

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Sistemas Térmicos
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables.
Clave de la asignatura:	ERF-1029
(Créditos) SATCA ¹	3-2-5

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en energías renovables, la capacidad de formular, gestionar y evaluar proyectos donde la energía térmica realiza el papel principal en la realización de trabajo útil, función de una máquina o equipo térmico.

Asimismo, capacita al alumno para el uso eficiente de la energía térmica, apegándose a las normas y acuerdos nacionales e internacionales, existentes, con la finalidad de utilizarla en los sectores productivos y de servicios.

Esta materia integra conocimientos de otras como: Termodinámica y Transferencia de Calor, principalmente, debido a esto, el alumno podrá aplicar los conceptos y principios vistos anteriormente, a través de la realización de trabajo útil, en el marco del desarrollo sustentable.

La presente asignatura aporta además, la capacidad de Comprender los fundamentos de los ciclos de vapor y gases para la selección, análisis, instalación, operación, control y mantenimiento de los motores de combustión interna y compresores. Proyectar, gestionar, implementar y controlar actividades de instalación y operación de los sistemas energéticos renovables.

Así como formular, gestionar y evaluar, proyectos de ingeniería relacionados con sistemas y dispositivos en el área de los sistemas energéticos renovables, con el fin de proponer soluciones con tecnología de vanguardia, en el marco del desarrollo sustentable.

Intención didáctica.

El temario consta de nueve unidades, en donde la primera tiene como objetivo principal el comprender los fundamentos del proceso de transformación de la energía química de un biocombustible en energía térmica; la segunda unidad tiene como objetivo entender el proceso de utilización eficiente de la energía térmica de la combustión para generar un medio operante (vapor de agua), mismo que transporte esa energía y que sea capaz de convertirla en energía cinética para efectuar un trabajo útil; con la tercera unidad, se comprenderá el proceso de conversión de la energía cinética del medio operante en trabajo útil, en la cuarta unidad, se comprende la utilización de la energía térmica del medio operante para ser transferida donde se requiera a través de la tendencia del equilibrio térmico de dos sustancias de diferente temperatura; en la quinta unidad el alumno debe comprender, para analizar y explicar, el ciclo de vapor con el fin de dar un enfoque termodinámico al funcionamiento de las turbinas de vapor, vistas en la materia de máquinas y equipos

térmicos, con la finalidad de comparar y calcular el rendimiento de una máquina de vapor, bajo condiciones de operación diferentes.

En la sexta unidad, el alumno comprenderá el ciclo básico que se utiliza para el análisis de funcionamiento de una turbina de gas, aprenderá las diferencias entre un ciclo abierto (Brayton) y un ciclo cerrado (Otto) así como las diferentes formas de comportamiento de las máquinas al incorporar diferentes aditamentos que remodelan el ciclo. En la séptima unidad, el alumno comprenderá la clasificación, el funcionamiento, rendimiento y potencia de los motores de combustión interna, identificando cada uno de sus componentes así como la función de cada uno de ellos, en ésta unidad se abarcan las turbinas de gas y motores de propulsión a chorro puesto que pertenecen también a la clasificación de los motores de combustión interna; se harán prácticas en el laboratorio para determinar experimentalmente las curvas de los parámetros de funcionamiento de un motor con diferentes tipos de biocombustibles, con diesel y gasolina bajo distintas cargas de operación.

En la octava unidad, el alumno comprenderá las diferentes combinaciones que se realizan con el fin de incrementar los rendimientos de los sistemas, logrando una reducción significativa de las pérdidas.

En la novena y última unidad se aborda el tema de la clasificación y análisis del funcionamiento de un compresor, identificando los principios de termodinámica que intervienen en los compresores.

El enfoque de ésta materia debe darse con la finalidad de que el alumno sea capaz de seleccionar, instalar y mantener el correcto funcionamiento de los diferentes maquinas y equipos térmicos utilizados en la industria, de acuerdo a sus necesidades, buscando la optimización de los equipos y solucionando problemas en el funcionamiento de ellos.

