaje. La misma está acompañada con bibliografía adecuada, carpeta de trabajos prácticos y los recursos adecuados para el desarrollo de la clase.

- **Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)**



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Se emplean diversas tecnologías: proyector de imágenes por computación (cañón), software de termodinámica adecuados y seleccionados para la materia y videos interactivos, prestando siempre la atención de no perder de vista el diálogo y reflexión continuos. Las tareas que se llevan a cabo tienen un enfoque amplio en lo teórico y lo mismo se da en la aplicación práctica con esquemas y gráficos diversos para cumplimentar y respaldar los conceptos analíticos. La materia está respaldada por materiales didácticos de termodinámica teóricos y prácticos realizados por el profesor.

Evaluación

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

Se realizan evaluaciones teóricas y prácticas durante la cursada que irán formando las notas del primer parcial y segundo parcial. También, se realizan trabajos prácticos en las que se forman grupos de trabajo para la resolución de los problemas que se imparten durante el año. Cada parcial se aprueba con notas que van desde 6 a 10 de calificación. Abarcan temas teóricos y prácticos. Las fechas de evaluaciones y de los recuperatorios (dos por cada parcial) se realizan según un cronograma interno de actividades que se entregan a los alumnos al inicio de clases.

Requisitos de regularidad

Tener cumplimentada la asistencia como alumno regular y luego tener aprobados el primer parcial y segundo parcial con nota mínima de seis puntos y la firma de los trabajos prácticos aprobada, los cuales se imparten durante la cursada.

Requisitos de aprobación directa

Tener cumplimentada la asistencia como alumno regular y luego tener aprobados el primer parcial y segundo parcial con nota mínima de ocho puntos y la firma de los trabajos prácticos aprobada; los cuales se imparten durante la cursada. Sólo puede recuperarse un examen parcial para la promoción.

Articulación horizontal y vertical con otras materias

Mecánica Racional (3er. Año).- Los conceptos relacionados con el trabajo, potencia, energía cinética y potencial y sistemas de unidades, se articulan con la Termodinámica con la unidad I y XIV que trata el sistema de unidades internacional y con las toberas y difusores respectivamente. En los Teoremas de conservación de trabajo y energía que se dictan en Mecánica se relacionan con el primer principio de la termodinámica (Unidad temática III). Ej. Trabajo de peso como trabajo de campo conservativo, trabajo elástico, trabajo de un pistón y trabajo de las fuerzas no conservativas que se disipan en forma de calor a través del rozamiento. En gases reales se vincula con las fuerzas gravitacionales en las moléculas (Van der Waals)

Ingeniería Mecánica III (3er.año).-En variables como presión, vacío, caudal, vincula con la materia (Unidad temática I y III) de la termodinámica.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

En la utilización del aire y fluidos en procesos de ingeniería y compresores, está relacionado con compresores de aire alternativos y centrífugos (Unidad temática III y VII). En aplicación de la Hidráulica en los movimientos de los fluidos, vincula con trabajo de una bomba de tipo centrífugo (Unidad temática XI).

Estabilidad II (3er. Año) .-La unidad temática de Fatiga de metales por temperatura vincula con los ciclos de vapor fatiga por efecto Creep en las cañerías de vapor a alta presión y temperatura (Unidad temática XI). La unidad temática de Tensiones de origen Térmico, vincula con recipientes cilíndricos en calderas de vapor que se mencionan en los ciclos de vapor (Unidad temática XI).

Diseño Mecánico (3er. año).-La unidad temática de Normas IRAM para el dibujo Técnico se representan cañerías y válvulas que son muy usados en diversas unidades de la termodinámica como cañerías en los ciclos de vapor y frigoríficos y lo mismo de las válvulas que se expansionan en gases y vapores en general.

ARTICULACIÓN VERTICAL:

Tecnología del Calor.- (4to. Año).- Los temas de Combustión vinculan con la Termoquímica, diagramas de humos de Rosing y Feling y entalpía volumétrica (Unidad temática XV). La unidad temática de Generadores de Vapor articula con los diversos ciclos de vapor en general de la Termodinámica (Unidad temática XI). La unidad de Ciclos a Vapor Aplicados articula con los ciclos de Rankine en general (Unidad temática XI), ciclos a Gas (Unidad temática VIII). La unidad temática de Condensadores e Intercambiadores vincula las formas de transmisión de calor (Unidad temática XVI), al igual que la refrigeración por torres de enfriamiento que se estudian en los procesos del aire húmedo (Unidad temática XIII).

