

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**VICERRECTORADO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA QUÍMICA**

---

**MODALIDAD PRESENCIAL  
SÍLABO POR COMPETENCIAS  
TERMODINÁMICA PARA INGENIERÍA  
QUÍMICA I**

---

**I. DATOS GENERALES**

<b>Línea de Carrera</b>	Cursos Especializados Comunes
<b>Semestre Académico</b>	2025-II
<b>Código del Curso</b>	305
<b>Créditos</b>	4
<b>Horas Semanales</b>	5h: 3h (T), 2h (P)
<b>Ciclo</b>	V
<b>Sección</b>	A
<b>Docente</b>	Dr. Alberto Irhaam Sánchez Guzmán
<b>Correo institucional</b>	<a href="mailto:asanchezg@unifsc.edu.pe">asanchezg@unifsc.edu.pe</a>

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL

### 2.1 SUMILLA

La asignatura de Termodinámica para Ingeniería Química I es de naturaleza teórico-práctica y pertenece al área de Formación Profesional Especializada de la carrera profesional de Ingeniería Química. Tiene como propósito que el estudiante analice y aplique los principios fundamentales de la termodinámica al estudio de procesos físicos y químicos, orientados a la transformación de energía y materia en sistemas de interés ingenieril.

Comprende los siguientes contenidos: conceptos básicos de la termodinámica, formas de energía, calor y trabajo, leyes de la termodinámica, propiedades de sustancias puras y mezclas, ecuaciones de estado para gases ideales y reales, análisis de sistemas cerrados y abiertos, y balances de energía y entropía. También abarca el comportamiento PVT de sustancias, relaciones termodinámicas, propiedades residuales y aplicaciones en sistemas de dos fases. Finalmente, se estudian los ciclos termodinámicos de potencia y de refrigeración, con énfasis en su análisis, eficiencia y aplicaciones en la industria química, considerando criterios de eficiencia energética y sostenibilidad.

### 2.2 UNIDADES DIDÁCTICAS

El curso está organizado en 4 unidades didácticas:

- Unidad I** : Fundamentos de la Termodinámica Aplicada a Sistemas de Ingeniería
- Unidad II** : Efectos Térmicos y Segunda Ley de la Termodinámica
- Unidad III** : Modelos Termodinámicos y Propiedades de Sustancias Puras y Mezclas
- Unidad IV** : Ciclos Termodinámicos de Potencia y Refrigeración

### III. CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

	CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	NOMBRE DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	SEMANAS
UNIDAD I	Comprende y aplica los principios fundamentales de la termodinámica, incluyendo los conceptos de energía, calor, trabajo, la primera ley de la termodinámica y la energía interna. Reconoce el comportamiento de las sustancias puras, analiza los procesos de cambio de fase y determina sus propiedades termodinámicas. Aplica el balance de energía, tanto a sistemas cerrados como en sistemas abiertos.	Fundamentos de la Termodinámica Aplicada a Sistemas de Ingeniería	1 – 4
UNIDAD II	Analiza la transferencia de energía térmica en procesos físicos y químicos, considerando calores sensibles, latentes y de reacción en condiciones estándar y no estándar. Aplica la segunda ley de la termodinámica para evaluar el desempeño de máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor, interpretando conceptos como eficiencia térmica, COP y ciclos de Carnot. Comprende el concepto de entropía y lo utiliza para analizar la irreversibilidad, los balances de entropía y la generación de entropía en sistemas cerrados y abiertos.	Efectos Térmicos y Segunda Ley de la Termodinámica	5 – 8
UNIDAD III	Analiza y selecciona ecuaciones de estado adecuadas para describir el comportamiento termodinámico de sustancias puras y mezclas. Aplica relaciones termodinámicas para calcular propiedades mediante funciones de estado y propiedades residuales. Interpreta diagramas termodinámicos y utiliza correlaciones generalizadas en la predicción de propiedades. Evalúa la influencia de condiciones de operación en sistemas de una o dos fases utilizando modelos y correlaciones apropiadas.	Modelos Termodinámicos y Propiedades de Sustancias Puras y Mezclas	9 – 12
UNIDAD IV	Comprende y analiza el funcionamiento de ciclos de potencia y refrigeración aplicando principios termodinámicos. Evalúa y selecciona fluidos de trabajo o refrigerantes en función de criterios técnicos y ambientales. Aplica conceptos de eficiencia térmica en la mejora de ciclos ideales y reales. Modela procesos de refrigeración avanzada y licuación de gases utilizando representaciones de ciclos y balances energéticos.	Ciclos Termodinámicos de Potencia y Refrigeración	13 – 16

