



PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

CARRERA: Ingeniería Química

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: TERMODINÁMICA

Año Académico: 2023

Área: Básicas de la Especialidad

Bloque: Tecnologías Básicas

Nivel: 3

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Cuatrimestral

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
96	128	8

FUNDAMENTACIÓN

La palabra termodinámica proviene de dos vocablos griegos: *thermos* (calor) y *dynamis* (potencia), y describe los primeros esfuerzos por convertir calor en potencia. Hoy en día, el mismo concepto abarca todos los aspectos de la energía y sus transformaciones, junto con las relaciones entre las propiedades físicas y termofísicas de las sustancias afectadas por dichas transformaciones.

Las propiedades termodinámicas y las relaciones de energía pueden ser estudiadas o bien mediante el análisis del comportamiento a escala macroscópica de una sustancia, o bien mediante el promedio estadístico del comportamiento de las partículas individuales que la componen. El enfoque macroscópico recibe el nombre de termodinámica clásica, y proporciona una manera simple y directa para resolver problemas de ingeniería, razón por la cual es el enfoque elegido para este curso. El enfoque microscópico recibe el nombre de termodinámica estadística, y en este curso sólo se utilizará como un apoyo para la comprensión de algunos temas. La termodinámica técnica incluye el estudio de áreas tan diversas como el diseño de motores, bombas de calor, plantas generadoras de energía, turbinas de gas, equipos de aire acondicionado, refinerías, sistemas de calefacción por



medio de energía solar, producción comercial de energía a partir de fuentes geotérmica, plantas de energía biomásica y nuclear, etc.

Las dos leyes fundamentales de la Termodinámica, la Primera y Segunda Ley, tienen que ver de manera directa o indirecta con la energía. La Primera Ley es un enunciado de la conservación de la energía, o sea que trata de la cantidad de energía. La Segunda Ley trata de la calidad de energía sobre la base de que los procesos reales tienden a la disminución de la calidad de energía.

La asignatura Termodinámica constituye una de las bases fundamentales de la carrera Ingeniería Química, y contempla tanto aspectos tecnológicos como como sociales y aptitudinales en la formación profesional. Dentro de los aspectos tecnológicos, Termodinámica contribuye a la formación de profesionales capaces de afrontar el desarrollo integral de proyectos energéticos e industriales; atender con preparación y solvencia estudios de factibilidad, diseño, cálculo, construcción, instalación, puesta en marcha y operación de plantas de procesos, equipamiento, maquinaria y servicios complementarios; participar o liderar actividades de investigación y desarrollo; e interactuar de manera eficiente con pares y dentro de equipos multi e interdisciplinarios. Dentro de los aspectos sociales y aptitudinales, la asignatura fomenta la formación de profesionales capaces de comprender las diferentes realidades sociales, económicas y políticas del país y de la región que impactan en el ejercicio profesional; desarrollar principios éticos; y ejercer la profesión con sumo respeto y cuidado del ambiente.

COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Alta	Media	Baja	
CE1 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 1) Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.		X		
CE6 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 6) Optimizar procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de				X



efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulaciones, aplicando el modelo más adecuado, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social y ambiental.				
---	--	--	--	--

COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE

Competencia	Alta	Media	Baja
CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1) Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería.		X	
CS6 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.			X
CS7 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 7) Comunicarse con efectividad.			X
CS9 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 9) Aprender en forma continua y autónoma.			X

OBJETIVOS (APRENDIZAJES/LOGROS A ALCANZAR)

- i. Reconocer las leyes de la termodinámica para el análisis y cálculo de las relaciones entre trabajo, calor y energía.
- ii. Estimar propiedades termodinámicas de sustancias puras para su aplicación en la evaluación de propiedades termodinámicas.
- iii. Evaluar las propiedades termodinámicas de sustancias puras para su utilización en el cálculo ingenieril.
- iv. Analizar ciclos termodinámicos para la interpretación de la conversión entre trabajo, calor y energía.
- v. Analizar el equilibrio de fases para su aplicación en ciclos termodinámicos.
- vi. Interpretar y aplicar los principios termodinámicos a procesos energéticos e industriales, de acuerdo con el nivel de conceptualización adquirido en la asignatura.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Trabajo, calor y energía.
- Leyes de la termodinámica.
- Entropía y exergía.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- Gases y sustancias puras, ecuaciones de estado. Equilibrio de fases.
- Estimación de propiedades termofísicas.



- Conversión entre trabajo y calor. Análisis de ciclos termodinámicos.

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: Conceptos Básicos

Energías moleculares. Energías macroscópicas de un sistema físico. Sistemas cerrados y abiertos. Equilibrio y cambio. Procesos cíclicos y no cíclicos. Postulado de Estado. Conceptos de termodinámica clásica, estadística e irreversible. Funciones termodinámicas. La importancia de los principios de la termodinámica en el campo de la Ingeniería Química.

