



PROGRAMA

Actividad Curricular	TERMODINÁMICA DE PROCESOS
Docente responsable	Dra. Paula Z. Araujo
Equipo docente	Dra. Paula Z. Araujo (Prof.), Ing. Ana María Cuezco (JTP), Ing. Francisco E. Sánchez Collado (ADG) y Paula Middagh (Ayudante Estudiantil).
Departamento	Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial
Vigencia	2022
Carrera	INGENIERÍA QUÍMICA
Plan de estudios	Plan 1993 – Modificación 2004
Res. Ministerial de reconocimiento oficial	RM N° 389-2017
Código	15_QQF
Tipo de Actividad	Obligatoria
Ubicación de la carrera	Módulo V – Tercer año. Bloque curricular: Tecnologías Básicas de la Ingeniería Química.
Correlativas	<p><i>Para poder cursar esta actividad curricular el alumno deberá tener regulares las asignaturas:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Física II• Cálculo III• Química General e Inorgánica <p><i>Para poder rendir la asignatura el alumno deberá tener aprobadas las siguientes asignaturas:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Física II• Cálculo III• Química General e Inorgánica
Carga horaria Presencial Total	<ul style="list-style-type: none">• 128 horas presenciales Totales• 8 horas semanales. 16 semanas
Distribución de actividades presenciales	<ul style="list-style-type: none">• 100 horas de clases teórico – prácticas• 16 horas de trabajos prácticos experimentales• 12 horas de evaluaciones



<p>Recursos empleados</p>	<p>Bibliografía básica</p> <ul style="list-style-type: none">• Smith, J., Van Ness, H., Abbott, M., and Swihart, M., Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 8ed. New York: McGraw-Hill Higher Education (2018).• Elliott, J. R. y Lira, C. T., Introductory Chemical Engineering Thermodynamics, Prentice Hall PTR (2012).• Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., Bailey, M. B., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 9na edición, Wiley (2018). <p>Bibliografía recomendada</p> <ul style="list-style-type: none">• Smith, J. M., Van Ness, H. C. y Abbott, M. M., Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química, 7ma edición, Mc Graw-Hill (2007).• Cengel, Y. A.; Boles, M. A., Termodinámica, 5ta edición, Mc Graw-Hill (2006).• Abbott, M. M. y Van Ness, H. C. Termodinámica, Serie Schaum, 2da Edición, McGraw-Hill (1991).• Sandler S.I. Termodinámica para Químicos e Ingenieros Químicos. Interamericana (1981).• García, C. Problemas De Termodinámica Técnica, Alsina (1997).• Potter, M.C., Somerton, C.W. Termodinámica para Ingenieros, McGraw-Hill, Interamericana (2004). <p>Software utilizados en la resolución de problemas de aplicación</p> <ul style="list-style-type: none">• THERMONATOR® Versión 3.2. (libre para sistema operativo Android®).• Opcional para estudiantes: TermoGraf® Versión 5.7 (licencia gratuita de estudiantes). <p>Plataforma virtual</p> <p>Para información general, material de apoyo para los alumnos, desarrollo de actividades teórico-prácticas y evaluaciones del cursado regular:</p> <p>http://facetvirtual.facet.unt.edu.ar/enrol/index.php?id=21</p> <p>Laboratorio</p> <p>Laboratorio de Termodinámica de Procesos 4-2-19 y Laboratorio Físico-química 4-3-01</p> <p>Aulas</p> <p>Disponible con proyector multimedia y acceso a red informática del Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial (4-1-32 y 4-4-20)</p>
----------------------------------	---