#### IV. INDICADORES DE CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

N°	INDICADORES DE CAPACIDAD AL FINALIZAR EL CURSO
1	Diferencia entre tipos de energía y formas de trabajo.
2	Resuelve ejercicios básicos aplicando la Primera Ley de la Termodinámica.
3	Justifica si un proceso es reversible o irreversible.
4	Diferencia correctamente entre fases y estados de una sustancia pura.
5	Aplica correctamente la ecuación del gas ideal y el factor de compresibilidad según corresponda.
6	Determina el trabajo realizado por o sobre el sistema en distintos procesos.
7	Aplica con precisión el balance de energía en sistemas cerrados.
8	Establece correctamente los balances de masa y energía en sistemas abiertos.
9	Identifica los términos de energía en un flujo estacionario.
10	Aplica balances transitorios a procesos con condiciones cambiantes.
11	Clasifica correctamente los tipos de calor en procesos físicos y químicos.
12	Aplica calores estándar de formación o combustión para determinar el calor de reacción.
13	Realiza estimaciones térmicas basadas en tablas confiables.
14	Compara resultados estándar y no estándar con justificación técnica.
15	Compara eficiencias reales con la eficiencia de Carnot.
16	Calcula y analiza el COP de refrigeradores y bombas de calor.
17	Interpreta correctamente la desigualdad de Clausius y su relación con la entropía.
18	Reconoce la relevancia de la Segunda Ley en la dirección de los procesos naturales.
19	Aplica correctamente el balance de entropía en distintos tipos de sistema.
20	Calcula la generación de entropía y su impacto en la eficiencia.
21	Utiliza modelos apropiados para calcular propiedades bajo condiciones definidas.
22	Resuelve con éxito ejercicios de aplicación de Van der Waals, RK, SRK y PR.
23	Calcula el volumen molar líquido con exactitud, evaluando coherencia en los resultados.
24	Deriva correctamente las relaciones de Maxwell a partir de las funciones de estado.
25	Calcula propiedades residuales usando tanto el enfoque teórico como ecuaciones de estado reales.
26	Interpreta el significado físico de las propiedades residuales en contextos de ingeniería química.
27	Estima propiedades y presión de vapor con precisión usando ecuaciones adecuadas.
28	Aplica correlaciones generalizadas a mezclas con fundamento termodinámico.
29	Diferencia ciclos de potencia de vapor en función de sus componentes y mejoras térmicas.
30	Interpreta la eficiencia térmica de ciclos ideales y reales mediante análisis energético.
31	Aplica correctamente el balance de energía en ciclos con múltiples etapas.
32	Explica el principio de operación de sistemas de cogeneración y su ventaja energética.
33	Representa correctamente ciclos de potencia en diagramas termodinámicos.
34	Compara y evalúa la eficiencia de ciclos de potencia de gas según sus condiciones de operación y características del fluido de trabajo.
35	Justifica el uso del ciclo combinado gas-vapor en función de su eficiencia térmica y la recuperación de calor entre etapas.
36	Explica el principio del efecto Joule-Thomson y lo relaciona con la expansión de gases reales.
37	Justifica la selección de refrigerantes considerando eficiencia, seguridad y sostenibilidad.
38	Analiza y calcula el rendimiento del ciclo de refrigeración por compresión en condiciones reales.
39	Diferencia esquemáticamente ciclos de refrigeración convencionales y en cascada.
40	Estima las condiciones críticas para la licuefacción y solidificación de gases.

