

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Termodinámica
Clave de la asignatura:	AOF-1325
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Aeronáutica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil de egresado de ingeniería aeronáutica las herramientas conceptuales y metodológicas para analizar cualitativa y cuantitativamente los componentes de los sistemas aeronáuticos en los que se convierte o intercambia energía mediante las leyes de la termodinámica.

La asignatura está ubicada en el tercer semestre; las bases conceptuales y metodológicas que proporciona facilitan el tránsito del estudiante hacia asignaturas que requieren mayor grado de abstracción y mayor uso de las herramientas matemáticas como son mecánica de fluidos y transferencia de calor, donde el concepto de sistema abierto (volumen de control) y la aplicación de las leyes de conservación es tema central.

La Termodinámica es una ciencia fenomenológica; se propone entonces llegar a la abstracción que requiere en conceptos, definiciones y leyes a partir de la observación y el análisis de situaciones cotidianas que vive el estudiante. Se sugiere también que el estudiante busque y reflexione a partir de videos y documentales disponibles en la web, especialmente aquellos que muestran detalles de construcción y de funcionamiento de dispositivos que transforman la energía. Se propone que los estudiantes realicen investigación documental dirigida por el docente de los conceptos principales de cada tema del curso. Los aspectos más importantes deben ser identificados mediante un reporte y luego ser discutidos grupalmente para que los estudiantes mejoren sus capacidades de análisis y síntesis, además de expresarse apropiadamente en forma oral y escrita.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

El contenido de la asignatura está organizado en seis temas. En el primer tema se abordan los conceptos fundamentales de la asignatura y se concientiza al estudiante sobre su importancia práctica.

En el segundo tema, gases ideales y sustancias puras, se estudian las diversas formas de la ecuación del gas ideal que describen los cambios de volumen de los gases como función de la temperatura y de la presión, y se estudia también la representación tabular del comportamiento volumétrico real de fluidos como el agua. Con esta información se calculan procesos isotérmicos, isobáricos e isocóricos, que se representan gráficamente mediante diagramas de equilibrio.

En el tercer tema, primera ley de la Termodinámica, se establecen los enunciados de la conservación de la energía y se formaliza la primera ley aplicándola a procesos que ocurren en sistemas cerrados y abiertos. Se propone enfatizar el análisis y cálculo de los requerimientos de calor o de potencia en dispositivos de flujo particularmente los encontrados en sistemas aeronáuticos.

Mediante el cuarto tema, segunda ley de la Termodinámica, se pretende que el estudiante reconozca la segunda ley como la formalización de que los procesos de la naturaleza ocurren en una dirección y no en la dirección contraria. Se definen y se determinan los parámetros termodinámicos que caracterizan la conversión de calor en trabajo o de trabajo en calor en ciclos de potencia (directos) y de refrigeración (inversos), la eficiencia y el coeficiente de operación.

En el quinto tema, entropía, se utilizan el principio de incremento de entropía y el balance general de entropía para evaluar procesos de diferentes tipos. Para lograrlo se formaliza el concepto de entropía, se deducen las expresiones para los cambios de entropía de gases ideales y se determinan datos de entropía a partir de tablas de propiedades.

En el sexto tema, ciclos termodinámicos de potencia, se describen los procesos cíclicos más comunes para la transformación de calor en trabajo. Éstos se analizan integrando los conceptos y las herramientas estudiadas a lo largo del curso. En este tema se propone enfatizar el estudio de los procesos que ocurren en sistemas aeronáuticos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, del 5 al 8 de noviembre de 2012	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, de Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro,	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica

	Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, San Luís Potosi, IPN, UNAQ,UANL,	
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 12 de noviembre 2012 al 22 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Querétaro, Superiores de Ecatepec, Matamoros, Hermosillo, Mexicali, Saltillo	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería Aeronáutica del SNIT.
Instituto Tecnológico de Querétaro, del 25 al 28 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, IPN, UNAQ	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Aplica las leyes de la Termodinámica a los sistemas de la industria aeronáutica donde ocurren conversiones de energía para cuantificar su comportamiento bajo diferentes condiciones operativas en términos de la eficiencia térmica o el coeficiente de realización.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conoce las leyes elementales de la física. • Deriva e integra funciones sencillas. • Conoce instrumentos de medición de temperatura y presión. • Conoce las diferentes formas de la energía mecánica y sus conversiones. • Posee habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1.1 Termodinámica y energía 1.2 Dimensiones y unidades 1.3 Conceptos básicos 1.4 Propiedades 1.5 Ley cero de la termodinámica 1.6 El principio de conservación de la masa 1.7 Formas de energía 1.8 Eficiencia en la conversión de energía 1.9 Energía y ambiente 1.10 Aspectos termodinámicos de los sistemas de interés para la industria aeronáutica
2	GASES IDEALES Y SUSTANCIAS PURAS	2.1 Ecuaciones de estado de los gases 2.2 Ley de Boyle, Ley de Charles y Ley de Gay-Lussac 2.3 Calores específicos, energía interna y entalpía de gases ideales 2.4 Procesos en gases ideales 2.5 Factor de compresibilidad 2.6 Sustancia pura 2.7 Fases de una sustancia pura 2.8 Procesos, diagrama y cambios de fases 2.9 Tablas de propiedades termodinámicas de las sustancias puras
3	PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	3.1 Transferencia de energía por calor, trabajo y masa 3.2 Ecuación general de la energía 3.3 Balance de energía para sistemas cerrados 3.4 Balance de energía para sistemas de flujo estable 3.5 Balance de energía para proceso de flujo no estable 3.6 Balance de energía en una aeronave
4	SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA	4.1 Principios básicos 4.2 Depósitos de energía térmica 4.3 Enunciado de Kelvin-Planck 4.4 Máquinas térmicas 4.5 Refrigeradores y bombas de calor 4.6 La máquina térmica de Carnot 4.7 La desigualdad de Clausius 4.8 El refrigerador y la bomba de calor de Carnot 4.9 Procesos reversibles e irreversibles
5	ENTROPIA	5.1 El principio del incremento de entropía 5.2 Diagramas $T - s$ y $h - s$ 5.3 Las relaciones Tds 5.4 El cambio de entropía de sustancias

		puras 5.5 El cambio de entropía de gases ideales 5.6 Eficiencias adiabáticas de algunos dispositivos de flujo permanente 5.7 Balance general de entropía
6	CICLOS TERMODINÁMICOS DE POTENCIA	6.1 Ciclo Otto 6.2 Ciclo Diesel 6.3 Ciclo Joule-Brayton 6.4 Termodinámica de un turborreactor

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Fundamentos teóricos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Resuelve problemas que requieren la comprensión de conceptos básicos de la asignatura y de conversiones de unidades de presión, temperatura, volumen y densidad Genéricas: Plantea y resuelve problemas Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita	Investigar el concepto de energía y su importancia en el desarrollo tecnológico Busca documentales en video sobre la importancia de la termodinámica y sus aplicaciones Investigar los conceptos básicos de la termodinámica Elaborar un trabajo escrito sobre presión, temperatura, volumen y densidad: significado, medición y aplicaciones Resolver problemas que involucren el concepto de presión, temperatura y conversiones de unidades Participar en discusiones grupales de los temas investigados
2. Gases ideales y sustancia pura	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Resuelve problemas que requieren ecuaciones de estado de gases ideales o información tabular de propiedades del	Investigar la ecuación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos Investigar el factor de compresibilidad

<p>agua en estado líquido y gaseoso para describir cambios físicos típicos de la aeronáutica</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p>	<p>como una desviación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos</p> <p>Investigar los procesos con gases ideales y las leyes que los describen</p> <p>Elaborar un resumen sobre ecuaciones de estado para gases reales</p> <p>Investigar la relación entre las constantes de los gases ideales</p> <p>Investigar el significado de los conceptos relacionados con los cambios de fase</p> <p>Representar en diagramas de propiedades los procesos termodinámicos</p> <p>Resolver problemas que involucren tablas de propiedades de gases ideales y de agua</p> <p>Aplicar software para la determinación de propiedades del agua y la resolución de problemas</p>
<p>3. Primera Ley de la Termodinámica</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Realiza balances de masa y energía para evaluar sistemas y procesos de intercambio y de conversión de energía y los representa e interpreta en forma gráfica</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p>	<p>Enunciar el principio de conservación de masa y de energía en sistemas cerrados y abiertos</p> <p>Investigar las características y aplicaciones de algunos dispositivos de flujo estable</p> <p>Buscar documentales en video sobre la operación y funcionamiento de dispositivos de flujo para su identificación</p> <p>Realizar balances de masa y energía en diferentes sistemas enfatizando el estudio de sistemas abiertos</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p>

<p>Usa tecnologías de la información y la comunicación Investiga y trabaja en equipo</p>	
<p>4. Segunda Ley de la Termodinámica</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Resuelve problemas aplicando la segunda ley de la termodinámica a máquinas cíclicas para evaluarlas mediante la eficiencia o el coeficiente de operación y comprendiendo las limitaciones en las conversiones del calor y del trabajo</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p> <p>Investiga y trabaja en equipo</p>	<p>Explicar el significado de los siguientes conceptos: transformaciones reversibles e irreversibles, depósitos de energía térmica, máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor, eficiencia y coeficiente de operación</p> <p>Investigar y describir diversos enunciados de la segunda ley de la termodinámica discutiendo grupalmente sus implicaciones</p> <p>Discutir los conceptos de las máquinas de movimiento perpetuo</p> <p>Explicar el concepto de irreversibilidad que se presentan en los procesos</p> <p>Describir el ciclo de Carnot y analizar los principios de Carnot</p> <p>Determinar las expresiones para evaluar los ciclos de potencia (directos) y de refrigeración (inversos)</p> <p>Resolver problemas relacionados con el tema</p>
<p>5. Entropía</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza procesos termodinámicos mediante la entropía y el principio de incremento de entropía</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p>	<p>Explicar el concepto y la aplicación de entropía</p> <p>Explicar el principio del incremento de entropía</p> <p>Representar procesos en los diagramas temperatura - entropía y entalpía – entropía</p>