Propósitos: Realizar el diagnóstico de los contenidos previos que posee el grupo de estudiantes, introducir al grupo en los conceptos que se utilizarán a lo largo del curso, generar la integración vertical con los contenidos de Introducción a la Ingeniería Química e Introducción a Equipos y Procesos.

Unidad Temática 2: Propiedades PVT de las Sustancias Puras

Propiedades PvT de las sustancias puras: estados sólido, líquido y gaseoso. Uso de tablas para determinación de propiedades. Diagrama de Punto triple ($P-T$). Diagrama de campana de fases ($P-v$). Diagrama $T-v$. Punto crítico. Superficie $P-v-T$. Regla de las fases. La ecuación de estado de gases ideales. Ecuaciones cúbicas de estado. Ecuación de Van der Waals. Principio de estados correspondientes. Factor de compresibilidad Z . Carta generalizada de compresibilidad.

Propósitos: Analizar el comportamiento de las sustancias puras ante distintas condiciones de PVT , introducir el concepto de representación de sistemas mediante modelado, manejar y comprender la utilidad de las distintas ecuaciones de estado.

Unidad Temática 3: Leyes de la Termodinámica - Sistemas Cerrados

Energía interna. Calor: intercambio con fuentes térmicas y los alrededores. Trabajo de expansión-compresión y útil. Formulación de la primera Ley de la Termodinámica: balance de energía para sistemas cerrados. Entalpía. Calores específicos a presión o volumen constante. Procesos reversibles e irreversibles: isocórico, isobárico, isotérmico, adiabático y politrópico. Caso especial de gas ideal. Calor y fricción en sistemas mecánicos y fluidos.

Segunda Ley de la Termodinámica: enunciados de Clausius y Kelvin-Planck. Ciclo de Carnot: eficiencia térmica y postulados de Carnot. Desigualdad de Clausius: definición de Entropía. Generación y aumento de Entropía en el Universo: relación con la reversibilidad de los procesos. Fuentes de generación de entropía en sistemas de Ingeniería Química. Balance de entropía para sistemas cerrados. Nociones sobre teoría molecular de la Entropía. Escala absoluta de temperaturas. Tercera Ley de termodinámica.



La Exergía: su concepto. Estado muerto. Destrucción de exergía en procesos naturales. Aplicación e Interpretación del análisis exergético a sistemas cerrados.

Propósitos: Comprender los conceptos vinculados a los distintos tipos de energía, realizar balances de energía en sistemas cerrados, incorporar el concepto de Entropía, comprender el concepto reversibilidad de procesos, analizar e interpretar físicamente diferentes procesos, analizar e interpretar los resultados derivados de la 2° Ley de la Termodinámica.

Unidad Temática 4: Leyes de la Termodinámica - Sistemas Abiertos

Volumen de control. Expresión general de balance de masa y energía para sistemas abiertos. Análisis del estado estacionario. Aplicaciones a equipos de Ingeniería: cañerías, válvulas, bombas, compresores, turbinas, intercambiadores de calor. Cálculo del trabajo de eje. Caso especial de equipos con gases ideales y líquidos incompresibles. Deducción termodinámica de la Ecuación de Bernoulli.

Balances de entropía y exergía para sistemas abiertos. Interacción de los balances de masa, energía y entropía para el volumen de control. Aproximaciones para procesos irreversibles. Uso de diagramas $T-s$. Eficiencia isoentrópica y exergética de equipos de Ingeniería. Interpretación y aplicación del análisis exergético a sistemas abiertos.

Propósitos: Aplicar a sistemas abiertos los conceptos introducidos en la Unidad Temática 3, visualizar los procesos en diagramas termodinámicos, comprender las nociones de eficiencia y optimización, generar una base de conocimientos sólidos para su posterior desarrollo y aplicación en Operaciones Unitarias, Fenómenos de Transporte y Tecnología de la Energía Térmica, volcar los conocimientos adquiridos al análisis de procesos industriales de acuerdo con el nivel de conceptualización adquirido en la asignatura.

Unidad Temática 5: Ciclos Termodinámicos - Aplicaciones Ingenieriles

Obtención de trabajo a partir del calor. Ciclo de Carnot. Ciclos de potencia de gases ideales: Otto, Diesel y Brayton. Ciclos de potencia de vapor: ciclo Rankine simple (ideal y real). Ciclo Rankine con sobrecalentamiento, recalentamiento y regeneración. Cogeneración. Balances de energía, entropía y exergía en ciclos de potencia. Eficiencias en ciclos termodinámicos. Concepto de cogeneración y ciclo combinado. Análisis exergético de plantas de potencia.

