

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Termodinámica
Clave de la asignatura:	MEF-1031
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Mecánica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecánico la capacidad para explicar y resolver problemas que involucren el modelado y análisis de procesos termodinámicos. Asimismo le permitirá conocer y evaluar sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía.

Para su integración se ha tomado en cuenta la aplicación de herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales, así como un análisis de los temas del campo de la física (particularmente aquellos de mayor utilidad en el quehacer profesional del Ingeniero Mecánico).

Esta asignatura consiste en proporcionar al alumno los conocimientos y conceptos fundamentales de la Termodinámica clásica a fin de establecer un contacto directo con los procesos termodinámicos más comunes en la industria, a donde prestará sus servicios profesionales. Al mismo tiempo se pretende dar un enfoque al desarrollo sustentable, sensibilizando al alumno para el uso eficiente de la energía en su desempeño profesional.

La materia de Termodinámica provee la base para asignaturas de las áreas de ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada, tales como: mecánica de fluidos, sistemas e instalaciones hidráulicas, máquinas de fluidos compresibles, máquinas de fluidos incompresibles, sistemas de generación de energía, transferencia de calor, refrigeración y aire acondicionado. Por ello, se inserta en la primera mitad de la trayectoria escolar, antes de cursar aquéllas a las que da soporte.

De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: ecuación de conservación de la energía, análisis de procesos termodinámicos, mecanismos básicos de transferencia de calor, intercambiadores de calor, acondicionamiento de aire y refrigeradores, turbinas de gas y de vapor, compresores, ventiladores, turbinas hidráulicas, bombas, entre otros.

Intención didáctica

Se organiza el temario en seis secciones, combinando los contenidos conceptuales de la asignatura con ejemplos y problemas de aplicación en ingeniería de los procesos termodinámicos.

En primera instancia se abordan los principios y conceptos fundamentales que darán sentido y clarificarán la importancia de la asignatura. El conocimiento de las propiedades termodinámicas y las formas de energía permitirán al alumno comprender mejor la relación entre el medio ambiente y

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

la energía, sensibilizándolo respecto al uso eficiente de la energía.

En el segundo tema se abordan las ecuaciones de estado para gases ideales, así como los procesos, diagramas y cambios de fases de la sustancia pura. El propósito es proporcionar las herramientas necesarias para que el alumno sea capaz de analizar los procesos termodinámicos que se llevan a cabo con gases ideales y las sustancias puras más utilizadas en los procesos de ingeniería. El alumno aprende a utilizar las tablas de propiedades termodinámicas para sustancia pura y gases más comunes.

Las Leyes de la termodinámica (primera y segunda), así como el tema correspondiente a entropía, se abordan en las siguientes secciones, buscando una visión de conjunto de este campo de estudio. Al estudiar cada ley se incluyen los conceptos involucrados con ella para hacer un tratamiento más significativo, oportuno e integrado de dichos conceptos. La segunda ley y el concepto de entropía son esenciales para fundamentar una visión de economía energética.

Finalmente y para aplicar de manera concreta los principios y conceptos aprendidos en el curso, se aborda el tema de la disponibilidad de energía con el propósito de que el alumno realice balances de exergía para determinar el trabajo máximo de un sistema termodinámico y mediante el correspondiente análisis de disponibilidad, determinar la eficiencia termodinámica de los procesos más comunes en ingeniería.

La idea es abordar reiteradamente los conceptos fundamentales hasta conseguir su comprensión. Se propone abordar los procesos termodinámicos desde un punto de vista conceptual, partiendo de la identificación de cada uno de dichos procesos en el entorno cotidiano o el de desempeño profesional. Se incluye el estudio de cómo influye la presión de trabajo en la temperatura a la que se da el cambio de fase con fines de profundización.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean construidos, artificiales, virtuales o naturales.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango, Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, La Piedad, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.</p>

<p>Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Alvarado, Boca del Río, Cajeme, Cd. Serdán, Cd. Victoria, Chihuahua, Culiacán, La Laguna, Pachuca, Querétaro, Tláhuac II y Veracruz.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

Aplica los principios teóricos fundamentales y propiedades relacionadas con el manejo de la energía al análisis de sistemas y procesos termodinámicos, con énfasis en el uso responsable de la energía.