## V. DESARROLLO DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS:

### UNIDAD I: Fundamentos de la Termodinámica Aplicada a Sistemas de Ingeniería

CAPACIDAD DE LA UNIDAD I: Comprende y aplica los principios fundamentales de la termodinámica, incluyendo los conceptos de energía, calor, trabajo, la primera ley de la termodinámica y la energía interna. Reconoce el comportamiento de las sustancias puras, analiza los procesos de cambio de fase y determina sus propiedades termodinámicas. Aplica el balance de energía, tanto a sistemas cerrados como en sistemas abiertos.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
1	Conceptos básicos de la termodinámica / Ley Cero de la termodinámica / Calor / Trabajo / Procesos reversible e irreversible / Trabajo de expansión y compresión / Primera ley de la termodinámica / Energía interna / Energía y sus distintas formas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Define conceptos clave de energía, calor y trabajo en sistemas termodinámicos.</li> <li>Clasifica procesos como reversibles e irreversibles según criterios físicos.</li> <li>Aplica la Primera Ley de la Termodinámica en situaciones simples.</li> <li>Identifica el tipo de trabajo en procesos de expansión y compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra disposición al análisis riguroso de conceptos fundamentales.</li> <li>Participa activamente en discusiones técnicas con argumentación basada en leyes físicas.</li> <li>Reconoce la importancia de la precisión conceptual en termodinámica.</li> </ul>	<b>Expositiva</b> (Docente/Alumno)  <b>Debate dirigido</b> (Discusiones)  <b>Lecturas</b> (Uso de repositorios digitales)  <b>Lluvia de ideas</b> (Saberes previos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explica correctamente los conceptos básicos y su aplicación.</li> <li>Diferencia entre tipos de energía y formas de trabajo.</li> <li>Resuelve ejercicios básicos aplicando la Primera Ley de la Termodinámica.</li> <li>Justifica si un proceso es reversible o irreversible.</li> </ul>
2	Sustancia pura / Fases / Procesos de cambio de fase / Diagramas de propiedades para procesos de cambios de fase / Tabla de propiedades / Ecuación de estado del gas ideal / Factor de compresibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica fases y cambios de fase en sustancias puras mediante diagramas P-v, T-v y P-T.</li> <li>Interpreta tablas de propiedades para determinar estado y propiedades termodinámicas.</li> <li>Utiliza la ecuación de estado del gas ideal para resolver problemas.</li> <li>Aplica el factor de compresibilidad en gases reales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra precisión y rigor al manejar datos termodinámicos.</li> <li>Valora el uso correcto de modelos y ecuaciones según el estado de la sustancia.</li> <li>Asume responsabilidad al validar resultados con datos tabulados.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia correctamente entre fases y estados de una sustancia pura.</li> <li>Utiliza tablas y diagramas de forma adecuada para análisis termodinámico.</li> <li>Aplica correctamente la ecuación del gas ideal y el factor de compresibilidad según corresponda.</li> <li>Establece el estado de una sustancia a partir de dos propiedades independientes.</li> </ul>
3	Trabajo de frontera móvil y procesos termodinámicos / Balance de energía en sistemas cerrados / Calores específicos y entalpía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula el trabajo de frontera móvil en procesos termodinámicos simples.</li> <li>Aplica el balance de energía en sistemas cerrados bajo distintas condiciones.</li> <li>Emplea calores específicos y entalpía para el análisis energético.</li> <li>Resuelve problemas con diferentes procesos: isotérmico, isobárico, isocórico y adiabático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demuestra orden y disciplina en el desarrollo de cálculos energéticos.</li> <li>Verifica coherencia física en resultados numéricos.</li> <li>Valora la utilidad de los balances energéticos en la ingeniería química.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Determina el trabajo realizado por o sobre el sistema en distintos procesos.</li> <li>Aplica con precisión el balance de energía en sistemas cerrados.</li> <li>Relaciona calor específico y entalpía con variaciones de energía interna.</li> <li>Interpreta resultados de manera lógica y fundamentada.</li> </ul>
4	Sistemas abiertos / Conservación de masa / Trabajo de flujo y energía de un fluido en movimiento estacionario / Dispositivos ingenieriles de flujo estacionario / Análisis de procesos de flujo no estacionario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica la conservación de la masa en sistemas abiertos en régimen estacionario y no estacionario.</li> <li>Analiza el trabajo de flujo y la energía total de un fluido en movimiento.</li> <li>Resuelve balances de energía en dispositivos de flujo estacionario (turbinas, bombas, intercambiadores, etc.).</li> <li>Interpreta procesos transitorios aplicando balances integrales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra rigurosidad al aplicar leyes de conservación en sistemas reales.</li> <li>Colabora en el análisis grupal de dispositivos ingenieriles.</li> <li>Reflexiona sobre la aplicabilidad de los modelos a procesos reales.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Establece correctamente los balances de masa y energía en sistemas abiertos.</li> <li>Identifica los términos de energía en un flujo estacionario.</li> <li>Analiza dispositivos de flujo estacionario con fundamentos termodinámicos.</li> <li>Aplica balances transitorios a procesos con condiciones cambiantes.</li> </ul>
<b>EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA</b>					
<b>EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS</b>		<b>EVIDENCIA DE PRODUCTO</b>		<b>EVIDENCIA DE DESEMPEÑO</b>	