Ciclos de refrigeración. Refrigerador y bomba de calor. Cálculo del coeficiente de desempeño (COP). Ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Uso del diagrama de Mollier $P-h$. Ciclo de refrigeración en cascada y otras disposiciones.

Propósitos: Comprender los distintos ciclos de potencia que obtienen trabajo a partir de calor, comprender el funcionamiento de los ciclos de refrigeración, aprender a seleccionar fluidos refrigerantes de acuerdo con sus propiedades, volcar los conocimientos adquiridos al análisis de



procesos energéticos e industriales de acuerdo con el nivel de conceptualización adquirido en la asignatura.

Unidad Temática 6: Relaciones de Propiedades Termodinámicas

Funciones de Gibbs (G) y Helmholtz (A). Ecuaciones de Gibbs de U , H , A y G para una sustancia pura. Ecuaciones de Maxwell. Diferenciales naturales: ecuaciones para cálculo de variaciones de U , H y S en función de parámetros medibles (P , v y T). Aplicación a diferentes ecuaciones de estado. Condiciones de Equilibrio Termodinámico. Caso especial del equilibrio de fases para una sustancia pura: ecuación de Clapeyron. Equilibrio líquido/vapor: ecuación de Clapeyron-Clausius. Coeficiente de Joule-Thomson.

Propósitos: Aplicar los conceptos vistos en la asignatura al estudio de las propiedades de las sustancias puras, evaluar las propiedades termodinámicas a partir de parámetros medibles, identificar ecuaciones útiles para la estimación de propiedades, integrar conocimientos de Química, Introducción a la Ingeniería Química e Introducción a Equipos y Procesos, asentar y afianzar las bases conceptuales para el estudio de sistemas multicomponentes en la asignatura Físicoquímica.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
Teórica	30	14	44
Formación práctica	42	10	52

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental	2	-	Planta Piloto, UTN.BA
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)			
Proyecto y diseño			
Otras:			Laboratorio de Simulación de Procesos, UTN.BA / Aula / Aula virtual
Ejercicios y resolución de problemas estructurados	38	10	
Simulación	2	-	
Práctica supervisada			



Total de horas	42	10	52
-----------------------	----	----	----

En esta sección, el tiempo asignado a la toma de exámenes ha sido incluido como horas teórico-prácticas de modalidad presencial.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

El desarrollo de la asignatura se estructura en torno a tres ejes: las clases teóricas, las de resolución de ejercicios y la realización de trabajos prácticos. En la primera clase se introduce al grupo en la asignatura, enfatizando el rol de Termodinámica dentro de las materias de especialidad más íntimamente relacionadas con la Ingeniería Química. El dictado de las clases se da de manera híbrida virtual-presencial, combinando las ventajas pedagógicas de cada modalidad. A través del dictado virtual se destacan (i) la posibilidad de realizar actividades con un mayor uso de herramientas informáticas, bibliografía interactiva y medios audiovisuales, y (ii) la optimización del uso del tiempo, permitiendo alcanzar un mayor nivel de profundización en el tratamiento de los contenidos de la asignatura; mientras que a través de la modalidad presencial se destacan la mejor calidad de interacción social y la transparencia en los procesos de evaluación.

El modelo híbrido se compone de un 48% de la carga horaria de la asignatura dictada de manera virtual, repartida entre actividades sincrónicas y asincrónicas, y la carga horaria restante de forma presencial. La primera clase del cuatrimestre se realiza de manera presencial: se presenta el cuerpo docente con el grupo de estudiantes y se presentan los contenidos de la asignatura, la forma de trabajo a emplear a lo largo del curso, y la metodología de evaluación, quedando así establecido el contrato pedagógico. Con el fin de introducir al grupo en la modalidad híbrida, la segunda clase se realiza de manera virtual buscando presentar al grupo todos los recursos a utilizar para tal fin, y despejar dudas de funcionamiento de las plataformas. La mitad de la clase consta de un encuentro sincrónico a través de la plataforma para videoconferencias habilitada por la facultad para las cuentas institucionales, utilizando un link de acceso que se envía al grupo de estudiantes de manera previa al inicio de clases. La otra mitad de la clase se realiza de manera asincrónica, facilitando al grupo el acceso al contenido creado por la cátedra para tal fin. La primera clase práctica se realiza de manera presencial, en la que se trabaja sobre la primera serie de ejercicios a fin de realizar un diagnóstico general y nivelar al grupo en torno a los conceptos previos necesarios para encarar la asignatura. Tanto la toma de exámenes como las clases de repaso previas a los mismos y las prácticas en planta piloto y en el laboratorio de simulación de procesos, se realizan de manera presencial. El resto de las clases se dictan de manera combinada, tal como se detalla a continuación.