<p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p> <p>Investiga y trabaja en equipo</p>	<p>Analizar y discutir la entropía y la generación de entropía en la práctica</p> <p>Desarrollar y aplicar expresiones para cambios de entropía de fluidos en procesos</p> <p>Analizar y resolver problemas con procesos isoentrópicos y con variación de entropía</p> <p>Analizar y discutir el concepto de eficiencias isoentrópicas de los dispositivos de flujo estable</p> <p>Resolver problemas aplicando balances de entropía en sistemas termodinámicos</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p> <p>Aplicar software para la resolución de problemas</p>
<p>6. Ciclos termodinámicos de potencia</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Evalúa los ciclos de potencia de gases a través de la eficiencia térmica</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p>	<p>Investigar las características y las aplicaciones de los ciclos de potencia Otto, Diesel, Joule-Brayton</p> <p>Buscar documentales en video sobre la operación y funcionamiento de ciclos de potencia de gas</p> <p>Representar los ciclos en los diagramas T-S y P-V y determinar su eficiencia térmica</p> <p>Explicar los procesos de un motor de combustión interna</p> <p>Investigar las partes que componen a los motores e identificarlas en un esquema, maqueta o motor real</p> <p>Calcular la eficiencia térmica de los ciclos de turbina de gas aplicados a producción de energía eléctrica y aviación</p>

8. Práctica(s)

- 1 Obtención de la densidad de una sustancia
- 2 Determinación de la presión atmosférica (barómetro de Torricelli)
- 3 Realizar mediciones y conocer el funcionamiento de termómetros, termopares y manómetros
- 4 Determinación del punto de ebullición del agua u otros líquidos en función de la presión
- 5 Medición de calores específicos
- 6 Determinación del trabajo y la potencia de un compresor
- 7 Determinación del trabajo y la potencia de una turbina

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de realidad/situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitaria, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a formar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Proyectos propuestos:

1. Análisis de la operación estable de un intercambiador de calor de flujo continuo

10. Evaluación por competencias

Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda solicitar los trabajos enlistados y evaluarlos mediante el instrumento indicado:

Trabajo en clase.....	rúbrica
Reporte de investigación documental.....	lista de cotejo
Preguntas de control diario.....	registro
Videos.....	registro
Exámenes parciales.....	evaluación
Examen final.....	evaluación

11. Fuentes de información

Básicas

1. Cengel, Y. A. y Boles, M. (2012). *Termodinámica* (7a edición). México: McGraw-Hill.
2. Faires, V. M. y Clifford, M. S. (1982). *Termodinámica* (6a edición). México: UTEHA.
3. Moran, M. J. y Shappiro, H. N. (2004). *Fundamentos de Termodinámica Técnica*, (1a edición en español). Barcelona: Reverté.
4. Wark, K. (2001). *Termodinámica* (6a edición). Madrid: Mc Graw-Hill.

Complementarias:

1. Borhnaque, C., Sonntag, R. E. (2009). *Fundamentals of Thermodynamics* (7a edición). USA: John Wiley and Sons.
2. Granet, I. (1988). *Termodinámica*, México: Prentice Hall.
3. Fogiel, M. (Ed.). (1997). *The Thermodynamics Problem Solver*. New Jersey: Research and Education Association.
4. Howell, J.R. y Buckius, R. O. (1990). *Principios de termodinámica para ingenieros.*, México: Mc Graw Hill.
5. Jones, J. B. y Dugan, R. E. (1997). *Ingeniería termodinámica*. México: Prentice Hall.
6. Levenspiel, O. (1999). *Fundamentos de Termodinámica*. México: Prentice Hall.
7. Manrique, J. (2001). *Termodinámica*, tercera edición. México: Oxford University Press.
8. Saad, M. A. (1997). *Thermodynamics, Principles and Practice*. USA: Prentice Hall.
9. Segura, J. (2002). *Termodinámica Técnica* (2a edición). Barcelona: Reverté.
10. Van Wylen, G. J. y Sonntag, R. E. (1994). *Fundamentals of Classical Thermodynamics* (4a edición). New Jersey: John Wiley & Sons.