<ul style="list-style-type: none"><li>• Exámenes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Informes finales y trabajos grupales</li><li>• Soluciones a ejercicios propuestos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.</li></ul>
--	---	---

## UNIDAD II: Efectos Térmicos y Segunda Ley de la Termodinámica

<b>CAPACIDAD DE LA UNIDAD II:</b> Analiza la transferencia de energía térmica en procesos físicos y químicos, considerando calores sensibles, latentes y de reacción en condiciones estándar y no estándar. Aplica la segunda ley de la termodinámica para evaluar el desempeño de máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor, interpretando conceptos como eficiencia térmica, COP y ciclos de Carnot. Comprende el concepto de entropía y lo utiliza para analizar la irreversibilidad, los balances de entropía y la generación de entropía en sistemas cerrados y abiertos.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
5	Efectos térmicos para procesos físicos y con reacciones químicas / Calor sensible / Calor latente / Calor Estándar de Reacción / Calor Estándar de Formación / Calor Estándar de Combustión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distingue entre calor sensible y calor latente en procesos físicos.</li> <li>Calcula el calor estándar de reacción mediante datos de formación y combustión.</li> <li>Analiza procesos químicos bajo condiciones estándar usando balances energéticos.</li> <li>Interpreta tablas de datos termoquímicos para estimar efectos térmicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra rigurosidad en el manejo de datos termoquímicos.</li> <li>Valora el análisis energético como herramienta clave para el diseño químico.</li> <li>Se compromete con el uso ético y preciso de la información científica.</li> </ul>	<b>Expositiva</b> (Docente/Alumno)  <b>Debate dirigido</b> (Discusiones)  <b>Lecturas</b> (Uso de repositorios digitales)  <b>Lluvia de ideas</b> (Saberes previos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clasifica correctamente los tipos de calor en procesos físicos y químicos.</li> <li>Aplica calores estándar de formación o combustión para determinar el calor de reacción.</li> <li>Argumenta correctamente el uso de condiciones estándar en los cálculos termoquímicos.</li> <li>Realiza estimaciones térmicas basadas en tablas confiables.</li> </ul>
6	Calor a condiciones No Estándar en procesos con reacciones químicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula el calor de reacción a temperaturas distintas de 25 °C usando capacidades caloríficas.</li> <li>Aplica balances de energía para ajustar <math>\Delta H</math> a condiciones reales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adapta los métodos de análisis termoquímico a condiciones fuera del estado estándar.</li> <li>Valora la importancia de considerar la temperatura real del proceso.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajusta correctamente el calor de reacción usando datos de Cp.</li> <li>Compara resultados estándar y no estándar con justificación técnica.</li> </ul>
