

Nombre y código de la asignatura		Teoría de la Combustión - DE2E14					
Área académica		Ciencias Térmicas					
Semestre	Créditos	Requisitos	Horas presenciales (HP)			Horas de trabajo independiente	Total de horas
			Teóricas	Prácticas	HP Totales		
2, 3 o 4	4	Ninguno	2	1	3	9	12

Año de actualización de la asignatura: 2020

1. Breve descripción

La combustión es un proceso que está presente en diferentes aplicaciones de los sectores de desarrollo de la sociedad. Entre estas se tienen la producción de potencia y el calentamiento para la manufactura en procesos industriales. La comprensión de los fenómenos de combustión es útil para entender los diferentes avances tecnológicos y de ingeniería asociados al proceso, para proponer estrategias de mejoramiento del desempeño ambiental, y para el diseño, la operación, y el mantenimiento de equipos de combustión.

En este curso se abordan los fundamentos de la combustión y se profundiza en varios conceptos para comprender el funcionamiento y el papel que juega la combustión en diferentes tipos de aplicaciones industriales. Se emplean unas bases matemáticas, químicas y físicas con profundidad para abordar los diferentes conceptos y permitir una formación investigativa por parte de los estudiantes. Adicionalmente, los proyectos de tipo experimental complementan la labor de exploración de los fenómenos básicos de la combustión y, a la vez, se fomenta de la investigación.

2. Objetivo general

Lograr que el ingeniero esté en capacidad de usar las leyes de conservación de la masa, la conservación de las especies de átomos y la conservación de la energía, para el análisis de procesos de combustión y la evaluación y discusión de sus parámetros de funcionamiento y desempeño.

3. Resultados de aprendizaje de asignatura

El estudiante:

1. Aplica y acopla las leyes de conservación para el análisis de los procesos y fenómenos físico-químicos de la combustión.
2. Identifica y aplica diferentes parámetros y criterios de evaluación y comparación de los procesos de combustión.
3. Conoce y evalúa diferentes aplicaciones relacionadas con la combustión, comprendiendo la relación entre el conocimiento científico y los desarrollos de la tecnología de la combustión.
4. Redacta informes estructurados sobre las prácticas experimentales con adecuado nivel de síntesis y profundidad, así como de ortografía y gramática.
5. Adquiere y fortalece sus nociones y criterios normativos, ambientales, técnicos, tecnológicos, culturales, económicos y sociales, relacionados con la combustión y los combustibles.

4. Contenido

1. INTRODUCCIÓN (~2 horas)

Combustibles y su relación con la actualidad energética en el país y en el ámbito mundial. Matriz energética de la economía nacional y canasta energética por sectores de consumo. Emisiones contaminantes e intensidad de emisiones en el contexto nacional. Norma ISO 50001: *Energy Management Systems*.

2. TERMOQUÍMICA DE LA COMBUSTIÓN^[1, 2, 5, 6, 7] (~16 horas)

Fundamentos de termodinámica: propiedades termodinámicas, ecuaciones de estado, mezclas de gases ideales, Primera Ley de la Termodinámica. Estequiometría. Entalpía absoluta y entalpía de formación. Entalpía de combustión y poderes caloríficos. Temperatura de llama adiabática. Equilibrio químico: Segunda Ley de la Termodinámica, función de Gibbs, Equilibrio de los productos de combustión: equilibrio completo, ecuación de equilibrio agua-gas, efectos de la presión y la temperatura en la composición de equilibrio.

3. TRANSFERENCIA DE MASA ^[1, 3, 7] (~8 horas)

Leyes la transferencia de masa: Ley de Fick, difusión molecular, analogía con la conducción del calor, conservación de especies. Aplicaciones de la transferencia de masa: el problema de Stefan y evaporación de la gota.

4. CINÉTICA QUÍMICA ^[1, 4, 7] (~8 horas)

Reacciones globales y reacciones elementales. Velocidades de reacción: teoría de colisión molecular. Velocidades de reacción para mecanismos con reacciones en serie. Reacciones entre coeficientes de velocidad de reacción y constantes de equilibrio químico. Aproximación de estado estable. Mecanismos químicos importantes.

5. SISTEMAS REACTANTES ^[3, 4, 7] (~6 horas)

Acoplamiento del análisis químico y térmico. Leyes de conservación aplicadas a un reactor a presión constante (masa fija). Leyes de conservación aplicadas a un reactor a volumen constante (masa fija). Leyes de conservación aplicadas a un flujo reactante.

6. LLAMAS LAMINARES PREMEZCLADAS ^[1, 4, 7] (~8 horas)

Estructura de las llamas premezcladas. Descripción teórica de las llamas premezcladas. Velocidad y espesor de llama: factores de influencia. Límites de inflamabilidad. Enfriamiento y estabilización de llama.