5. Competencias previas

- Conoce las leyes elementales de la física para la solución de problemas de termodinámica
- Conoce y maneja los sistemas de unidades para realizar conversiones.
- Conoce y resuelve problemas que involucren: métodos de solución de sistemas de ecuaciones algebraicas, funciones, derivadas, diferenciales e integrales y sus aplicaciones.
- Mide las variables físicas de presión y temperatura.
- Conoce las fuentes de energía y sus aplicaciones.
- Conoce los avances en la ciencia, la tecnología y su importancia en los sistemas térmicos relacionados con la generación, transmisión y optimización de energía.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamento teórico	1.1. Termodinámica y Energía 1.2. Dimensiones y unidades 1.3. Conceptos básicos 1.4. Propiedades 1.5. Ley cero de la termodinámica y escalas de temperaturas 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.
2	Gases Ideales y sustancia Pura	2.1. Ecuaciones de estado y análisis de procesos en gases ideales 2.2. Ley de Boyle, Ley de Charles y Ley de Gay-Lussac y principio de Avogadro 2.3. Calores específicos, energía interna y entalpía de gases ideales. 2.4. Procesos en gases ideales 2.5. Factor de compresibilidad 2.6. Otras ecuaciones de estado 2.7. Sustancia pura 2.8. Fases de una sustancia pura 2.9. Procesos, diagrama y cambios de fases. 2.10. Manejo de tablas de propiedades termodinámicas para 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 y sistemas abiertos 3.4. Aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos. 3.5. Balance de energía para sistemas de flujo estable. 3.6. Balance de energía para proceso de flujo no estable.
4	Segunda Ley de la	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 escala termodinámica de temperatura 4.7. La máquina térmica de Carnot 4.8. La desigualdad de Clausius

	Termodinámica	4.9. El refrigerador y la bomba de calor de Carnot. 4.10. Procesos reversibles e irreversibles. 4.11. El ciclo de Carnot y principios de Carnot
5	Entropía	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 líquidos y sólidos 5.6. El cambio de entropía de gases ideales 5.7. Eficiencias adiabáticas de algunos dispositivos de flujo permanente. 5.8. Balance general de entropía.
6	Disponibilidad de Energía	6.1. Trabajo máximo, trabajo reversible e irreversibilidad. 6.2. Eficiencia de la segunda ley. 6.3. Disponibilidad de energía. Exergía. 6.4. Disminución de exergía y exergía destruida. 6.5. Balance de exergía.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

I. Fundamento Teórico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica los conceptos básicos de la termodinámica en sistemas energéticos con la finalidad de interpretar las diferencias de cada proceso de energía y los sistemas básicos empleados para su transformación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Trabajo en equipo • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas • Habilidad para trabajar en forma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar el concepto de energía y su importancia en el desarrollo tecnológico. • Investigar la definición de termodinámica y el campo de aplicación de esta disciplina. • Elaborar un ensayo sobre termodinámica y energía. • Investigar el significado de los siguientes conceptos, propiedades y sus aplicaciones: peso, masa, fuerza, trabajo, calor, densidad, peso específico, volumen específico, volumen molar, sistemas cerrados, abiertos y aislados, límites o fronteras, entorno, masa de control, volumen de control, estado, equilibrio, proceso, proceso de flujo estable, fase trayectoria ,ciclo, propiedad termodinámica, propiedades extensivas, propiedades intensivas, propiedad específica, presión, temperatura, estado y equilibrio termodinámico, procesos y

<p>autónoma</p>	<p>ciclos, trayectoria, procesos de flujo estable y transitorio, leyes fundamentales de la termodinámica, energía y formas de energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar trabajos escritos sobre temperatura y ley cero de la termodinámica. • Investigar los diferentes tipos de dispositivos para medir la temperatura. • Elaborar un trabajo escrito sobre presión: tipos, significado, medición y aplicaciones. • Discutir los principales aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos. • Resolver problemas que involucren el concepto de presión y temperatura. • Elaborar un resumen sobre diferentes sistemas de unidades • Resolver problemas de conversión de unidades. Aplicar la constante g_c a la solución de problemas • Participar en discusiones grupales de los temas investigados.
<p>II. Gases Ideales y Sustancia Pura</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Aplica diferentes ecuaciones de estado, tablas de gases y tablas de vapor en la resolución de problemas termodinámicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la ecuación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos. • Investigar el factor de compresibilidad como una desviación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos. • Investigar los siguientes tópicos: Experimentos de Boyle, Charles y Gay-Lussac, ley de Avogadro, ley del gas ideal, ley de Dalton y concepto de presión parcial, ley de Amagat, ley de los estados correspondientes, factor de compresibilidad, estado crítico, y desviaciones del comportamiento ideal. • Elaborar un resumen sobre ecuaciones de estado para gases reales. • Investigar la relación de calores específicos con la energía interna y la