7	Introducción a la Segunda ley de la termodinámica / Máquinas térmicas / Eficiencia térmica / Refrigeradores y bombas de calor / Coeficiente de desempeño (COP) / Ciclo de Carnot y Ciclo de Carnot inverso / Escala termodinámica de temperatura / Dispositivos de Carnot / Definición de entropía / Desigualdad de Clausius	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explica el enunciado de la Segunda Ley y su implicancia en la conversión de energía.</li> <li>Analiza el funcionamiento y eficiencia de máquinas térmicas y bombas de calor.</li> <li>Calcula eficiencia térmica y coeficiente de desempeño (COP) en ciclos ideales.</li> <li>Describe e interpreta los ciclos de Carnot y sus dispositivos asociados.</li> <li>Relaciona el concepto de entropía con irreversibilidades y la desigualdad de Clausius.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valora el papel de los límites teóricos en el diseño de procesos térmicos.</li> <li>Argumenta con base científica la viabilidad de ciclos térmicos.</li> <li>Muestra disposición crítica frente a idealizaciones como el ciclo de Carnot.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Compara eficiencias reales con la eficiencia de Carnot.</li> <li>Calcula y analiza el COP de refrigeradores y bombas de calor.</li> <li>Interpreta correctamente la desigualdad de Clausius y su relación con la entropía.</li> <li>Reconoce la relevancia de la Segunda Ley en la dirección de los procesos naturales.</li> </ul>
8	Proceso isentrópico / Diagramas T-S y H-S / Balance de entropía / Cambio de entropía de un sistema / Mecanismos de transferencia de entropía / Generación de entropía / Aplicaciones en sistemas cerrados y abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza procesos isentrópicos en sistemas termodinámicos y su representación en diagramas T-S y H-S.</li> <li>Aplica el balance de entropía a sistemas cerrados y abiertos.</li> <li>Calcula cambios de entropía en procesos reversibles e irreversibles.</li> <li>Identifica mecanismos de transferencia y generación de entropía en procesos reales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demuestra compromiso con el análisis riguroso de la irreversibilidad en sistemas térmicos.</li> <li>Promueve una actitud crítica frente a los supuestos ideales en la práctica ingenieril.</li> <li>Muestra responsabilidad al evaluar impactos termodinámicos de procesos industriales.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica correctamente el balance de entropía en distintos tipos de sistema.</li> <li>Interpreta gráficamente procesos en diagramas T-S y H-S.</li> <li>Calcula la generación de entropía y su impacto en la eficiencia.</li> <li>Justifica la validez de procesos isentrópicos en turbomáquinas y otros dispositivos.</li> </ul>
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Exámenes</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Informes finales y trabajos grupales</li> <li>Soluciones a ejercicios propuestos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema.</li> <li>Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.</li> </ul>	

