

PROGRAMA DE CURSO

TERMODINÁMICA APLICADA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Química Biotecnología y Materiales					
Nombre del curso	Termodinámica aplicada	Código	IQ3211	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Applied Thermodynamics</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	FI2004: Termodinámica/IQ2212: Termodinámica química					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado utilice ecuaciones fundamentales de la termodinámica, ecuaciones de estado y relaciones entre propiedades de estado, considerando condiciones estáticas, de procesos de flujo y de equilibrio entre fases, para analizar y evaluar procesos a nivel de ingeniería conceptual. Por otra parte, se resuelven, en forma cuantitativa, problemas sobre transformación de energía y generación de trabajo, usando tablas y diagramas de propiedades termodinámicas de fluidos.

Asimismo, se analiza la importancia de la termodinámica para establecer los límites y máximos teóricos posibles en los procesos de transformación de energía y generación de trabajo a fin de cuantificar las eficiencias y aportar a la sustentabilidad de las operaciones unitarias en procesos industriales. Este curso es central para la formación en la Ingeniería de procesos, tanto en la especialidad de Ingeniería Química como en la de Ingeniería en Biotecnología, siendo un curso común para estudiantes de ambas carreras.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, dimensionar y diseñar conceptualmente procesos industriales, considerando prefactibilidad técnico-económica y aspectos sociales, normativos y de desarrollo sustentable.

CE2: Modelar y simular procesos industriales, aplicando herramientas de las ciencias, a fin de analizar la prefactibilidad técnica de los procesos.

CE7: Identificar oportunidades para el mejoramiento de procesos industriales a través del uso de conocimiento técnico y científico, considerando la sustentabilidad del proceso e integrando aspectos de innovación, tecnológicos, económicos, normativos, sociales y ambientales.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Utiliza ecuaciones fundamentales de la Termodinámica, ecuaciones de estado y relaciones entre propiedades de estado, para analizar y evaluar procesos a nivel de ingeniería conceptual, considerando condiciones estáticas, de procesos de flujo y de equilibrio entre fases.
	RA2: Resuelve problemas sobre transformación de energía y generación de trabajo, tales como, expansión y compresión de fluidos, ciclos de potencia, refrigeración y acondicionamiento de aire, entre otros, usando tablas y diagramas de propiedades termodinámicas de fluidos.
CE7	RA3: Estima los límites y máximos teóricos posibles para cuantificar la eficiencia de la operación de equipos de transformación de energía y generación de trabajo, y determinar criterios que aporten a la sustentabilidad en los procesos industriales.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Lee textos breves sobre diversos tópicos asociados a conceptos y fundamentos de la termodinámica aplicada, utilizando estrategias de lectura como análisis, síntesis, interpretación y relación de información que integra y utiliza como nuevos aprendizajes sobre los temas abordados.
CG3	RA5: Analiza el efecto de los procesos de transformación de energía y generación de trabajo en el entorno, en cuanto a beneficio social e impacto ambiental, considerando requerimientos energéticos, de eficiencia en la generación de diversos productos.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA4	Fundamentos de la termodinámica, primer principio y aplicaciones a procesos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Fundamentos de la termodinámica: Ley cero y termometría (manejo de unidades; sistemas internacionales y sistema inglés). 1.2. Aplicación de la Primera Ley de la Termodinámica en balances de energía. 1.3. Aplicaciones a procesos de cambio: evoluciones reversibles de gases ideales.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Cuantifica las variaciones en las propiedades de estado. producto de las evoluciones reversibles de gases ideales (procesos adiabáticos, isotérmicos, isobáricos, entre otros), considerando la Ley cero y primera ley de la termodinámica. Utiliza distintos sistemas de unidades (internacional, inglés u otro) en la cuantificación de variables de estado, distinguiendo entre escalas relativas y absolutas. Establece la relación entre la primera ley y el principio de conservación de energía mediante el análisis crítico de textos breves, donde sintetiza e integra información para desarrollar una comprensión profunda de la problemática abordada. 	
Bibliografía de la unidad		[2] capítulos 1, 2 y 4.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2	Ecuaciones de estado y descripción de gases reales	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Hipótesis y validez de la ecuación de gas Ideal. 2.2. Gases reales: correcciones de Van der Waals y otras Ecuaciones de estado. 2.3. Gases reales: uso de coordenadas reducidas y diagrama generalizado. 2.4. Determinación de propiedades termodinámicas a partir de diagramas generalizados de compresibilidad.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Deduca el modelo que describe la sustancia conocida como gas ideal, considerando su comportamiento físico a partir de resultados experimentales. Identifica y explica las hipótesis del modelo deducido, determinando los rangos de validez de la ecuación de gas ideal. Demuestra que el modelo de gases ideales no permite explicar los procesos de cambio de fase, considerando las correcciones de Van der Waals y la extensión a otras ecuaciones de estado. Define el factor de compresibilidad, entendiéndolo como una medición de desviación 	

