

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Termodinámica</b>
Carrera: <b>Ingeniería Mecánica</b>
Clave de la asignatura: <b>MCT – 0540</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos <b>2 – 3 – 7</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Culiacán del 14 al 18 de Junio de 2004	Representantes de las academias de Ingeniería Mecánica de los Institutos Tecnológicos.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica.
Instituto Tecnológico de Celaya, Durango, La Laguna, Mérida, Mexicali, Oaxaca, Pachuca y Puebla	Academia de Ingeniería Mecánica.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de Pachuca del 8 al 12 de noviembre de 2004.	Comité de Consolidación de la carrera de Ingeniería Mecánica.	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica .

## 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Matemáticas I	Funciones, derivada, aplicaciones de la derivada Diferenciales	Transferencia de Calor	Calor, conducción, convección, cambio de fase Ciclos termodinámicos
Matemáticas II	Integral definida e indefinida y aplicaciones	Maquinas de fluidos compresibles	Compresores
Física II	Cinética de la partícula	Plantas térmicas	Generación de vapor, condensadores, ciclo Brayton, ciclo Rankine
Metrología	Sistema de unidades, medición de presión y temperatura	Refrigeración y aire acondicionado	Ciclo Carnot, compresores
Historia de la Ingeniería	Revolución tecnológica y tecnología del siglo XX		

a) Aportación de la asignatura al perfil del egresado

- Desarrollar y proponer sistemas de aprovechamiento de fuentes de energías convencionales y no convencionales
- Utilizar el pensamiento creativo y crítico en la solución de problemas y la toma de decisiones relacionados con su ámbito profesional
- Formular y desarrollar modelos matemáticos para simular procesos haciendo uso de las herramientas computacionales y experimentales

#### 4. OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Conocerá los principios teóricos fundamentales relacionados con el manejo de la energía, los aplicará al análisis de los procesos termodinámicos y desarrollará una visión responsable del uso de la energía.

## 5. T E M A R I O

Unidad	Temas	Subtemas
1	Conceptos básicos	1.1 Termodinámica y Energía 1.2 Dimensiones y unidades 1.2..1 Sistemas 1.2..2 Estado, Proceso, Trayectoria, Ciclo. 1.2..3 Propiedad, Propiedad extensiva. Propiedad intensiva, Propiedad específica. 1.3 Propiedades. 1.3..1 Densidad, Volumen específico, Peso específico y gravedad específica. 1.3..2 Presión, presión absoluta, presión atmosférica, presión manométrica y presión de vacío. 1.4 La ley Cero de la Termodinámica 1.4.1 Equilibrio térmico 1.4.2 Escalas de temperatura 1.3 El principio de conservación de la masa. 1.4 Formas de energía. 1.5 Energía y ambiente. 1.6 Aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos.
2	Diagramas de fase para sustancias puras y ecuaciones de estado de gas ideal	2.1 Sustancia pura 2.2 Fases de una sustancia pura 2.3 Procesos de cambio de fase de sustancias puras 2.4 Diagrama de fases 2.4.1 Líquido Comprimido 2.4.2 Líquido Saturado 2.4.3 Vapor Húmedo 2.4.4 Vapor Saturado 2.4.5 Vapor Sobrecalentado 2.4.6 Punto Crítico 2.4.7 Punto Triple 2.4.8 Diagrama P-T 2.4.9 Diagrama P-V 2.5 Tablas de propiedades 2.6 La ecuación de estado de gas ideal 2.6.1 Ley de Boyle 2.6.2 Ley de Charles 2.7 Factor de compresibilidad