### UNIDAD III: Modelos Termodinámicos y Propiedades de Sustancias Puras y Mezclas

CAPACIDAD DE LA UNIDAD III: Analiza y selecciona ecuaciones de estado adecuadas para describir el comportamiento termodinámico de sustancias puras y mezclas. Aplica relaciones termodinámicas para calcular propiedades mediante funciones de estado y propiedades residuales. Interpreta diagramas termodinámicos y utiliza correlaciones generalizadas en la predicción de propiedades. Evalúa la influencia de condiciones de operación en sistemas de una o dos fases utilizando modelos y correlaciones apropiadas.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
9	Comportamiento PVT de las sustancias puras / Ecuación de estado para sólidos y líquidos / EOS del gas ideal / EOS de gases reales / EOS virial / Correlación generalizada de Lee-Kesler / EOS Complejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza el comportamiento PVT de sustancias puras en diferentes estados físicos.</li> <li>Aplica y compara ecuaciones de estado simples (ideal, virial, Lee-Kesler) para estimar propiedades.</li> <li>Evalúa la aplicabilidad de modelos complejos según condiciones del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreta con rigor datos termodinámicos y modelos.</li> <li>Muestra disposición crítica frente a la selección de modelos.</li> </ul>	<b>Expositiva</b> (Docente/Alumno)  <b>Debate dirigido</b> (Discusiones)  <b>Lecturas</b> (Uso de repositorios digitales)  <b>Lluvia de ideas</b> (Saberes previos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distingue correctamente tipos de EOS según su aplicabilidad.</li> <li>Utiliza modelos apropiados para calcular propiedades bajo condiciones definidas.</li> <li>Justifica el uso de modelos complejos frente a simplificaciones.</li> </ul>
10	EOS cúbicas: ecuación de Van der Waals, Redlich-Kwong, Soave-Redlich-Kwong, Peng-Robinson / Volumen molar de líquido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formula y resuelve ecuaciones cúbicas para determinar raíces reales y seleccionar la físicamente válida.</li> <li>Calcula el volumen molar en fase líquida y vapor utilizando EOS cúbicas bajo condiciones específicas.</li> <li>Evalúa desviaciones entre datos experimentales y resultados obtenidos con distintas EOS cúbicas.</li> <li>Integra datos críticos y parámetros acéntricos para aplicar EOS de forma precisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra autonomía en el manejo de métodos de solución algebraica y numérica de EOS.</li> <li>Se orienta a la mejora continua al comparar métodos y buscar mayor precisión en resultados.</li> <li>Mantiene orden y claridad en el desarrollo matemático y presentación de resultados técnicos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelve con éxito ejercicios de aplicación de Van der Waals, RK, SRK y PR.</li> <li>Identifica la EOS cúbica más adecuada con base en propiedades críticas y condiciones del sistema.</li> <li>Calcula el volumen molar líquido con exactitud, evaluando coherencia en los resultados.</li> <li>Contrasta resultados de diferentes EOS con datos reales, justificando desviaciones observadas.</li> </ul>
11	Relaciones termodinámicas y ecuaciones de Maxwell / Propiedad residual / Propiedades residuales en el límite de presión cero / Propiedades residuales a partir de ecuaciones de estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deriva e interpreta las ecuaciones de Maxwell a partir de las funciones termodinámicas.</li> <li>Aplica relaciones termodinámicas para calcular propiedades residuales (entalpía, entropía, energía interna, volumen).</li> <li>Evalúa propiedades residuales en el límite de presión cero como referencia para gases reales.</li> <li>Utiliza ecuaciones de estado para determinar propiedades residuales en condiciones no ideales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla disciplina en el manejo riguroso de ecuaciones diferenciales y transformaciones termodinámicas.</li> <li>Manifiesta disposición para integrar teoría y práctica mediante el uso de propiedades derivadas.</li> <li>Valora el uso de fundamentos termodinámicos para entender desviaciones del comportamiento ideal.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deriva correctamente las relaciones de Maxwell a partir de las funciones de estado.</li> <li>Calcula propiedades residuales usando tanto el enfoque teórico como ecuaciones de estado reales.</li> <li>Interpreta el significado físico de las propiedades residuales en contextos de ingeniería química.</li> <li>Aplica con precisión los métodos para estimar propiedades residuales en sistemas reales y límites ideales.</li> </ul>
12	Sistemas de dos fases / Presión de vapor: ecuaciones de Antoine y Wagner / Diagramas termodinámicos / Correlaciones generalizadas para la evaluación de propiedades de un gas / Extensión a mezclas de gases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula presión de vapor mediante ecuaciones empíricas (Antoine y Wagner).</li> <li>Interpreta diagramas termodinámicos para identificar regiones de fase.</li> <li>Aplica correlaciones generalizadas para estimar propiedades de gases y sus mezclas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representa con claridad sistemas bifásicos usando modelos gráficos y matemáticos.</li> <li>Valora el uso de correlaciones empíricas como herramientas predictivas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Estima propiedades y presión de vapor con precisión usando ecuaciones adecuadas.</li> <li>Analiza diagramas termodinámicos con comprensión técnica del comportamiento de fases.</li> <li>Aplica correlaciones generalizadas a mezclas con fundamento termodinámico.</li> </ul>
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Exámenes</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Informes finales y trabajos grupales</li> <li>Soluciones a ejercicios propuestos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema.</li> <li>Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.</li> </ul>	