Es importante que el alumno también sea capaz de interpretar un manual del fabricante de los equipos con el fin de hacer una instalación eficaz así como la operación y mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:	Competencias instrumentales
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar, instalar, operar, controlar y mantener los generadores de vapor, turbinas a vapor y equipos auxiliares. • Diseñar y evaluar los cambiadores de calor. • Realizar la evaluación energética, el balance térmico de los diferentes motores de combustión interna y de los ciclos de vapor, ciclos de gas, ciclos combinados compresores, así como su selección y fundamentos para su mantenimiento. 	<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.
	<p>Competencias interpersonales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Capacidad crítica y autocrítica 2 Trabajo en equipo 3 Habilidades interpersonales

	Competencias sistémicas <ol style="list-style-type: none"> 1 Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 2 Habilidades de investigación 3 Capacidad de aprender 4 Habilidad para trabajar en forma autónoma <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad de organizar y planificar ▪ Conocimientos generales básicos ▪ Conocimientos básicos de la carrera ▪ Comunicación oral y escrita en su propia lengua ▪ Conocimiento de una segunda lengua
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

LUGAR Y FECHA DE ELABORACIÓN O REVISIÓN	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES (CAMBIOS Y JUSTIFICACIÓN)
Instituto Tecnológico de Puebla, del 8 al 12 de junio de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Contexto global y nacional en energía. Marco jurídico nacional e internacional. Justificación de la carrera
Instituto Tecnológico de Puerto Vallarta, del 10 al 14 de Agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Villahermosa, Orizaba y La Laguna.	Reunión de Diseño curricular de la carrera, definiendo la retícula y los programas sintéticos.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de agosto de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Toluca, Saltillo, Minatitlán y Villahermosa	Formulación de programas desarrollados para las materias de primer semestre
Instituto Tecnológico de Minatitlán del 28 de agosto del 2009 al 21 de mayo de 2010.	Representante de la Academia de Metal Mecánica.	Formulación de propuesta de programa desarrollado por competencias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, León, Mexicali, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Reunión Nacional de Consolidación de la carrera de Ingeniería en energías renovables.

5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

- Seleccionar, instalar, operar, controlar y mantener los generadores de vapor, turbinas a vapor y equipos auxiliares.
- Diseñar y evaluar los cambiadores de calor.
- Realizar la evaluación energética, el balance térmico de los diferentes motores de combustión interna y de los ciclos de vapor, ciclos de gas, ciclos combinados compresores, así como su selección y fundamentos para su mantenimiento.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Reconocer los conceptos de estequiometria y reacciones exotérmicas.
- Interpretar y aplicar los conceptos básicos y las leyes de la termodinámica para seleccionar y evaluar sistemas y equipos térmicos relacionados con la Ingeniería en energías renovables.
- Aplicar, interpretar y evaluar las leyes de transferencia de calor en problemas donde intervienen sistemas energéticos.
- Interpretar las propiedades de los materiales.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Combustión	1.1 Procesos de combustión teóricos y reales. 1.2 Entalpía de formación y combustión. 1.3 Poderes caloríficos inferior y superior. 1.4 Análisis de la primera ley de sistemas reactivos. 1.5 Sistemas de flujo estable y flujo cerrado. 1.6 Temperatura de flama adiabática. 1.7 Análisis de la segunda ley de sistemas reactivos. 1.8 Influencia de las condiciones atmosféricas. 1.9 Análisis de los productos de la combustión. 1.10 Normas de control de contaminación ambiental.
2	Generadores de vapor	2.1 Clasificación de los generadores de vapor. 2.2 Selección de los generadores de vapor. 2.3 Reglamentos industriales. 2.4 Componentes del sistema de alimentación de agua. 2.5 Tratamiento de agua de alimentación. 2.6 Balance térmico de un generador de vapor.
3	Turbinas de vapor y equipos auxiliares.	3.1 Clasificación. 3.2 Elementos de una turbina de vapor.