La aplicación del formato híbrido tiene por objetivo fomentar el estudio autogestionado, siempre con un fuerte acompañamiento docente, contribuyendo de esta manera a la competencia CS9. El uso de diversas formas de comunicación, presenciales o virtuales, contribuye a la competencia CS7.



Clases teóricas

El desarrollo teórico de los temas se realizará en clases de exposición oral tipo magistral, que ofrecerán una visión global del tema tratado profundizando en aquellos conceptos clave para su comprensión. Se prestará especial atención a establecer los puentes cognitivos necesarios para la incorporación de los nuevos conceptos, generando paralelismos entre los conceptos o fenómenos estudiados, las experiencias cotidianas y la vida profesional (contribuye a la CE1).

Gran parte de las clases teóricas serán dictadas de forma virtual, y constarán (en general) de un 50% asincrónico y un 50% sincrónico. Con unos días de anticipación a lo que se denomina *encuentro virtual sincrónico*, se facilitará al alumnado el material de trabajo asincrónico correspondiente a cada clase teórica. Dicho material contribuye a las horas de dictado virtual asincrónico (50%), y podrá constar de:

1. Contenido audiovisual generado especialmente para Termodinámica de la UTN.BA, a través de vídeos accesibles a través Aula Virtual de la materia (se describe en la sección Recursos Didácticos), en los cuales se presenta el desarrollo teórico de los temas a través de exposiciones orales de tipo magistral que acompañan una presentación con diapositivas y animaciones. Este contenido podrá ser consultado en cualquier momento, los videos podrán ser pausados, vueltos a ver, se podrá modificar la velocidad de reproducción y hasta ver con subtítulos.
2. Material de lectura, como ser material didáctico desarrollado por docentes de la cátedra o bibliografía complementaria.

El material asincrónico será facilitado al grupo con suficiente anterioridad al encuentro sincrónico. Se requerirá que cada estudiante llegue al encuentro virtual sincrónico con su docente habiendo visto el contenido de la clase correspondiente (CS9).

Como mecanismo de seguimiento de la participación de estudiantes en las actividades asincrónicas, la cátedra generará actividades de autoevaluación formativa continua (también asincrónicas) en el Aula Virtual (CS9). Dichas actividades constarán de cuestionarios teórico-prácticos (CE1, CT1) en los que cada estudiante, de manera individual o grupal (CS6) según la consigna docente, podrá evaluar su nivel actual de comprensión de los conceptos presentados. Dichos cuestionarios estarán disponibles en el Aula Virtual, podrán ser realizados en varios intentos dentro del plazo establecido para tal fin, y una vez finalizados se permitirá visualizar la respuesta correcta de cada actividad. La participación en estas actividades de seguimiento formará parte de los requisitos de presentismo, requiriéndose la realización de un mínimo del 75%. De esta manera, las mismas no constituyen un requisito de aprobación de la materia, sino un incentivo al aprendizaje y una estrategia de fomento de la participación sostenida a lo largo del cuatrimestre (CS9). A su vez, se habilitará un foro de interacción en el Aula Virtual, en el cual cada estudiante podrá plasmar sus dudas e interactuar con el resto del grupo respondiendo preguntas y debatiendo (CS6, CS7).



En los encuentros virtuales sincrónicos se repasarán los conceptos principales de cada tema, y se generarán debates entre estudiantes y docentes que profundicen los conceptos ya presentados. Es aquí donde se trabajará en los paralelismos con situaciones cotidianas, y la ejemplificación e interpretación de aplicaciones reales, utilizando recursos informáticos cada vez que sea necesario. Adicionalmente, se indicará la bibliografía recomendada para la profundización del tema. En todos los casos, se hará énfasis en la relación del tema estudiado con otras asignaturas de la carrera y con aplicaciones en el ejercicio de la profesión, contribuyendo con las competencias específicas y técnicas CE1 y CT1. A su vez, y principalmente a través de las Unidades Temáticas 4 y 5, se contribuirá al desarrollo de la competencia específica de alcance CE6 a partir del abordaje de conceptos de eficiencia asociados a equipos y procesos. Particularmente, en la Unidad Temática 5 se presentan diferentes arreglos (teóricos y prácticos) de ciclos de potencia y de refrigeración, enfocándose en el análisis crítico de estrategias orientadas a la mejora del rendimiento energéticos de los mismos, de acuerdo con el nivel de conceptualización adquirido en la asignatura.

De manera previa a cada examen parcial, se brindarán clases presenciales de revisión de todos los contenidos dados, se realizará la integración teórico-práctica de los mismos y se responderán consultas generales.