## UNIDAD IV: Ciclos Termodinámicos de Potencia y Refrigeración

CAPACIDAD DE LA UNIDAD IV: Comprende y analiza el funcionamiento de ciclos de potencia y refrigeración aplicando principios termodinámicos. Evalúa y selecciona fluidos de trabajo o refrigerantes en función de criterios técnicos y ambientales. Aplica conceptos de eficiencia térmica en la mejora de ciclos ideales y reales. Modela procesos de refrigeración avanzada y licuación de gases utilizando representaciones de ciclos y balances energéticos.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
13	Fluido / Fluido de trabajo / Tipos de fluido de trabajo según su fase / Función térmica y mecánica de equipos en ciclos termodinámicos / Ciclos de potencia de vapor / Ciclo de Carnot / Ciclo Rankine / Ciclo con recalentamiento / Ciclo regenerativo / Sistemas de cogeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clasifica fluidos de trabajo según sus características físicas y fase operativa.</li> <li>Analiza los componentes térmicos y mecánicos que intervienen en los ciclos de potencia de vapor.</li> <li>Representa y evalúa el desempeño de ciclos Carnot, Rankine y variantes (recalentamiento, regenerativo).</li> <li>Interpreta esquemas y datos de sistemas de cogeneración desde el punto de vista termodinámico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asume una actitud analítica ante la eficiencia energética de diferentes ciclos térmicos.</li> <li>Demuestra interés por tecnologías sostenibles como la cogeneración.</li> <li>Organiza con claridad diagramas y resultados de análisis de ciclos.</li> </ul>	<p><b>Expositiva</b> (Docente/Alumno)</p> <p><b>Debate dirigido</b> (Discusiones)</p> <p><b>Lecturas</b> (Uso de repositorios digitales)</p> <p><b>Lluvia de ideas</b> (Saberes previos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia ciclos de potencia de vapor en función de sus componentes y mejoras térmicas.</li> <li>Interpreta la eficiencia térmica de ciclos ideales y reales mediante análisis energético.</li> <li>Aplica correctamente el balance de energía en ciclos con múltiples etapas.</li> <li>Explica el principio de operación de sistemas de cogeneración y su ventaja energética.</li> </ul>
14	Ciclos de potencia de gas / Ciclos estándares de aire: ciclo Otto y ciclo Diesel / Turbinas de gas: ciclo Brayton / Ciclo combinado gas-vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compara el desempeño térmico de los ciclos Otto, Diesel y Brayton bajo suposiciones estándar.</li> <li>Aplica ecuaciones termodinámicas para evaluar la eficiencia de ciclos de potencia de gas.</li> <li>Analiza sistemas combinados gas-vapor considerando la integración energética.</li> <li>Construye y analiza diagramas P-v y T-s para representar cada tipo de ciclo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se interesa por optimizar recursos mediante la comprensión de ciclos combinados.</li> <li>Trabaja con precisión y orden al modelar sistemas energéticos.</li> <li>Reconoce la importancia del análisis termodinámico para la selección de ciclos adecuados.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Compara y evalúa la eficiencia de ciclos de potencia de gas según sus condiciones de operación y características del fluido de trabajo.</li> <li>Representa correctamente ciclos de potencia en diagramas termodinámicos.</li> <li>Justifica el uso del ciclo combinado gas-vapor en función de su eficiencia térmica y la recuperación de calor entre etapas.</li> <li>Relaciona condiciones reales de operación con desviaciones del comportamiento ideal.</li> </ul>
15	Coefficiente de Joule-Thomson / Refrigerantes: tipos, selección y su efecto al ambiente / Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza el efecto Joule-Thomson y su relación con procesos de enfriamiento y licuefacción.</li> <li>Clasifica refrigerantes según su naturaleza física, aplicaciones y compatibilidad ambiental.</li> <li>Evalúa el desempeño termodinámico del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra conciencia ambiental al seleccionar refrigerantes con bajo impacto ecológico.</li> <li>Integra conocimiento teórico con aplicaciones reales en procesos de refrigeración.</li> <li>Evidencia responsabilidad técnica al proponer soluciones eficientes y sostenibles.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Explica el principio del efecto Joule-Thomson y lo relaciona con la expansión de gases reales.</li> <li>Justifica la selección de refrigerantes considerando eficiencia, seguridad y sostenibilidad.</li> <li>Analiza y calcula el rendimiento del ciclo de refrigeración por compresión en condiciones reales.</li> </ul>
16	Refrigeración en cascada y multietapa / Licuación y solidificación de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe el funcionamiento y ventajas de sistemas de refrigeración en cascada y multietapa.</li> <li>Aplica balances de energía para analizar procesos de enfriamiento profundo.</li> <li>Evalúa condiciones necesarias para lograr la licuación y solidificación de gases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra rigurosidad al aplicar principios termodinámicos en procesos de alta complejidad.</li> <li>Se interesa por tecnologías avanzadas de enfriamiento en la industria química.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia esquemáticamente ciclos de refrigeración convencionales y en cascada.</li> <li>Estima las condiciones críticas para la licuefacción y solidificación de gases.</li> <li>Aplica el análisis termodinámico en sistemas de baja temperatura con precisión técnica.</li> </ul>
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Exámenes</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Informes finales y trabajos grupales</li> <li>Soluciones a ejercicios propuestos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema.</li> <li>Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.</li> </ul>	

