Aero-termoquímica de sistemas energéticos

Curso Académico: (2021 / 2022) **Fecha de revisión: 25-06-2021**

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Coordinador/a: VERA COELLO, MARCOS

Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0

Curso : 4 Cuatrimestre : 2

REQUISITOS (ASIGNATURAS O MATERIAS CUYO CONOCIMIENTO SE PRESUPONE)

Cálculo I, II
Física I, II
Fundamentos Químicos de la Ingeniería
Técnicas de expresión oral y escrita
Programación
Ingeniería Térmica
Ingeniería Fluidomecánica

OBJETIVOS

El objetivo de este curso es proporcionar al alumno conocimientos básicos de la ciencia y la tecnología de los sistemas aerotermoquímicos

Conocimientos adquiridos en este curso:
- Ecuaciones de conservación de los sistemas reactivos.
- Termoquímica.
- Cinética de la combustión.
- Conocimiento de las principales características de los sistemas reactivos homogéneos (condiciones críticas de ignición/extinción, explosiones térmicas y de radicales, etc.).
- Conocimiento fenomenológico de los distintos tipos de llamas.
- Balance másico y energético en calderas y generadores de vapor de recuperación de calor (HRSG) y análisis de rendimiento.
- Generación de energía basada en la combustión de combustibles fósiles.
- Consideraciones operacionales sobre el diseño de calderas y HRSG, efectos de calderas y HRSG en el rendimiento de planta.
- Determinar la metodología adecuada para obtener las variables requeridas en un problema de ingeniería (cálculo, experimentos, etc.).
- Presentar los resultados de una manera racional en términos de los parámetros relevantes.
- Comprensión de la terminología básica para entender la documentación técnica y la literatura específica.

Capacidades específicas:
- Caracterización de la composición de una mezcla de gases ideales en términos de i) fracciones másicas, ii) fracciones molares y III) concentraciones molares.
- Determinación de la composición de una mezcla reactiva en función del dosado o relación de equivalencia.
- Determinación de la temperatura adiabática de llama de una mezcla reactiva mediante el uso de ecuaciones de conservación de los átomos y condiciones de equilibrio químico de los productos de la reacción.
- Determinación de mecanismos de reacción reducidos mediante la aplicación sistemática de la aproximación de estado estacionario a un mecanismo detallado completo.
- Determinación de las condiciones críticas de ignición y extinción para la combustión estacionaria en un reactor adiabático bien agitado.
- Solución de problemas de convección que involucren sistemas sólido-vapor y sólido-líquido con cambio de fase.
- Solución de problemas de transferencia de calor de radiación en presencia de medios participativos.
- Diseño térmico de Coal Fired calderas.
- Diseño térmico de HRSG.

Capacidades generales:

- Análisis basado en principios científicos.
- Enfoque Multidisciplinar (utilización conocimiento de varias disciplinas: Termodinámica, Ingeniería Mecánica de Fluidos, Ingeniería Térmica, etc.).
- Capacidad para localizar y entender la literatura básica sobre el tema.

Actitudes:
- Actitud analítica.
- Actitud crítica.
- Actitud cooperativa.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

El curso de Aero-térmica de sistemas energéticos está dividido en dos partes diferenciadas, una primera (Parte I) en la que se tratan los aspectos fundamentales de las reacciones de conversión termoquímica, fundamentalmente reacciones de combustión, y una segunda (Parte II) en la que se estudian los procesos de conversión en el contexto de los sitemas aero-termoquímicos de aplicación industrial.

1. La ciencia de la aerotermoquímica. (Parte I)

- Perspectiva historica.
- La combustión como disciplina científica.
- Retos actuales.

2. Mezclas multicomponente. (Parte I)

- Composición
  * Fracciones másicas.
  * Fracciones molares.
  * Concentraciones.
- Ecuaciones de estado para mezclas de gases ideales.
  * La ecuación térmica de estado.
  * La ecuación calórica de estado.