Clases de resolución de ejercicios

Las clases de resolución de problemas correspondientes a cada unidad temática se realizarán de forma coordinada con las clases teóricas, bajo las siguientes modalidades y estrategias de enseñanza:

1. Clases virtuales asincrónicas: consisten en la explicación de problemas tipo, donde se trabaja en la interpretación de los enunciados, la modelización del sistema involucrado y la identificación de los elementos esenciales en el planeamiento de su resolución. Para ello, se utiliza material de trabajo asincrónico que podrá constar de videos explicativos, textos con ejemplos prácticos resueltos, secuencias de pasos a seguir que faciliten la interpretación y resolución de problemas, tutoriales y guías explicativas que incentiven la utilización de software para resolución de problemas de ingeniería, dependiendo de la unidad temática a tratar. Tal como se describe para las clases teóricas, se utilizarán cuestionarios de autoevaluación como herramienta de seguimiento de la participación individual en los procesos asincrónicos (CS9).
2. Clases virtuales sincrónicas: consisten en encuentros virtuales a través de la plataforma adoptada por la cátedra, de la misma manera que para las clases teóricas. Dichos encuentros serán destinados a la resolución conjunta docente-estudiantes de las series de ejercicios de la materia, revisión de ejercicios, uso de software cuando corresponda, y consultas.
3. Clases presenciales: consisten en la resolución participativa de ejercicios tipo, a través del trabajo individual y grupal (CS6) en el aula con guía docente permanente. Una vez concluido cada ejercicio, se analizan los resultados obtenidos de manera conjunta, con foco en la



interpretación, la identificación de errores comunes y las maneras de evitarlos, y atendiendo a las dudas que surgieran en el proceso.

De esta manera, se busca aprovechar las ventajas inherentes a cada modalidad, al complementarlas de forma eficiente en beneficio del proceso de aprendizaje. El fuerte trabajo en torno a la resolución de ejercicios que representan sistemas físicos realistas, siempre haciendo hincapié en la aplicación de los conceptos teóricos fundamentales, contribuyen a las competencias CT1 y CE1.

Trabajos prácticos

En estas actividades se busca que el alumnado reafirme los conceptos adquiridos a través de la realización de un trabajo experimental, y del empleo de software de simulación de procesos. Actualmente, se realiza un trabajo práctico en la planta piloto de la UTN.BA que tiene como objetivo (i) analizar la variación de presión, potencia y eficiencia isoentrópica de un compresor centrífugo a diferentes velocidades de rotación, y (ii) simular el proceso mediante el uso de software especializado, de acuerdo con las licencias que se encuentran disponibles en la UTN.BA. El trabajo práctico se realiza de manera presencial, y es organizado en grupos reducidos de estudiantes de manera tal de garantizar la interacción adecuada con el equipo docente y con las instalaciones y equipos, garantizando el cumplimiento de las medidas de seguridad pertinentes. Para la aprobación del trabajo práctico se deberá cumplir con la entrega y aprobación de los respectivos informes.

La metodología de trabajo grupal contribuye a la competencia CS6, mientras que la elaboración y corrección del informe contribuye a la competencia CS7. Por otro lado, la actividad que consta de la medición de parámetros en un equipo real y la simulación del proceso en base a los datos medidos contribuye a las competencias CE1 y CT1.

Recursos didácticos

La materia cuenta con Aulas Virtuales (preferentemente para cada curso individual) dentro del Campus Online de la UTN.BA. En dichos sitios se ponen a disposición los siguientes recursos didácticos: programa de la asignatura; cronograma del cuatrimestre en curso; detalle de la modalidad de evaluación definida por la cátedra; series de ejercicios de cada unidad temática; guía de trabajos prácticos en planta piloto; guía de trabajos prácticos de simulación; material didáctico asociado a la asignatura como diagramas y tablas de propiedades de diferentes sustancias puras; material de lectura para profundización de los temas dictados en clase (bibliografía de libre circulación o propia de la cátedra); contenido audiovisual generado por docentes de la cátedra, etc. Asimismo, se emplean los canales de mensajería del Aula Virtual para todas las comunicaciones al grupo de estudiantes: fechas de exámenes, trabajos prácticos, resultados de exámenes y otros temas pertinentes. Se estimula el uso de software de resolución de ecuaciones, y de simulación de procesos y propiedades termodinámicas de fluidos. La facultad cuenta con licencias de software de simulación de procesos de amplia utilización en ingeniería, a la que el alumnado podrá acceder a través del



Laboratorio de Simulación de la UTN.BA. A su vez, a través de demostraciones y desarrollos guiados por docentes en encuentros virtuales se buscará incentivar al grupo en el uso de software libre relacionado.