		<p>2.8 Otras ecuaciones de estado</p> <p>2.9 Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales.</p> <p>2.10 Procesos termodinámicos</p> <p>2.11 Energía interna, entalpía y calores específicos sólidos y líquidos.</p> <p>2.12 Presión de vapor y equilibrio de fases.</p>
3	Primera ley de la termodinámica.	<p>3.1 Transferencia de energía por calor, trabajo y masa.</p> <p>3.1.1 Transferencia de calor.</p> <p>3.1.2 Transferencia de energía por trabajo.</p> <p>3.1.3 Formas mecánicas de trabajo.</p> <p>3.1.4 Principio de conservación de la masa.</p> <p>3.1.5 Trabajo de flujo y la energía de un fluido en movimiento.</p> <p>3.2 La primera ley de la termodinámica</p> <p>3.2.1 Balance de energía.</p> <p>3.2.2 Cambio de energía de un sistema</p> <p>3.2.3 Balance de energía para sistemas cerrados</p> <p>3.2.4 Balance de energía para sistemas de flujo estable.</p> <p>3.2.5 Balance de energía para procesos de flujo no estable.</p>
4	La segunda ley de la termodinámica y entropía	<p>4.1 Introducción a la segunda ley de la termodinámica</p> <p>4.2 Depósitos de energía térmica</p> <p>4.3 Máquinas térmicas</p> <p>4.4 Refrigeradores y bombas de calor</p> <p>4.5 Procesos reversible e irreversible</p> <p>4.6 El ciclo de Carnot y principios de Carnot</p> <p>4.7 La escala termodinámica de temperatura</p> <p>4.8 La máquina térmica de Carnot</p> <p>4.9 El refrigerador y la bomba de calor de Carnot</p> <p>4.10 La desigualdad de Clausius</p> <p>4.11 Entropía</p> <p>4.12 El principio del incremento de entropía</p> <p>4.13 Diagramas <math>T - s</math> y <math>h - s</math></p> <p>4.14 Las relaciones <math>Tds</math></p> <p>4.15 El cambio de entropía de sustancias puras</p> <p>4.16 El cambio de entropía de líquidos y sólidos</p>

		<p>4.17 El cambio de entropía de gases ideales</p> <p>4.18 Eficiencias adiabáticas de algunos dispositivos de flujo permanente</p> <p>4.19 Balance general de entropía.</p>
5	Disponibilidad de energía (exergía) y relaciones termodinámicas	<p>5.1 Trabajo máximo</p> <p>5.1.1 Trabajo máximo que intercambia calor con la atmósfera y un depósito a <math>T_R</math>.</p> <p>5.1.2 Trabajo reversible e irreversibilidad.</p> <p>5.2 Eficiencia de la segunda ley</p> <p>5.3 Exergía asociada con energía interna, cinética y potencial, <math>P_v</math> y <math>h</math>.</p> <p>5.3.1 Cambio de disponibilidad de energía ( exergía) de un sistema.</p> <p>5.4 Transferencia de exergía por calor, trabajo y masa</p> <p>5.5 El principio de disminución de exergía</p> <p>5.6 Balance de exergía</p> <p>5.7 Relaciones de Maxwell</p> <p>5.8 La ecuación de Clapeyron</p> <p>5.9 Relaciones generales para <math>du</math>, <math>dh</math>, <math>ds</math>, <math>c_v</math> y <math>c_p</math></p> <p>5.10 El coeficiente Joule – Thomson</p> <p>5.11 Cambios de energía interna, entalpía y entropía de gases reales.</p>
6	Relaciones de propiedades termodinámicas	<p>6.1 Relaciones de Maxwell.</p> <p>6.2 Ecuación de Clapeyron para sustancias con cambio de fase.</p> <p>6.3 Relaciones generales para <math>du</math>, <math>dh</math>, <math>C_v</math> y <math>C_p</math></p>

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Funciones, derivada, aplicaciones de la derivada.
- Diferenciales, integral definida e indefinida y aplicaciones.
- Cinética de la partícula.
- Sistema de unidades, medición de presión y temperatura.
- Revolución tecnológica y tecnología del siglo XX.