	<p>con respecto al modelo de gases ideales.</p> <p>5. Concluye que la ley de estados correspondiente es aplicable a todo gas real, considerando coordenadas reducidas.</p> <p>6. Utiliza tablas de coordenadas críticas y diagramas generalizados y de compresibilidad en la determinación de las propiedades termodinámicas de gases reales.</p>
Bibliografía de la unidad	<p>[1] cap.3</p> <p>[2] cap.3</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3, RA4	Eficiencia en procesos cíclicos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Segundo principio de la termodinámica. Enunciados de Kelvin-Planck y Clausius.</p> <p>3.2. Desigualdad de Clausius. Entropía. Ciclo de Carnot. Eficiencia.</p> <p>3.3. Diagramas H-T, T-S. Tablas de propiedades termodinámicas para otros fluidos. Construcción de diagramas termodinámicos de sistemas reales puros a partir de diagramas generalizados.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Describe y analiza los conceptos de depósito de energía térmica, proceso reversible e irreversible y máquinas térmicas. Utiliza los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius como definición de la segunda Ley de la termodinámica para establecer los límites máximos teóricos posibles de una máquina térmica a partir del ciclo de Carnot. Dimensiona la irreversibilidad de procesos térmicos, considerando la definición de Entropía, y el Principio de aumento de entropía. Construye diagramas H-T, T-S para representar procesos comunes de Ingeniería y dimensionar el concepto de eficiencia isoentrópica. Analiza diferentes definiciones de la segunda ley y su aplicación a situaciones reales mediante el análisis crítico de textos breves, utilizando lo aprendido en un nuevo contexto de aplicación. 	
Bibliografía de la unidad		[1] cap.5 y 6.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA3, RA4, RA5	Combustibles y poder calorífico	2 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1 Balances de calor y masa: termoquímica</p> <p>4.2 Aplicaciones: temperatura máxima de combustión, Temperatura de llama adiabática.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica el principio de conservación de masa a sistemas de reacción para determinar y describir ecuaciones de reacción balanceadas que representan los procesos de combustión. 2. Cuantifica entalpías de reacción, entalpías de combustión, y valores de calentamiento de combustibles. 3. Aplica balances de energía a los sistemas de reacción en distintas condiciones de flujo. 4. Cuantifica la temperatura de llama adiabática para mezclas en reacción, utilizando parámetros como relación aire-combustible, porcentaje de aire teórico, temperatura de mezcla combustible. 5. Analiza el efecto de los procesos de transformación de energía y generación de trabajo en cuanto a beneficio social, impacto ambiental, considerando requerimientos energéticos, de eficiencia en la generación de diversos productos, así como alcances. 6. Sintetiza información relevante sobre distintos tipos de combustibles y su uso en la producción de energía a través de procesos de combustión mediante el análisis crítico de textos breves, utilizando lo aprendido en un nuevo contexto de aplicación. 	
Bibliografía de la unidad		[2] cap. 14.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA4	Procesos de flujo	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Ecuación para procesos de flujo en estado de régimen. 5.2. Comparación con procesos de no-flujo. 5.3. Trabajo isotérmico y adiabático de flujo. 5.4. Expansión libre. Coeficiente de Joule- Thompson. 5.5. Compresor recíproco. 5.6. Eficiencia isoentrópica de compresión y eficiencia volumétrica. 5.7. Compresión en más de una etapa. 5.8. Trasvasijamientos. 5.9. Propiedades termodinámicas de los fluidos: Tabla de propiedades termodinámicas del agua.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Utiliza el primer principio de la termodinámica y el principio de conservación de masa para describir la operación continua de equipos en procesos de flujo. Relaciona la entalpía con el concepto de trabajo o energía de flujo. Resuelve problemas de balance de energía en dispositivos que operan en estado estacionario como toberas, difusores, válvulas de estrangulamiento, cámaras de mezclado, etc. Aplica el coeficiente de Joule-Thompson a procesos de expansión libre. Analiza en forma crítica e informada el contenido de textos breves sobre equipos de procesos de flujo continuo, discutiendo la aplicación de las leyes de la termodinámica en su operación. 	