	<p>entalpía de gases ideales y las discutirán en dinámica de grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar el significado de los siguientes conceptos: sustancia pura, procesos de cambio de fase de sustancias puras, líquido comprimido, líquido saturado, vapor saturado, calidad de vapor, vapor sobrecalentado, temperatura y presión de saturación, calor latente y calor sensible. • Investigar las fases de una sustancia y la discutirán en dinámica de grupos. • Identificar y discutir los procesos con cambio de fase y su representación en diagramas de propiedades. • Elaborar trabajos sobre diagramas PT, TV, PV y superficie PVT para sustancias puras. • Mostrar el manejo de tablas de propiedades termodinámicas y resolver problemas que involucren tablas de propiedades de vapor • Investigar la presión de vapor y el equilibrio de fases y las discutirán en dinámica de grupos • Investigar la relación de calores específicos con la energía interna y la entalpía de sólidos y líquidos y las discutirán en dinámica de grupos. • Resolver problemas utilizando ecuaciones de estado y tablas de propiedades, calcular las desviaciones del comportamiento respecto al gas ideal. • Aplicar software para la resolución de problemas (EES, MATHEMATICA, MATLAB, MATHCAD).
--	---

III. Primera Ley de la Termodinámica

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica la primera ley de la termodinámica para realizar balances de energía en sistemas cerrados y abiertos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar el significado de los siguientes conceptos: interacciones de energía y trabajo, concepto de calor, energía potencial, energía cinética, energía interna y entalpía, formas mecánicas del trabajo, formas no mecánicas del trabajo, principio de conservación de la masa, calores específicos y su relación, energía interna y entalpía para gases ideales,

<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) 	<p>sólidos y líquidos, trabajo de flujo, energía de un fluido en movimiento y el experimento de Joule y de Joule-Thomson. Organizar una discusión en dinámica de grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar el balance de masa para procesos con flujo estable. • Analizar el trabajo de flujo y la energía de un fluido en movimiento. • Analizar la transferencia de energía por masa. • Elaborar trabajos sobre la primera ley de la termodinámica y el balance de energía en sistemas cerrados y en sistemas de flujo estable. Organizar una discusión en dinámica de grupos. • Analizar el balance de energía para sistemas cerrados y de flujo estable. • Investigar las características y aplicaciones de algunos dispositivos de flujo estable (toberas y difusores, turbinas y compresores, válvulas de estrangulamiento, cámaras de mezclado, intercambiadores de calor, entre otros) y la aplicación de la primera ley de la termodinámica.
---	---

IV. Segunda Ley de la Termodinámica

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Utiliza los conceptos relacionados con la segunda ley de la termodinámica para resolver problemas en sistemas termodinámicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar el significado de los siguientes conceptos: transformaciones reversibles e irreversibles, depósitos de energía térmica, máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor. • Investigar y describir los enunciados de la segunda ley de la termodinámica (Kelvin-Planck y Clausius, entre otros). • Discutir los conceptos de las máquinas de movimiento perpetuo. • Aplicar la segunda ley de la termodinámica a ciclos y dispositivos cíclicos. • Analizar los refrigeradores y las bombas de calor y determinar el coeficiente de funcionamiento. • Investigar las irreversibilidades que se presentan en los procesos. • Describir el ciclo de Carnot y analizar los principios de Carnot. • Determinar las expresiones para la eficiencia

	<p>térmica y coeficiente de funcionamiento de máquinas térmicas reversibles, bombas de calor y refrigeradores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la segunda ley de la termodinámica para desarrollar la escala termodinámica de temperatura. • Deducir matemáticamente la segunda ley de la termodinámica. • Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema. • Organizar una discusión en dinámica de grupos acerca de los temas investigados • Aplicar software para la resolución de problemas (EES, MATHEMATICA, MATLAB, MATHCAD).
V. Entropía	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Utiliza los conceptos relacionados con la segunda ley de la termodinámica para realizar balances de entropía en sistemas termodinámicos</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar trabajos sobre el concepto y la aplicación de entropía. • Definir y analizar el principio del incremento de entropía. • Analizar el cambio de entropía de sustancias puras y representarlo en diagramas temperatura - entropía y entalpía – entropía. • Analizar y discutir la entropía y la generación de entropía en la vida diaria. • Analizar las relaciones Tds y el cambio de entropía de sólidos y líquidos. • Analizar las relaciones Tds y el cambio de entropía de gases ideales mediante calores específicos constantes (tratamiento aproximado) y calores específicos variables (tratamiento exacto). • Analizar los procesos isentrópicos de gases ideales mediante calores específicos constantes (tratamiento aproximado) y calores específicos variables (tratamiento exacto), al usar presión relativa y volumen relativo. • Analizar el trabajo reversible en flujo estable. • Analizar y discutir las eficiencias isentrópicas de los dispositivos de flujo estable. • Analizar el balance de entropía para sistemas cerrados y volúmenes de control.