7. LLAMAS LAMINARES DIFUSIVAS ^[1, 4, 7] (~8 horas)

Estructura de las llamas difusivas. Descripción teórica de las llamas difusivas. Longitud de la llama difusiva. Formación de hollín en la llama difusiva.

8. EMISIONES CONTAMINANTES ^[2, 6, 7] (~8 horas)

Aspectos relevantes en relación con las emisiones contaminantes. Cuantificación de las emisiones: índices de emisión, concentraciones e índices específicos. Emisiones en equipos de combustión por premezcla. Emisiones en equipos de combustión por difusión.

5. Recursos y bibliografía

Recursos:

Biblioteca UTP, Centro de documentación de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Mecánica Computacional, Laboratorio de Térmicas e Internet.

Bibliografía:

1. GLASSMAN, I. Combustion. Academic Press. 1996.
2. HEYWOOD, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill, Inc. USA. 1988.
3. KUO, K. Principles of Combustion. John Wiley & Sons. 1986.
4. McALLISTER, S., CHEN, J., y FERNANDEZ-PELLO, A. Fundamental of combustion processes. Springer. USA. 2011.
5. MORAN, M. y SHAPIRO, H. Fundamental of engineering thermodynamics. Fourth edition. USA. John Wiley & Sons. 2000.
6. PULKRABEK, W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines. Pearson Prentice-Hall. USA. 2004.
7. TURNS, S. An Introduction to Combustion. McGraw-Hill. 1996.

Software especializado

6. REYNOLDS, W. C. STANJAN. Chemical Equilibrium Software. Stanford University. 1986.
7. NASA Technology Transfer Program. *Chemical equilibrium applications CEA*.
8. F-Chart Software. *Engineering Equation Solver – EES*. 2003.

6. Metodología

- Presentación de los conceptos y las ecuaciones que caracterizan las variables, parámetros y los principios fisicoquímicos, incorporando ejemplos y ejercicios que en lo posible acoplen la teoría y sus aplicaciones.
- Desarrollo de prácticas experimentales que permitan complementar los fundamentos teóricos, entender algunos fenómenos de combustión, incorporar algunas técnicas de medición y experimentación, fomentar el trabajo en equipo e incentivar la realización de informes técnicos bien estructurados.

- Incorporación de sesiones de discusión de aspectos normativos, ambientales, técnicos, tecnológicos, culturales, económicos y sociales, para profundizar y complementar algunos temas y fomentar la generación de pensamiento crítico.
- Exploración de lecturas y videos para profundizar en algunos temas.
- Se usarán técnicas de aprendizaje activo.

7. Evaluación

1. *Evaluación 1 (20%)*

2. *Evaluación 2 (25%)*

3. **Proyecto 1 (10%) Programa de Equilibrio Químico:** en este proyecto los estudiantes deben desarrollar un algoritmo en el software EES que permita modelar y calcular el equilibrio químico de la reacción de combustión de diferentes combustibles de la familia de los alcanos. Adicionalmente, el programa debe poder determinar la temperatura máxima del proceso. El algoritmo debe validarse mediante literatura especializada y mediante la comparación con software especializado.
4. **Proyecto 2 (10%) Problema de Stefan:** en este proyecto los estudiantes deben llevar a cabo un experimento que permita registrar la velocidad de evaporación de algunas sustancias comunes. El propósito es validar la predicción de transferencia de masa propuesta en el “Problema de Stefan” con los resultados obtenidos de manera experimental en un ambiente relativamente controlado.
5. **Proyecto 3 (15%) Velocidad de Llama:** en este proyecto los estudiantes deben conformar un equipo de trabajo estructurado que permita diseñar y construir el dispositivo de medición de la velocidad de llama de combustible gaseoso como gas natural o propano. Seguidamente se debe llevar a cabo la medición de la velocidad con adecuado protocolo experimental y, a continuación, se debe proceder a hacer el análisis de los resultados obtenidos y su comparación con los datos reportados en la literatura especializada. Con este experimento se fomenta la incorporación sinérgica de un sistema mecánico de medición de relación aire-combustible y flujo de mezcla, un sistema de ignición de la mezcla aire-combustible, y un sistema de registro de la trayectoria de la llama en su movimiento a través de una tubería de vidrio o manguera transparente.
6. **Proyecto 4 (20%) Diseño, construcción y validación de un quemador comercial:** en este proyecto los estudiantes deben conformar un equipo de trabajo que permita realizar el diseño conceptual de un quemador comercial de aproximadamente 10 kW considerando criterios relacionados con materiales, tipo de gas, estabilidad de llama, seguridad y control, entre otros. Luego del diseño conceptual se debe pasar a la fase de diseño tecnológico y manufactura, para dar paso a las pruebas y validación del quemador construido. Con este proyecto se pretende que los estudiantes incorporen algunos conocimientos y técnicas aprendidas durante su formación de pregrado a los conocimientos aprendidos durante la materia de combustión, para el diseño y la construcción de un dispositivo de combustión.