		3.3 Principios de funcionamiento. 3.4 Sistemas de regulación. 3.5 Aplicaciones, selección y evaluación. 3.6 Principios de mantenimiento. 3.7 Válvulas. 3.8 Trampas de vapor. 3.9 Instrumentos de medición (Manómetros, termómetros y pirómetros.) 3.10 Turbobombas. 3.11 Turbocompresores y turboventiladores. 3.12 Condensadores. 3.13 Eyectores de aire. 3.14 Criterios de selección.
4	Intercambiadores de calor.	4.1 Coeficiente global de transferencia de calor. 4.2 Factores de suciedad. 4.3 Tipos de intercambiadores de calor. 4.4 Temperatura media logarítmica. 4.5 Método del NUT (número de unidades de transferencia)-rendimiento. 4.6 Intercambiadores de calor compactos. 4.7 Análisis de propiedades en los intercambiadores de calor. 4.8 Consideraciones sobre el diseño y la evaluación de intercambiadores de calor. 4.9 Variación de análisis de propiedades térmicas.
5	Ciclo de vapor.	5.1 Ciclos Rankine 5.2 Ciclo de Hirn 5.3 Ciclo Carnot 5.4 Eficiencia.
6	Ciclo de gas.	6.1 Ciclo Brayton ideal. 6.2 Ciclo Brayton real. 6.3 Turbinas de gas. 6.4 Ciclo Brayton con regeneración. 6.5 Ciclo Brayton con interenfriamiento. 6.6 Ciclo Brayton con recalentamiento. 6.7 Eficiencia
7	Motores de combustión interna	7.1 Clasificación de los motores de combustión interna. 7.2 Motor Otto. 7.3 Motor Diesel. 7.4 Sistemas auxiliares (Sistema de encendido, Sistema de inyección, sistema de lubricación, sistema de enfriamiento). 7.5 Motores de propulsión a chorro. 7.6 Análisis energético de las turbinas de gas. 7.7 Rendimientos, potencia y selección.

8	Ciclos combinados.	8.1 Tipos de ciclos combinados 8.2 En la generación de energía 8.3 En la cogeneración 8.4 Eficiencia energética.
9	Compresores	9.1 Clasificación. 9.2 Análisis de la primera ley de la termodinámica en un compresor recíprocante y centrífugo. 9.3 Compresión multietápica con enfriamiento intermedio. 9.4 Eficiencia isotérmica del compresor. 9.5 Eficiencia isoentrópica del compresor. 9.6 Eficiencia politrópica del compresor. 9.7 Trabajo ideal del compresor. 9.8 Trabajo real del compresor. 9.9 Aplicación termodinámica del compresor.

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

- Realizar investigación documental para reforzar la comprensión de los conceptos de este curso con exposición al grupo.
- Desarrollar los modelos didácticos (analogías) que permitan comprender los conceptos teóricos.
- Realizar experimentos posibles para el reforzamiento de los conceptos.
- Crear equipos de trabajo con la finalidad de reflexionar, dialogar y discutir los diferentes temas y presentar una conclusión de los mismos.
- Organizar visitas a instalaciones térmicas, para observar e identificar las partes, funciones y control del sistema, realizando un reporte con los datos relevantes del mismo.
- Proporcionar casos o ejemplos de problemas reales, cotidianos y actuales.
- Fomentar el uso adecuado de conceptos y terminología científico-tecnológica en las exposiciones de los alumnos.
- Realizar prácticas de los cálculos necesarios para la adecuada selección de los equipos.
- Describir la importancia del cuidado del medio ambiente en el uso adecuado de los parámetros de operación de las máquinas y equipos térmicos, calculándolos y ajustándolos mediante una ingeniería con enfoque sustentable.
- Realizar un estudio del grado de utilización de las máquinas y equipos térmicos en la industria en general, resaltando la importancia de los mismos.
- Utilizar software especializados en el área que aplique.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes escritos.
- Resolución de problemas y trabajos de investigación
- Participación en clase, prácticas de laboratorio y visitas industriales.
- Exposición de los temas investigados

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD 1: COMBUSTIÓN

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none">Comprender los fundamentos de la combustión.Realizar el cálculo volumétrico y térmico de la combustión estequiometría y real atendiendo los diferentes tipos de biocombustibles, sus ventajas, desventajas y aplicaciones en la industria así como el impacto en la ecología que cada uno de ellos tiene.	<ul style="list-style-type: none">Trabajo de investigación de los alumnos para determinar los componentes de cada uno de los biocombustibles así como su poder calorífico y equilibrio estequiométrico, impacto ambiental en el uso de ellos, exposición al grupo creando un foro de dialogo-discusión acerca de cada uno de los temas. Fomentando el trabajo en equipo.Realizar cálculos volumétricos y térmicos para los diferentes tipos de biocombustible.