Aspectos éticos

Esta propuesta de cátedra está orientada a promover todas las medidas que permitan asegurar la igualdad de oportunidades y evitar cualquier tipo de discriminación, persecución y/o acoso, tanto en el desarrollo de la cursada como en los procesos de evaluación individual. Se buscará especialmente generar una modalidad de trabajo inclusiva con relación a cualquier razón de género, clase social, aspecto físico, edad, estado civil, sindicación, opinión política, orientación sexual, religión, discapacidad, nacionalidad, grupo étnico o cualquier otra condición de estudiantes y docentes. Será obligación del plantel docente promover un clima de respeto en las relaciones docente-estudiante, estudiante-docente, estudiante-estudiante y docente-docente, exponiendo el caso cuando algo de esto no se cumpla ante el Consejo Departamental y ante quien corresponda.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Evaluación continua del proceso de enseñanza-aprendizaje

La evaluación continua del proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza en clase, observando el desarrollo del grupo de estudiantes en la comprensión y aplicación de los contenidos aprendidos. Esta manera de evaluar posibilita la flexibilidad para cambiar la estrategia sobre la marcha cuando se observa que algún tema no se ha integrado o conceptualizado de manera significativa. Se buscará flexibilizar y adaptar la enseñanza no sólo en la resolución de problemas, sino también en la presentación de conceptos teóricos que permitan encarar la resolución de ejercicios de manera adecuada.

Evaluación del proceso por el producto

La evaluación del proceso por el producto buscará evaluar el modo en que cada estudiante integra sus conocimientos, la conceptualización de los contenidos de la asignatura, y la transferencia de estos contenidos a las situaciones concretas que se le plantean, a través de exámenes y trabajos prácticos. De acuerdo con Reglamento de Estudios vigente, se establece que la calificación mínima de aprobación es 6 (seis), que cada examen contará con dos instancias de recuperación, y que la cátedra debe elegir un criterio para la promoción de la asignatura de una serie de alternativas posibles. Las instancias de evaluación parcial y sus respectivas recuperaciones consisten en la resolución de exámenes teórico-prácticos en modalidad presencial, con un grado de dificultad acorde con los temas y problemas desarrollados durante la cursada. Tanto la regularización como la promoción de la asignatura quedan sujetas al cumplimiento de los requisitos de regularidad establecidos por la UTN.BA.



A continuación, se detallan los requisitos para la regularización y para la aprobación de la asignatura.

Requisitos de Regularidad

- Aprobación de dos exámenes parciales teórico-prácticos, modalidad presencial: primer parcial – unidades temáticas 1, 2 y 3; segundo parcial – unidades temáticas 4, 5 y 6.
- Condición necesaria de aprobación: resolución satisfactoria del 60% del examen, que equivaldrá a una nota igual a seis (6/10).
- Los exámenes podrán ser aprobados en cualquiera de las instancias previstas de evaluación (examen, primer recuperatorio o segundo recuperatorio de cada parcial).
- Aprobación de Trabajos Prácticos.
- Cumplimiento de asistencia a las clases presenciales según el Reglamento de Estudios vigente, 75% de asistencia a los encuentros virtuales sincrónicos, y 75% de participación en las actividades asincrónicas de seguimiento del Aula Virtual de la materia. Para estos últimos no se requerirá aprobación, sino simplemente participación periódica.

Requisitos de aprobación

Aprobación directa (promoción): el criterio elegido por la cátedra se fundamenta en la complejidad creciente de los contenidos incluidos en cada examen parcial, estableciendo que la asignatura se dará por aprobada mediante promoción directa cuando se cumplan las siguientes tres condiciones:

- i. Primer examen parcial resuelto de manera satisfactoria al menos en un 60% (condición necesaria de aprobación del examen, nota equivalente: 6).
- ii. Segundo examen parcial resuelto de manera satisfactoria al menos en un 80% (nota equivalente: 8). Examen de nivel de exigencia ascendente con respecto al primero, dado que los temas abordados integran conocimientos del primer examen parcial.
- iii. La suma de las notas de ambos exámenes sea mayor o igual a 15.

Estas condiciones son aplicables tanto a los exámenes parciales como a una única instancia de recuperación que se otorga para la promoción. Dicha recuperación podrá ser de cualquiera de los dos parciales (no ambos), deberá rendirse en la primera fecha de recuperatorios, y la nota obtenida reemplazará la nota del parcial recuperado.

Aprobación mediante examen final: la evaluación final consiste en el desarrollo de un examen teórico-práctico de temas incluidos en el programa de la asignatura, con enfoques integradores de los conocimientos. Condición necesaria de aprobación: resolución satisfactoria del 60% del examen, que equivaldrá a una nota igual a seis (6/10).



ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

La asignatura está relacionada verticalmente con las siguientes asignaturas que la preceden e imparten contenidos que son utilizados como conocimientos previos: Química, Análisis Matemático I y II, Física I y II, Introducción a la Ingeniería Química e Introducción a Equipos y Procesos. En las mismas se introduce el análisis básico de varios de los conceptos que luego serán profundizados en Termodinámica, como ser: modelos del gas ideal y de Van der Waals, propiedades físicas equilibrio y diagramas de fases ($P-v$, $P-T$), conceptos de termodinámica básica, deducción y análisis de ecuaciones diferenciales, y balances de masa y energía simples. Con respecto a la articulación vertical con asignaturas de niveles superiores de la carrera, Termodinámica resulta una instancia de formación necesaria para afrontar y comprender de manera adecuada asignaturas los conceptos y aplicaciones que se profundizan en Fisicoquímica, Fenómenos de Transporte, Tecnología de la Energía Térmica, Ingeniería de la Reacciones Químicas, Operaciones Unitarias I y II, Diseño, simulación, optimización y seguridad de procesos, y el Proyecto Final.

La integración horizontal de Termodinámica se da fundamentalmente con Balances de Masa y Energía, asignatura de cursada anual del tercer nivel. Balances de Masa y Energía utiliza y aplica conceptos de Termodinámica para la resolución de balances de masa y energía en procesos industriales.

A su vez, se alienta la interacción del equipo docente en su conjunto, junto con docentes de otras asignaturas, con el fin de fortalecer la articulación vertical y horizontal de Termodinámica, de generar acuerdos temáticos y distribuir de manera eficiente los esfuerzos en la enseñanza dentro de la carrera Ingeniería Química.

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Nota: Las horas consignadas como “virtual-sincrónicas” son computadas como horas presenciales, conforme el documento CONEAU sobre consideraciones sobre las estrategias de hibridación IF-2021-123533751-APN-CONEAU#ME, la resolución del CIN 1716/22 sobre la reconfiguración de las opciones pedagógicas presencial y a distancia, y la resolución del Consejo superior 87/22 sobre el desarrollo de actividades académicas presenciales.



Clase	Tema	Actividad	Modalidad de dictado	Horas cátedra
1	Presentación curso, modalidad de cursada y criterios de evaluación. Clase de introducción, conceptos básicos.	Teoría	Presencial	3
2	Sustancias puras.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
3	Sustancias puras: Práctica I, ejercicios de repaso y nivelación.	Práctica	Presencial	3
4	Sustancias puras: Práctica II.	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
	Resolución de ejercicios y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
5	Sustancias puras: Práctica III.	Práctica	Presencial	3
6	Sistemas cerrados: Teoría I, Energía.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
7	Sistemas cerrados: Práctica I.	Práctica	Presencial	3
8	Sistemas cerrados: Teoría II, Entropía y 2° principio.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
9	Sistemas cerrados: Teoría III, Exergía.	Teoría	Presencial	3
10	Sistemas cerrados: Práctica II.	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
	Resolución de ejercicios y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5



11	Sistemas cerrados: Práctica III	Práctica	Presencial	3
12	Sistemas cerrados: Práctica IV.	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
	Resolución de ejercicios y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
13	Integración teórico-práctica – Clase de repaso 1° parcial.	Teoría/Práctica	Presencial	3
14	1° Parcial.	Teoría/Práctica	Presencial	5
15	Sistemas abiertos: Teoría I, Balances de masa y energía.	Teoría	Presencial	3
16	Sistemas abiertos: Teoría II, Equipos.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
17	Sistemas abiertos: Práctica I.	Práctica	Presencial	3
18	Sistemas abiertos: Práctica II.	Teoría/Práctica	Presencial	3
	Sistemas abiertos: Teoría III.		Virtual - Asincrónica	2
19	Sistemas abiertos: Práctica III.	Práctica	Presencial	3
20	Sistemas abiertos: Práctica IV.	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
	Resolución de ejercicios y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
21	Ciclos termodinámicos: Teoría I, ciclos de potencia.	Teoría	Presencial	3
22	Ciclos termodinámicos: Teoría II, ciclos de potencia.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5



23	Ciclos termodinámicos: Práctica I.	Práctica	Presencial	3
24	Ciclos termodinámicos: Teoría III, Ciclos de refrigeración.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
25	Ciclos termodinámicos: Práctica II.	Práctica	Presencial	3
26	Trabajo práctico - Planta piloto.	Práctica	Presencial	5
27	Ciclos termodinámicos: Práctica III.	Práctica	Presencial	3
28	Relaciones de propiedades termodinámicas: Teoría I.	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Profundización de conceptos y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
29	Relaciones de propiedades termodinámicas: Teoría II + Práctica I.	Teoría/Práctica	Presencial	3
30	Relaciones de propiedades termodinámicas: Práctica II.	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
	Resolución de ejercicios y consultas.		Virtual - Sincrónica	2,5
31	Integración teórico-práctica – Clase de repaso 2° parcial.	Teoría/Práctica	Presencial	3
32	2° Parcial.	Teoría/Práctica	Presencial	5
Presencial: 66 hc. Virtual: 62 hc (48% materia), de las cuales 32 hc son asincrónicas (52%) y 30 hc sincrónicas (48%).				