3. Termoquímica. (Parte I)

- Mezcla estequiométrica.
- Dosado, o relación de equivalencia.
  * Composición de la mezcla de productos en el caso de combustión completa.
    + Mezclas pobres.
    + Mezclas ricas.
- Temperatura adiabática de llama.
  * Definición.
  * Calor de combustión.
- Ejemplos de aplicación.
  * Combustión pobre de mezclas de hidrógeno y aire.
  * Combustión pobre de mezclas de metano y aire.
- Combustión completa e incompleta.
  * Especies mayoritarias y minoritarias.
- Equilibrio químico en sistemas reactivos.
  * La constante de equilibrio.
  * Disociación de las especies mayoritarias.
  * Efecto de la temperatura y de la presión.
- Ejemplos de aplicación.
  * Disociación del aire.
  * Temperatura adiabática de llama y composición de la mezcla de productos en mezclas estequiométricas/ricas de hidrógeno/hidrocarburos y aire.

4. Ecuaciones de conservación para sistemas reactivos en forma integral. (Parte I)
- Ecuación de conservación de la masa.
- Ecuación de conservación de las especies.
- Ecuación de cantidad de movimiento.
- Ecuación de conservacion de la energía.
  * Ecuación de conservación de la entalpía termica.
  * La aproximación cp constante.
  * El ritmo de liberación de calor.

---

5. Sistemas de generacion de potencia y generadores de vapor. (Parte II)

- Ciencia y tecnología de la combustión.
- Fossil Fuel-Fired Power Generation (combustión heterogenea del carbón).
- Tecnologías de combustion tradicionales y avanzadas.
  * GICC.
  * Chemical looping.
  * Pilas de combustible.
  * Penalizacion energética en la captura de CO2.
- Aspectos fundamentales de los nuevos procesos de producción de energía.
- Aspectos mediambientales.
  * Captura de CO2.
- Steam Generators en la reducción de CO2.

6. Diseño de reactores para conversión térmica. (Parte II)
  * Fundamentos del equilibrio de materiales y energía.
  * Fundamentos sobre sistemas térmicos y diseño de reactores para conversión térmica
  * Procedimiento general para problemas de balance de materiales y energía.
  * Casos de Estudio

7. Calderas de generación de vapor y calderas recuperadoras (HRSG).

- Tipos de calderas.
  * Calderas acuotubulares.
  * Calderas recuperadoras.
  * Calderas pirotubulares.
- Eficiencia y desempeño de calderas de generación de vapor. (Parte II)
- Corrosión de las superficies de intercambio de calor debido a la combustión heterogenea.
- Aplicacion de calderas recuperadoras a ciclo combinado y cogeneración.
- Composicion del los gases de combustion en el funcionamiento de calderas recuperadoras, balances de energía, control de emisiones y eficiencia en calderas HRSG.

8. Transferencia de calor en calderas de generación de vapor y calderas recuperadoras (HRSG). (Parte II)

- Lado líquido.
  * Diagrama de fases y parametros adimensionales en ebullición y condensación.
  * Transferencia de calor en procesos de ebullición.
  * Régimenes de ebullición.
  * Ebullición en piscina.
  * Ebullición en flujo cruzado.
  * Transferencia de calor en plantas de generación de energía: Transferencia de calor en condensadores (sesión especial).
  * Caso de estudio: "Closed Feedwater heaters".
- Lado gas.
  * Fundamentos.
    + Transferencia de calor lado gas.
    + Radiación no luminosa.
    + Coeficiente de extinción molar (camino óptico).
    + Absorbancia y emisividad.
    + Intercambio radiativo entre superficies en presencia de un medio participativo.
  * Transferencia de Calor por radiacion en hornos
    + Modelos de transferencia de calor en hornos
      Aproximación de superficie moteada
    + Superficies de transferencia de calor convectivas
      Superficies aleteadas y sin aletas.
      Transferencia de calor combinada radiación/convección en superficies convectivas.