## 7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS.

- Aplicar una evaluación diagnóstica al inicio del curso

- Realizar visitas a plantas generadoras de energía eléctrica para recopilar información y desarrollar ejemplos prácticos.
- Fomentar talleres de solución de casos prácticos .
- Organizar sesiones grupales para la discusión .
- Promover la investigación entre los estudiantes.
- Realizar prácticas de laboratorio y elaborar reportes.
- Fomentar el uso de dinámicas grupales
- Invitar a un especialista en el tema
- Aportar conocimientos para evaluar y crear alternativas para el uso de los recursos disponibles en los sistemas térmicos
- Exponer información de las diversas formas en que la energía se manifiesta.
- Aplicar técnicas de medición para propiedades termodinámicas en análisis de procesos termodinámicos.
- Explicar el funcionamiento de diversas máquinas térmicas.
- Realizar un ensayo sobre el concepto de entropía.
- Explicar con ejemplos la influencia de la entropía en el medio social y en procesos termodinámicos.
- Graficar la relación entre dos variables de estado a partir de datos obtenidos experimentalmente.
- Emplear programas de cómputo para reforzar la comprensión de las relaciones entre propiedades.
- Indagar en forma bibliográfica y por Internet.
- Desarrollar experimentos relacionados con la conversión de la energía.

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN.

- Exámenes escritos.
- Practicas de laboratorio o simulación en software.
- Solución de casos prácticos, participación individual y en grupo
- Reportes de visitas.
- Participar en ensayos y proyectos térmicos.

Nota: los puntos 7 y 8 deberán ser desarrollados y/o enriquecidos en las academias correspondientes en conjunto con el departamento de desarrollo académico.

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1.- Conceptos Básicos

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocer la definición de termodinámica y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar el concepto de energía y su importancia en el desarrollo tecnológico y</li> </ul>	1, 2, 3 4, 5 y 7

<p>su relación con la energía.</p> <p>Conocer los conceptos y las definiciones fundamentales de la termodinámica.</p> <p>Conocer los enunciados de postulado de estado, la primera, segunda, tercera y la Ley cero de la termodinámica.</p> <p>Definir las diferentes formas de energía con las que trata la termodinámica clásica.</p> <p>Conocer los principales aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos.</p>	<p>se discutirán en dinámica de grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la definición de termodinámica y el campo de aplicación de esta disciplina y se discutirán en dinámica grupal.</li> <li>• Dar un breve repaso de los sistemas de unidades con prioridad al sistema internacional.</li> <li>• Investigar las definiciones de sistema, frontera, entorno, masa de control, volumen de control, estado, equilibrio, proceso, proceso de flujo estable, fase trayectoria ,ciclo, propiedad termodinámica, propiedad extensiva, propiedad intensiva, propiedad específica, presión, temperatura, y se discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar los enunciados de postulado de estado, la primera, segunda, tercera Ley de la termodinámica y la Ley cero de la termodinámica y se discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Discutir y definir las diferentes formas de energía con las que trata la termodinámica clásica.</li> <li>• Discutir los principales aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos.</li> <li>• Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema.</li> </ul>	
--	--	--

**Unidad 2.-** Sustancias puras y la ecuación de estado de gas ideal

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Identificar y comprender las fases de una sustancia pura</p> <p>Explicar el comportamiento de una sustancia pura en diagramas presión-temperatura, presión-volumen y presión-entalpía y calcular sus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las fases de una sustancia y la discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Identificar y discutir los procesos con cambio de fase y su representación en diagramas de propiedades.</li> <li>• Mostrar el manejo de tablas de propiedades termodinámicas.</li> <li>• Investigar las ecuación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar el factor de compresibilidad</li> </ul>	<p>1,2,3 4,5,6 7</p>

<p>propiedades haciendo uso de tablas de propiedades termodinámicas.</p> <p>Analizar el comportamiento del gas ideal y describir las correlaciones PVT de algunos gases reales.</p> <p>Conocer la relación de los calores específicos con la energía interna y la entalpía para gases, líquidos y sólidos.</p>	<p>como una desviación del gas ideal y sus características y las discutirán en dinámica de grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las otras ecuaciones de estado de los gases y sus características y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar la relación de calores específicos con la energía interna y la entalpía de gases ideales y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar la relación de calores específicos con la energía interna y la entalpía de sólidos y líquidos y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar la presión de vapor y el equilibrio de fases y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema.</li> </ul>	
--	--	--