BIBLIOGRAFÍA

Se presenta una lista actualizada de bibliografía para la asignatura que incluye bibliografía básica y bibliografía complementaria. La primera fue seleccionada por su completitud en términos de temas abarcados, su pertinencia para la carrera, y la posibilidad de acceso por parte del alumnado. La segunda está orientada a profundizar el conocimiento de temas temáticas específicos, a afianzar



los mecanismos para la resolución de ejercicios, como así también a incentivar y motivar al alumnado acercándose a aplicaciones concretas de los conocimientos adquiridos.

Bibliografía obligatoria

Criado Sancho, M., Casas Vázquez, J., Jou Mirabent, D. (2020). *Termodinámica Química*, UNED Ediciones.

Cengel, J., Boles, M. (2015). *Termodinámica*, 8 Ed., McGraw Hill.

Moran, M., Shapiro, H. (2018). *Fundamentos de la Termodinámica Técnica*, 2 Ed., Reverté.

Smith, J., Van Ness, H., Abbott, M., Swihart, M. (2020). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*, 8 Ed., McGraw-Hill.

Van Wylen, G., Sonntag, R., Borgnakke, C. (2003). *Fundamentos de Termodinámica*, Limusa-Wiley.

Wark, K. (2001). *Termodinámica*, Mc Graw Hill.

Bibliografía complementaria

Ahamed, J. U., Saidur, R., Masjuki, H. H. (2011). A review on exergy analysis of vapor compression refrigeration system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1593-1600.

Aljundi, I. H. (2009). Energy and exergy analysis of a steam power plant in Jordan. *Applied thermal engineering*, 29(2-3), 324-328.

Ameri, M., Ahmadi, P., Khanmohammadi, S. (2008). Exergy analysis of a 420 MW combined cycle power plant. *International journal of energy research*, 32(2), 175-183.

Arenas Gómez, A. (2018). *Termodinámica (II): Aplicaciones*, Albino Arenas Gómez.

Cao, E. (2011). *Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos*, Nueva Librería.

Criado Sancho, M., Casas Vázquez, J. (2004). *Termodinámica Química y de los Procesos Irreversibles*, Pearson Educación.

Franco Lijó, J. (2010). *Manual de Refrigeración*, Reverté.

García, C. (1997). *Problemas de Termodinámica Técnica*, Librería y Editorial Alsina.

García, C. (2006). *Termodinámica Técnica*, 7 Ed., Ediciones Alsina.

Gholamian, E., Hanafizadeh, P., Ahmadi, P. (2018). Advanced exergy analysis of a carbon dioxide ammonia cascade refrigeration system. *Applied Thermal Engineering*, 137, 689-699.

Hidalgo, J. (2021). *Termodinámica Básica para Ingenieros*, Ediciones de la U.

Huang, F. (2006). *Ingeniería Termodinámica*, CECSA.

Nieto Carlier, R. (2018). *Termodinámica para Ingenieros Químicos*, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Pérez Cruz, J. (2021). *Problemas Razonados de Termodinámica*, García Maroto Editores.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

- Regulagadda, P., Dincer, I., Naterer, G. F. (2010). Exergy analysis of a thermal power plant with measured boiler and turbine losses. *Applied Thermal Engineering*, 30(8-9), 970-976.
- Rolle, K. (2006). *Termodinámica*, Pearson Educación.
- Rotstein, E., Fornari, R. (1997), *Termodinámica de Procesos Industriales: Exergía y Creación de Entropía*, EDIGEM.
- Sabugal García, S., Gómez Moñux, F. (2006). *Centrales Térmicas de Ciclo Combinado: Teoría y proyecto*, Ediciones Díaz de Santos.
- Saleh, B. (2018). Energy and exergy analysis of an integrated organic Rankine cycle-vapor compression refrigeration system. *Applied Thermal Engineering*, 141, 697-710.
- Sengupta, S., Datta, A., Duttagupta, S. (2007). Exergy analysis of a coal-based 210 MW thermal power plant. *International journal of energy research*, 31(1), 14-28.
- Verkhivker, G. P., Kosoy, B. V. (2001). On the exergy analysis of power plants. *Energy Conversion and Management*, 42(18), 2053-2059.
- Vundela Siva, R., Subash Chndra, K., Sudhir Kumar, T., Narayanlal, P. (2010). An approach to analyse energy and exergy analysis of thermal power plants: a review. *Smart Grid and Renewable Energy*, 2010.