9. Diseño térmico de calderas. (Parte II)

- Diseño térmico de calderas de carbón
  * Principios operacionales
  * Componentes principales
  * Consideraciones de diseño
  * El modelo de reactor bien agitado

- Diseño de calderas recuperadoras
  * Consideraciones de diseño
  * Dimensionado
  * Caso de estudio

---

10. Cinética de la combustión. (Parte I)

- Cinética química
  * Ley de acción de masas.
  * La ecuación de Arrhenius y el límite de alta energía de activación.
  * Constantes de reacción y constante de equilibrio.
- Reacciones globales vs. elementales en procesos de combustión
  * Mecanismos detallados y reducidos.
  * Modelos irreversibles de un paso.
  * El tiempo característico de reacción.
  * Combustión de hidrógeno. Tipos de reacciones elementales.
  * Combustión de hidrocarburos.
- La hipótesis de estado estacionario.
  * Combustión de hidrógeno con cloro
  * Análisis de Zel'dovich de la producción de NO térmico.

11. Combustión en sistemas homogéneos. (Parte I)

- Combustión estacionaria en un reactor adiabático con mezcla perfecta.
  * El número de Damköhler.
  * Ignición y extinción: La curva en forma de S.

12. Llamas. (Parte I)

- Llamas premezcladas vs. no premezcladas.
- Llamas premezcladas.
- Llamas no premezcladas, o de difusión.

ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

La metodología a utilizar incluye:

1. Sesiones magistrales: Los estudiantes dispondrán de apuntes y bibliografía recomendada.
2. Sesiones de resolución de problemas relacionados con la temática del curso.
3. Resolución de problemas orientados a la auto-evaluación del alumno.
4. Desarrollo y presentación interactiva de trabajos dirigidos, incluyendo tres sesiones de laboratorio de aplicación directa de la teoría.

Además, en el programa se podrán incluir tutorías colectivas.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA:

- Evaluación continua (70% de la calificación total)

Contenidos:
- Problemas prácticos que cubran los temas de la asignatura
- Cuestiones teóricas breves
- Cuestiones tipo test
- Informes de laboratorio

Se requerirá una nota mínima de 4 en la Parte I y Parte II para superar la asignatura

---

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA:

- Evaluación final

Contenidos:

- Examen final Parte I (45% de la calificación total)
- Entrega de problemas e informes Partes I y II (55% de la calificación total)

Se requerirá una nota mínima de 4 en la Parte I y Parte II para superar la asignatura

Peso porcentual del Examen Final:	30
Peso porcentual del resto de la evaluación:	70

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- C. K. Law Combustion Physics, Cambridge Univ. Press, 2006
- F. P. Incropera Introduction to heat transfer, John Wiley & Sons, 2006
- G. F. Hewitt Process heat transfer, CRC Press, 1994
- I. Glassman Combustion, Academic Press, 1985
- K. K. Kuo Principles of Combustion, John Wiley & Sons, 1986
- K. Rayaprolu Boilers for power and process, CRC, 2009
- R. A. Strehlow Combustion Fundamentals, McGraw-Hill, 1985
- S. R. Turns An Introduction to Combustion, Mc. Graw Hill, 1996
- V. Ganapathy Industrial boilers and heat recovery steam generators: design, applications, and calculations, CRC Press, 2002

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- F. A. Williams Combustion Theory (2nd ed), Benjamin/Cummings, 1985
- J. D. Buckmaster & G. S. S. Ludford Theory of Laminar Flames, Cambridge Univ. Press, 1982
- R. C. Flagan & J. H. Seinfeld Fundamentals of Air Pollution Engineering, Prentice-Hall, 1988
- Y.B. Zeldovich, G.I. Barenblatt, V.B. Librovich & G.M. Makhviladze The Mathematical Theory of Combustion and Explosions, Consultants Bureau, 1985

RECURSOS ELECTRÓNICOS BÁSICOS

- Biblioteca E.T.S.I.Aeronáuticos (UPM) . Aerothermochemistry, 50 años de su publicación, Gregoria Millán y el grupo de combustión: http://aerobib.aero.upm.es/millan/Index.htm
- Chris Morley . GasEq: http://www.gaseq.co.uk/
- N. Peters . Fifteen Lectures on Laminar and Turbulent Combustion: http://decane.itv.rwth-aachen.de/fileadmin/LehreSeminar/Combustion/SummerSchool.pdf
- NASA . ThermoBuild: http://www.grc.nasa.gov/WWW/CEAWeb/ceaThermoBuild.htm