Mecánica de los Fluidos.- (4to. Año).- La unidad de Propiedades de los Fluidos relaciona diversos parámetros que se estudian en termodinámica ej. Densidad, peso específico, presión, presión de vapor. La unidad temática de cinemática de los fluidos y dinámica de los fluidos (flujo laminar, turbulento, flujo a régimen permanente, volumen de control análisis dimensional y flujo compresible unidimensional), está relacionada con la unidad temática III (primer principio en sistemas abiertos) y XIV de toberas y difusores.

Economía (4er. Año).- En la optimización de costos de producción vincula con los costos de la energía útil, exergía y disponibilidad conceptos que tienen un valor económico (Unidad temática VI).

Electrotecnia y Máquinas Eléctricas (4er. año).-La unidad temática de fundamentos y circuitos en resistencias vincula con problemas de primer principio de la Termodinámica donde se entrega calor por medio de resistencias eléctricas. La unidad temática de máquina asincrónica de un motor eléctrico, se articula con trabajo entregado por de motor eléctrico que a su vez acciona una bomba centrífuga que impulsa líquido. Idem. para el accionamiento de los compresores a gas.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Instalaciones Industriales.- (5to. Año).- La unidad temática de instalaciones de aire comprimido e instalaciones de vapor está relacionada con la unidad VII (compresores) y XI (ciclos a vapor). La unidad temática de instalación de climatización se vincula con la unidad XIII referida al aire húmedo de termodinámica. La unidad de instalaciones frigoríficas se vincula con la unidad temática XII de los ciclos de refrigeración.

Máquinas Alternativas y Turbomáquinas.- (5to. Año).- La unidad temática de motores alternativos y los ciclos ideales de aire de motores alternativos se vincula con la unidad VIII (Ciclos a gas – ciclo Otto). La unidad de componentes de turbina de gas y de turbinas de vapor se vincula con la unidad VIII y XI referida a los ciclos de vapor. Y la unidad de análisis teórico de un compresor centrífugo está directamente vinculada con la unidad temática VII de compresores a gas.

Nota: Se realizan reuniones en el departamento con las distintas cátedras que conforman el área térmica para revisar y coordinar los contenidos diversos en procura de una mejor articulación.

Cronograma estimado de clases

Unidad Temática	Duración en hs cátedra
I.- introducción a la termodinámica técnica	5
II.- gases (gases ideales y reales)	10
III.- primer principio de la termodinámica	15
IV.- transformaciones de los gases ideales	7
V.- segundo principio de la termodinámica y entropía	15
VI.- energía utilizable o exergía	10
VII.- compresores de gases	10
VIII.- ciclos de los motores de gas	10
IX.- funciones características	5
X.- sistemas heterogéneos y vapores	10
XI.- ciclos de las máquinas térmicas a vapor	13
XII.- ciclos frigoríficos	10
XIII.- aire húmedo	10
XIV.- toberas, difusores y eyectores	10
XV.- termoquímica	10
XVI.- transmisión del calor	10

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Cengel, Yunus A.; Boles, Michael A. (2019). *Termodinámica (9a. Ed.)*. McGraw Hill.

Moran, M.J.; Shapiro, H.N. (2018). *Fundamentos de Termodinámica Técnica*. Reverte S.A.

García, Carlos A. (2006). *Termodinámica Técnica*. Editorial Alsina.

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA

Kenneth Wark; Donald Richards. (2012). *Termodinámica*. Mc Graw Hill - Interamericana.

Facorro Ruiz, L.A. (15ª. Ed. 2015). *Curso de Termodinámica con 310 Problemas*. Ed. Nueva librería. Buenos Aires.

Barbosa Saldaña, J. G.; Gutiérrez Torres, C. del Carmen; Jiménez Bernal, J. A. (2020). *Termodinámica para Ingenieros*. Grupo Editorial Patria S.A. DE C.V.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Van Wylen, Gordon J.; Sontag, Richard E. (Eds.) (1990). *Fundamentos de termodinámica*. Limusa. México.

Manrique Valadez, José Ángel (1973). *Termodinámica. (3a. Ed.)*. Oxford. México.

Faires, Vigil M. (1973). *Termodinámica*. UTEHA. México.

Facorro Ruiz, L.A. (1969). *Curso de Termodinámica*. Mellior. Buenos Aires.

Isachenco, V.; Osipova, V.; Sukome, A. (Eds.) (1973). *Transmisión del Calor*. Marcombo.

Bados; Rossignoli (Eds.) (1968). *Transmisión del Calor*. Troquel. Buenos Aires.

Kern, D.Q. (1985). *Procesos de Transferencia de Calor*. CECSA. Méjico.

Manrique Valadez, José Ángel (2002). *Transferencia de calor (2a. Ed.)*. Oxford. México.

Cengel, Yunus A. (2003). *Transferencia de Calor*. McGraw Hill. México.

Holman, J.P. (1998). *Transferencia de calor*. CECSA. México.