## **VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS**

### **1. MEDIOS Y PLATAFORMAS VIRTUALES**

- Casos prácticos
- One Note
- Google Meet
- Repositorios de datos
- Separatas virtuales en PDF, para que refuercen los conceptos realizados en clase.
- Separatas virtuales en PDF, para que resuelvan los ejercicios que contienen.

### **2. MEDIOS INFORMATICOS:**

- Computadora
- Tableta gráfica
- Celulares
- Internet.

## **VII. EVALUACIÓN:**

La Evaluación es inherente al proceso de enseñanza aprendizaje y será continua y permanente. Los criterios de evaluación son de conocimiento, de desempeño y de producto.

### **1. Evidencias de Conocimiento.**

La Evaluación será a través de pruebas escritas y orales para el análisis y autoevaluación. En cuanto al primer caso, medir la competencia a nivel interpretativo, argumentativo y propositivo, para ello debemos ver como identifica (describe, ejemplifica, relaciona, reconoce, explica, etc.); y la forma en que argumenta (plantea una afirmación, describe las refutaciones en contra de dicha afirmación, expone sus argumentos contra las refutaciones y llega a conclusiones) y la forma en que propone a través de establecer estrategias, valoraciones, generalizaciones, formulación de hipótesis, respuesta a situaciones, etc.

En cuanto a la autoevaluación permite que el estudiante reconozca sus debilidades y fortalezas para corregir o mejorar.

Las evaluaciones de este nivel serán de respuestas simples y otras con preguntas abiertas para su argumentación.

### **2. Evidencia de Desempeño.**

Esta evidencia pone en acción recursos cognitivos, recursos procedimentales y recursos afectivos; todo ello en una integración que evidencia un saber hacer reflexivo; en tanto, se puede verbalizar lo que se hace, fundamentar teóricamente la práctica y evidenciar un pensamiento estratégico, dado en la observación en torno a cómo se actúa en situaciones impredecibles.

La evaluación de desempeño se evalúa ponderando como el estudiante se hace investigador aplicando los procedimientos y técnicas en el desarrollo de las clases a través de su participación asertiva.

### **3. Evidencia de Producto.**

Están implicadas en las finalidades de la competencia, por tanto, no es simplemente la entrega del producto, sino que tiene que ver con el campo de acción y los requerimientos del contexto de aplicación.

La evaluación de producto de evidencia en la entrega oportuna de sus trabajos parciales y el trabajo final.

El 30% de inasistencia inhabilita el derecho a la evaluación.

VARIABLES	PONDERACIONES	UNIDADES DIDÁCTICAS DENOMINADAS MÓDULOS
Evaluación de Conocimiento	30 %	El ciclo académico comprende 4 módulos.
Evaluación de Producto	35%	
Evaluación de Desempeño	35 %	

Siendo el promedio final (PF), el promedio simple de los promedios ponderados de cada módulo (PM1, PM2, PM3, PM4)

$$PF = \frac{PM1 + PM2 + PM3 + PM4}{4}$$

#### VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**1. ÇENGEL, Y. A., BOLES, M. A., KANOGLU, M.**

**Termodinámica.** 9na Edición. McGraw-Hill/Interamericana. (2019).

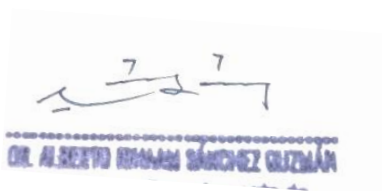
**2. SMITH, VAN NESS, ABBOTT**

**Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química.** 7ma Edición. McGraw-Hill/Interamericana. (2007).

**3. CASTELLAN G. W.**

**Fisicoquímica.** 2da Edición. Addison Wesley Longman de México S.A. de C.V. (1998).

Huacho, setiembre 2025



DR. ALBERTO RIQUELME SÁNCHEZ CRUZMÁN