	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas aplicando balances de entropía en sistemas termodinámicos. • Participar en discusiones grupales de los temas investigados. • Aplicar software para la resolución de problemas (EES, MATHEMATICA, MATLAB, MATHCAD).
VI. Disponibilidad de Energía	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Obtiene el trabajo máximo de un sistema termodinámico para realizar balances de exergía en los procesos termodinámicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas • Compromiso ético. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar acerca de los siguientes conceptos: Exergía, trabajo reversible e irreversibilidad, destrucción de exergía y eficiencia de la segunda ley y organizar una discusión grupal. • Analizar la exergía como potencial de trabajo de la energía. • Analizar la exergía asociada con la energía cinética y energía potencial. • Examinar el comportamiento de diversos dispositivos de ingeniería a la luz de la segunda ley de la termodinámica. • Analizar la eficiencia de la segunda ley para máquinas térmicas, dispositivos productores de trabajo, dispositivos que consumen trabajo, refrigeradores y bombas de calor. • Analizar el cambio de exergía de un sistema (exergía de masa fija y exergía de flujo) • Analizar la transferencia de exergía por calor, trabajo y masa. • Analizar el principio de decremento de exergía y la destrucción de exergía. • Desarrollar y analizar el balance de exergía para sistemas cerrados y para volúmenes de control. • Aplicar el balance de exergía a la solución de problemas de ingeniería en sistemas cerrados y volúmenes de control. • Aplicar software para la resolución de problemas (EES, MATHEMATICA, MATLAB, MATHCAD)

8. Práctica(s)

- Medición de Temperatura
- Uso del calorímetro
- Manejo de instrumentos de medición de presión
- Determinar la dilatación térmica de sólidos y líquidos.
- Determinar el comportamiento de los gases y la agitación térmica.
- Determinar la curva de presión de vapor.
- Determinar el equivalente eléctrico del calor
- Determinar el punto triple, el punto de congelación, el punto ebullición y el punto crítico para el agua.
- Determinar el equivalente mecánico del calor.
- Determinar el trabajo a presión constante, temperatura constante, trabajo de resorte en un dispositivo cilindro – embolo.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, 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 la realidad o 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 comunitario, 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 desarrollar.
- **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.

Proyecto sugerido

Diseñar y construir un prototipo de cilindro-embolo que permita analizar las ecuaciones de estado (validaciones de temperatura, presión y/o volumen)

Objetivo:

El objetivo del proyecto es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura.

10. Evaluación por competencias

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

La evaluación de la asignatura se hará con base en siguiente desempeño:

- Exámenes escritos.
- Prácticas de laboratorio o simulación en software.
- Solución de casos prácticos, participación individual y en grupo.
- Reportes de visitas.
- Participar en ensayos y proyectos térmicos.
- Exposiciones por parte del alumno.
- Participación activa y crítica en clase.
- Mapas conceptuales
- Reportes de investigación
- Resúmenes
- Cuadros comparativos
- Diagramas de árbol
- Construcción y presentación de maquetas

Herramientas de evaluación:

- Rúbricas.
- Guía de observación.
- Listas de cotejo.
- Matriz de valoración.

11. Fuentes de información

1. Cengel, Y.A. y Boles, M.A. (2009). *Thermodynamics an engineering approach*. USA. Mc. Graw Hill.
2. Granet, I. *Termodinámica*, Ed. Prentice hall.
3. Howell, J.R. y Buckius, R. O. (1990). *Principios de termodinámica para ingenieros.*, Mexico. Mc Graw Hill.
4. Jones, J. B. y Dugan R. E. (1997). *Ingeniería termodinámica*. México. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.
5. Keenan, J. H. *Steam Tables*, Wiley.
6. Levenspiel, O. (1999). *Fundamentos de termodinámica*. México. Prentice Hall, Hispanoamericana.
7. Manrique, J. *Termodinámica*. Oxford University Press.
8. Moran, M.J. y Shappiro, H.N. *Fundamentos de termodinámica técnica*. Ed. Reverté.
9. Russell, I. D. y Adebisi, G. A. (2000). *Termodinámica clásica*. México. Addison Wesley Longman.
10. Saad, M. A. (1997). *Thermodynamics principles and practice*. USA. Prentice Hall.
11. Van Wylen, G. J. y Sonntag, R. E. (1994). *Fundamentals of classical thermodynamics*. USA. John Wiley and Sons, Inc.
12. Wark, K. (2001). *Termodinámica*. España. Mc Graw Hill.