Bibliografía de la unidad		[2] cap. 4, 6.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA2, RA3, RA4, RA5	Ciclos de potencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Máquinas de combustión interna. 6.2. Ciclos standard de Carnot, de Otto, de Diesel, Dual. 6.3. Máquinas Stirling. 6.4. Determinación de eficiencias y comparación. 6.5. Turbina a gas. Ciclo de Joule y de Brayton. 6.6. Ciclo de Rankine, con sobrecalentamiento, recalentamiento y regenerativo con vapor de agua. 6.7. Fluido ideal. Sistema de dos fluidos. Principio de la central termonuclear. 6.8. Ciclos térmicos combinados.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Describe y analiza los conceptos de ciclos de potencia de gas y de vapor, Evalúa la operación de los ciclos de potencia de gas y vapor en modo cerrado o abierto. Aplica simplificaciones a ciclos reales para evaluar el desempeño de ciclos ideales Otto, Diesel, Stirling y Brayton. Utiliza el concepto de regeneración en ciclos de potencia de gas. Describe y analiza ciclos de potencia de vapor en que el fluido de trabajo se evapora y condensa alternadamente. Analiza y cuantifica modificaciones del ciclo básico Rankine mediante recalentamiento y regeneración para incrementar la eficiencia térmica del ciclo. Describe y cuantifica la operación de Ciclos Binarios, Ciclos Combinados y Ciclos de Co-generación, analizando su impacto ambiental, los alcances e impacto derivados de la toma de decisiones en estas materias. Lee y sintetiza información sobre producción de energía mecánica y eléctrica mediante ciclos de potencia termodinámicos, aplicando estos nuevos conocimientos a problemas de termodinámica aplicada. 	
Bibliografía de la unidad		[2] cap. 9, 10.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA2, RA3, RA4	Producción de frío y Acondicionamiento de Aire	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
7.1. Ciclos de refrigeración. 7.2. Máquina ideal de aire. 7.3. Ciclo de compresión de vapor o de fases. 7.4. Diagrama log P vs H. 7.5. Bomba de calor. Licuefacción de gases permanentes 7.6. Diagrama Psicrométrico. 7.7. Acondicionamiento de aire. Secado.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Compara refrigeradores y bombas de calor, considerando las diferencias en sus modos de operación. 2. Cuantifica el coeficiente de operación como medida del desempeño térmico. 3. Analiza y evalúa el desempeño de refrigeración del Ciclo ideal de aire, y de los ciclos por compresión de vapor y por absorción. 4. Analiza y cuantifica modificaciones del ciclo básico de refrigeración mediante operación en cascada o en múltiples etapas para incrementar la eficiencia térmica del ciclo. 5. Describe y analiza el diagrama Psicrométrico para determinar propiedades de mezclas aire-vapor de agua. 6. Utiliza el diagrama psicrométrico para dimensionar procesos de acondicionamiento de aire y secado, considerando los principios de conservación de masa y energía. 7. Discute, en forma crítica e informada, la implementación de ciclos termodinámicos de refrigeración y acondicionamiento de aire en operaciones reales mediante el análisis crítico de textos breves. 	
Bibliografía de la unidad		[2] cap. 11, 14.	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera diversas estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Análisis de caso.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes estrategias de evaluación:

- **Controles (3).**
- **Ejercicios (6)**
- **Lecturas breves semanales (12)**
- **Examen (1)**

Al inicio del curso el cuerpo académico a cargo informará sobre el tipo de evaluación a realizar, la cantidad y ponderaciones correspondientes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Smith, J.M.; Van Ness, H.C.; Abbott, M.M. (2007). **Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química**. McGraw-Hill: 7ª Ed.
- [2] Çengel, Y.A.; Boles, M.A. (2006). **Termodinámica**. McGraw-Hill/Interamericana Editores: 5ª Ed.

Bibliografía complementaria:

- [3] Sandler, J.W. & Sons (1989). Chemical and Engineering Thermodynamics. S.I.: 2nd Ed.
- [4] Reid, R.C.; Prausnitz, J.M.; Poling, B.E. (1987). The Properties of Gases and Liquids. McGraw-Hill, Inc Editores. 4ª Edición 1987.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Francisco Gracia
Validado por:	Validador par: Joaquín Cortés CTD de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales (IQBM)
Revisado por:	Área de Gestión Curricular