UNIDAD 2: GENERADORES DE VAPOR

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none">Seleccionar los generadores de vapor atendiendo la normatividad nacional e internacional, cargas térmicas y parámetros de trabajo.Aplicar los conocimientos de la termodinámica para el cálculo del balance térmico de un generador de vapor.	<ul style="list-style-type: none">Investigar los tipos de generadores de vapor utilizados en la industria describiendo su utilidad (ventajas y desventajas) y explicando sus aplicaciones.Determinar cuantitativamente y en forma experimental, la distribución del calor liberado por el combustible , para un generador de vapor, calculando:<ul style="list-style-type: none">El Calor útil para generar vapor.La Entalpía de vapor de agua.La Pérdida de calor por combustión incompleta del carbonoLa Pérdida de calor sensible en los gases de escape.Otras Pérdidas.

UNIDAD 3: TURBINAS DE VAPOR Y EQUIPOS AUXILIARES.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Aplicar los principios de funcionamiento de los diferentes tipos	<ul style="list-style-type: none">Investigar la clasificación de los diferentes tipos de turbinas de vapor, así como las

de turbinas de vapor así como las leyes de la termodinámica, para lograr una selección, evaluación y un adecuado mantenimiento de las mismas así como de los equipos auxiliares.	<p>ventajas y desventajas de cada una de ellas, en sus aplicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las partes que componen una turbina de vapor, describiendo su función. • Discutir en grupo, los principios de funcionamiento de una turbina de vapor. • Hacer un trabajo donde explique las aplicaciones de cada tipo de turbina de vapor y el criterio de selección de un equipo. • Se recomienda una visita a las industrias que ocupen alguna turbina de vapor con el fin de identificar sus elementos y sus sistemas de regulación. • Realizar una investigación sobre los tipos, normas de mantenimiento a las turbinas de vapor. • Reporte de cálculo sobre la evaluación de una turbina de vapor previamente seleccionada. • Utilización de software especializado. • Realizar una investigación sobre los tipos, normas de mantenimiento de los diferentes equipos auxiliares.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

UNIDAD 4: INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Aplicar las consideraciones sobre el diseño y evaluación de intercambiadores de calor.	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular y aplicar el coeficiente global de transferencia de calor. • Investigar, discutir y concluir como afecta el factor de suciedad en los intercambiadores de calor. • Identificar los diferentes tipos de intercambiadores de calor. • Analizar las propiedades de los fluidos usados en los intercambiadores de calor. • Dominar las consideraciones sobre el diseño y evaluación de los intercambiadores de calor. • Utilización de software especializado.

UNIDAD 5: CICLO DE VAPOR.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
--------------------------------------	----------------------------

Realizar la evaluación energética y el balance térmico de los diferentes ciclos de vapor.	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de investigación de los alumnos para determinar cómo se distribuye la energía térmica que entra al sistema y determinar las diferentes pérdidas así como sus porcentajes. • Comprender y explicar el impacto ambiental producto de las pérdidas de energía. • Exposición al grupo creando un foro de dialogo-discusión acerca de cada uno de los temas, propiciando el trabajo en equipo. • Uso de software especializado.
-------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

UNIDAD 6: CICLO DE GAS

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Realizar la evaluación energética y el balance térmico de los diferentes ciclos de gas.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e interpretar las gráficas de los ciclos de gas ideales. • Identificar e interpretar las gráficas de los ciclos de gas reales. • Hacer un análisis comparativo de las gráficas de los ciclos ideal y real de las maquinas térmicas. • Identificar las pérdidas de energía de los sistemas térmicos en estudio, proponiendo formas de reducción de las pérdidas. • Uso de software especializado.