### Unidad 3.- Primera ley de la termodinámica

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Definirá las diferentes formas de transferencia de energía.</p> <p>Aplicará la primera ley de la termodinámica en el análisis de sistemas cerrados.</p> <p>Aplicará la primera ley de la termodinámica en el análisis de sistemas abiertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la transferencia de energía por calor, trabajo y masa y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar las diferentes formas de trabajo y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Investigar las diferentes formas de trabajo no mecánico y las discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Analizar el principio de conservación de la masa.</li> <li>• Analizarán el balance de masa para procesos con flujo estable.</li> <li>• Analizar el trabajo de flujo y la energía de un fluido en movimiento.</li> <li>• Analizar la transferencia de energía por masa, y discutirlo en el grupo.</li> <li>• Investigar la primera ley de la termodinámica y los elementos que la constituyen y la discutirán en dinámica de grupos.</li> </ul>	<p>1,2,3 4,5,6 7</p>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el balance de energía para sistemas cerrados.</li> <li>• Analizar el balance de energía para sistemas de flujo estable.</li> <li>• Investigar los dispositivos con ingeniería de flujo estable y los discutirán en dinámica de grupos.</li> <li>• Analizar el balance de energía para procesos de flujo no estable (carga y descarga de recipientes).</li> <li>• Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema.</li> </ul>	
--	---	--

**Unidad 4.-** La segunda ley de la termodinámica y entropía

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Establecerá la segunda ley de la termodinámica a través de los axiomas de Clausius y de Kelvin Planck.</p> <p>Identificará las eficiencias de conversión de energía.</p> <p>Identificará las causas de irreversibilidad en los procesos.</p> <p>Analizará el ciclo de Carnot.</p> <p>Determinará la escala termodinámica de temperatura.</p> <p>Definirá y calcular el cambio de entropía en los procesos.</p> <p>Representará los procesos en los</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los enunciados de la segunda ley de la termodinámica y los discutirán en dinámica grupal.</li> <li>• Analizar las máquinas térmicas y determinar la eficiencia térmica.</li> <li>• Analizar los refrigeradores y las bombas de calor y determinar el coeficiente de funcionamiento.</li> <li>• Investigar las irreversibilidades que se presentan en los procesos y discutir en dinámica grupal.</li> <li>• Analizar el ciclo de Carnot y establecer los principios de Carnot.</li> <li>• Determinar la escala termodinámica de temperatura.</li> <li>• Analizar la desigualdad de Clausius.</li> <li>• Analizar el principio del incremento de entropía.</li> <li>• Analizar el cambio de entropía de sustancias puras y la representar en diagramas temperatura - entropía y entalpía – entropía.</li> <li>• Analizar y discutir la entropía y la generación de entropía en la vida diaria.</li> <li>• Analizar las relaciones <math>Tds</math> y el cambio de entropía de sólidos y líquidos.</li> <li>• Analizar las relaciones <math>Tds</math> y el cambio de entropía de gases ideales mediante</li> </ul>	<p>1,2,3 4,5,6 7</p>

<p>procesos en los diagramas temperatura – entropía y entalpía – entropía.</p> <p>Determinará el cambio de entropía total de un sistema.</p> <p>Realizará balances de entropía para sistemas cerrados y volúmenes de control</p>	<p>calores específicos constantes (tratamiento aproximado) y calores específicos variables (tratamiento exacto).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Analizar el trabajo reversible en flujo estable.</li> <li>• Analizar y discutirán las eficiencias isentrópicas de los dispositivos de flujo estable.</li> <li>• Analizar el balance de entropía para sistemas cerrados y volúmenes de control.</li> <li>• Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema.</li> </ul>	
--	---	--