UNIDAD 7: MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Realizar la evaluación energética y el balance térmico de los diferentes motores de combustión interna, así como su selección y fundamentos para su mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la clasificación de los diferentes tipos de motores de combustión interna, según su aplicación, forma de conversión de energía, disposición física de los cilindros, ciclos por revolución, etc. así como las ventajas y desventajas de cada una de ellos, en sus aplicaciones. • Identificar las partes que componen un motor de combustión interna, describiendo su función. • Discutir en grupo, los principios de funcionamiento de los motores de combustión interna. • Hacer un trabajo donde explique las

	<p>aplicaciones de cada tipo de motor de combustión interna y el criterio de selección y mantenimiento de cada uno de ellos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de software especializado. • Se recomienda una visita a las industrias que utilicen y fabriquen diferentes tipos de motores de combustión interna.
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

UNIDAD 8.-CICLOS COMBINADOS

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Realizar la evaluación energética y el balance térmico de los diferentes ciclos combinados.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar, discutir y concluir en equipo como contribuye la combinación de los ciclos de gas y vapor al aumento del rendimiento de los sistemas térmicos. • Identificar las diferentes formas de combinación de los ciclos de gas y vapor en los procesos de obtención de energía eléctrica. • Analizar los planos termodinámicos de los ciclos combinados. • Utilizar software especializado.

UNIDAD 9.-COMPRESORES

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Realizar la evaluación energética y el balance térmico de los diferentes compresores, así como su selección y fundamentos para su mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diferentes tipos y principios de funcionamiento de los compresores. • Relacionar las leyes de la termodinámica a los principios de operación de los compresores. • Exponer y establecer en el grupo un dialogo-discusión sobre los diferentes temas sobre compresores. • Establecer las diferencias entre el trabajo ideal y real de un compresor. • Determinar las eficiencias adiabáticas, politrópica e isentrópica de un compresor.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Frederick T. Morse, Centrales Eléctricas, 3ª edición, Compañía Editorial Continental, S.A., México, España, Argentina, Chile, Venezuela. 1976.

2. Virgil Moring Faires, Termodinámica, 2ª edición, U.T.E.H.A, México, 1973.
3. Fundamentos de transferencia de calor, F. Incropera-D.Dewit 2003.
4. Calderas Navales, 1ª edición, Heroica Escuela Naval Militar, México, 2007.
5. Maquinaria Naval Auxiliar, 1ª edición, Heroica Escuela Naval Militar, México, 2007.
6. Cengel Yunus A. Transferencia de calor y masa, Tercera edición, 2007, Editorial Mc Graw-Hill.
7. Donald Q. Kern, Procesos de transferencia de calor, Quinta edición, año1999 Editorial CECSA.
8. Welty, Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa, Segunda edición, año1999, Editorial Limusa.
9. Brid R. B., Stewart W. E. y Lightfoot E. N. Fenómenos de transporte, segunda edición, Año 2002, Editorial Reverté.
10. Shield, Carl D. Generadores de vapor, tipos características y sus funciones. Editorial: continental,1987. 8a edición.
11. Moran Michael J. and Shapiro N. Howard. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. Editorial: John Wiley and Sons, 2000.
12. Comisión federal de electricidad. Teoría de pruebas y combustión. 1991.
13. Russell Lynn D y ADEBIYI George A. Termodinámica clásica. Editorial: Pearson education, 2000. 9a edición.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Cálculo del balance de la ecuación de combustión de biocombustibles..
- Calculo del Balance térmico del generador de vapor empleando equipos auxiliares.
- Determinación experimental del coeficiente de transferencia de calor para un intercambiador de calor de flujos paralelos y contra flujo.
- Modelar los componentes de un generador de vapor.
- Determinación de transferencia de energía, efectividad, diferencia media logarítmica y el NUT en intercambiadores de calor.
- Hacer evaluación de campo en tiempo real de una turbina de vapor.
- Balance térmico de un motor diesel y gasolina.
- Balance térmico de un compresor de pistones reciproantes y centrífugo.
- Determinar las curvas de consumos de combustible, par torsional a diferentes rpm, rendimiento volumétrico de un motor de combustión interna en el dinamómetro de pruebas.
- Prácticas de laboratorio de ciclos de vapor, ciclos de gas y ciclos combinados.