#### Unidad 5.- Disponibilidad de energía (exergía)

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Identificará la energía disponible y la energía no disponible en un proceso.</p> <p>Determinará el trabajo máximo que puede obtenerse de un sistema termodinámico a partir de un estado dado.</p> <p>Calculará la exergía destruida en los procesos termodinámicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la exergía como potencial de trabajo de la energía.</li> <li>• Analizar la exergía asociada con la energía cinética y energía potencial.</li> <li>• Analizar el trabajo reversible y la irreversibilidad.</li> <li>• Analizar la eficiencia de la segunda ley para máquinas térmicas, dispositivos productores de trabajo, dispositivos que consumen trabajo, refrigeradores y bombas de calor.</li> <li>• Analizar el cambio de exergía de un sistema (exergía de masa fija y exergía de flujo)</li> <li>• Analizar la transferencia de exergía por calor, trabajo y masa.</li> <li>• Analizarán el principio de decremento de exergía y la destrucción de exergía.</li> <li>• Analizar el balance de exergía para sistemas cerrados y para volúmenes de control.</li> </ul>	<p>1,2,3 4,5,6 7</p>

## Unidad 6.- Relaciones de propiedades termodinámicas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá y aplicará las diferentes relaciones termodinámicas generales para evaluar las propiedades de las sustancias.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar las relaciones de Maxwell y discutir en dinámica grupal.</li><li>• Investigar la ecuación de Clapeyron y se discutirán en dinámica grupal.</li><li>• Investigar las relaciones generales para <math>du</math>, <math>dh</math>, <math>ds</math>, <math>C_v</math> y <math>C_p</math> y discutir en dinámica grupal.</li><li>• Investigar el coeficiente Joule - Thomson y discutir en dinámica grupal.</li><li>• Investigar las variaciones de entalpía, energía interna y entropía de gases reales y discutir en dinámica grupal.</li><li>• Resolver problemas de aplicación real relacionados con el tema.</li></ul>	1,2,3 4,5,6 7

### 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Yunus A. Cengel y Michael A Boles. *Thermodynamics an engineering approach*. U. S. A: Editorial Mc Graw Hill. 2002, 829 p.
2. Van Wylen, G. J. y R. E., Sonntag. *Fundamentals of classical thermodynamics*. U. S. A: Editorial John Wiley and Sons, inc. 1994, 852 p.
3. Saad, Michel A. *Thermodynamics principles and practice*. U. S. A: Editorial Prentice Hall. 1997, 935 p.
4. Wark , K. *Termodinámica*. España: Editorial Mc Graw Hill. 2001, 1048 p.
5. Howell, J.R. y R. O. Buckius. *Principios de termodinámica para ingenieros*. México: Editorial Mc Graw Hill. 1990, 713 p.
6. Keenan, J. H. *Steam tables, international edition*. Editorial Wiley.
7. Jones, J. B. y R. E. Dugan. *Ingeniería Termodinámica*. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. 1997, 1000 p.

### 11. PRÁCTICAS PROPUESTAS.

1. Medición de Temperaturas a diferentes sustancias con diferentes termómetros y diferentes escalas de temperatura.
2. Medición de presión a diferentes sustancias con diferentes aparatos de medición de presión y presiones atmosféricas, manométricas y de vacío y convertirlas a presiones absolutas.
3. Determinar los calores específicos para diferentes sustancias.
4. Determinar la dilatación térmica de sólidos y líquidos.
5. Determinar el comportamiento de los gases y la agitación térmica.

6. Determinar la curva de presión de vapor.
7. Determinar el equivalente eléctrico del calor
8. determinar el punto triple, el punto de congelación, el punto ebullición y el punto crítico para el agua.
9. Determinar el equivalente mecánico del calor.
10. Determinar el trabajo a presión constante, temperatura constante, trabajo de resorte en un dispositivo cilindro – embolo.

Se deberán elaborar las Guías de Prácticas correspondientes.

## COMENTARIO

Para el desarrollo didáctico de los contenidos de este programa, se sugiere para cada tema, la intervención dinámica del facilitador, fomentar de manera permanente las actividades de investigación en el estudiante y solución de problemas de aplicación, conforme a los lineamientos del nuevo modelo educativo de la Educación Superior Tecnológica.