<p>Objetivos en el Plan de Estudio</p>	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar las leyes termodinámicas a procesos de Ingeniería Química sin reacción química.• Estimar propiedades termodinámicas de mezclas y adquirir metodologías para la obtención experimental de las mismas.• Calcular distintos tipos de equilibrio entre fases.
<p>Resultados de Aprendizaje (Competencias)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Analiza los principios fundamentales de la Termodinámica incluyendo los equilibrios de fases en procesos que no involucran transformaciones químicas.• Aplica los conceptos fundamentales de la Termodinámica en los procesos de la Ingeniería Química.• Analiza la transformación de calor en trabajo en la resolución de problemas, aplicando balances de materia, energía y entropía en procesos de transformación e intercambio de energía.• Reconoce las variables termodinámicas involucradas en los procesos de sistemas físicos.• Aplica, con criterio, una ecuación de estado apropiada para representar el comportamiento PVT de gases a alta presión y/o líquidos. Determina el estado termodinámico de las sustancias puras o mezclas que intervienen en los procesos (gases ideales, gases reales, líquidos).• Identifica y evalúa la eficiencia térmica de los ciclos de generación de potencia, de refrigeración y bombas de calor empleados en los procesos.• Explica las diferentes formas (P-xy, T-xy, x-y, P-T, H-P, H-S, etc.) de representar el comportamiento del equilibrio de fases en mezclas o de las propiedades termodinámicas de fluidos puros.• Analiza los modelos de equilibrio entre fases de sustancias puras y mezclas, en condiciones ideales y no ideales, asegurando consistencia termodinámica.• Evalúa el ajuste del modelado termodinámico del equilibrio entre fases de una mezcla mediante experimentación.• En las prácticas de laboratorio conoce las normas de seguridad. Opera minimizando el consumo de energía, el uso de materias primas y la generación de residuos.• Aplica técnicas grupales para realizar informes y análisis de datos experimentales. <p>Respecto a actitudes</p> <ul style="list-style-type: none">• Usa las TIC's para gestionar eficientemente la información y el conocimiento.• Resuelve problemas con iniciativa, toma de decisiones, desarrolla creatividad y razonamiento crítico.



Métodos de Enseñanza	<p>Clases teórico-prácticas. Desarrollo de los conceptos teóricos de la Termodinámica de Procesos aplicados a problemas. Resolución de ejercicios y discusión de aplicaciones.</p> <p>Clases prácticas. Resolución de problemas de cálculo que sirvan para profundizar los conceptos. Análisis de resultados numéricos y coherencia con la realidad. Desarrollo de problemas con la asistencia de software específico de uso libre.</p> <p>Prácticas de Laboratorio. Realización de prácticas de laboratorio que permitan fortalecer los conceptos de equilibrios de fase, las suposiciones y los modelos termodinámicos que permiten analizar de forma rigurosa los equilibrios.</p>
Métodos de Evaluación	<p>Para regularidad:</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluaciones de seguimiento planteadas como autoevaluaciones.• Evaluaciones parciales de problemas (dos). El alumno debe alcanzar una calificación mayor o igual a 5. Se dispone de una recuperación por cada evaluación parcial no aprobada.• Evaluaciones de trabajos prácticos de laboratorio. <p>Para aprobación:</p> <ul style="list-style-type: none">• Examen final integrador – Oral/Escrito
Condiciones de aprobación	<p>Para acceder a regularidad son obligatorias las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none">(1) Asistencia al 75% de las clases prácticas.(2) Evaluaciones parciales de problemas (aprobación).(3) Evaluación de trabajos prácticos de laboratorio (asistencia y evaluación) <p>Para aprobación: Examen final integrador-Oral/Escrito</p>
Contenidos mínimos del Plan de Estudios	<p>Fundamentos de termodinámica. Sistemas que consideran sustancia pura, gases ideales y reales, ecuaciones de estado. Primera ley de la termodinámica, entalpía, procesos reversibles. Segunda ley de la termodinámica, irreversibilidad y entropía. Aspectos termodinámicos de la conversión de la energía. Propiedades de sistemas homogéneos en sustancia pura, fugacidad. Sistemas heterogéneos para sustancias puras, diagramas termodinámicos. Procesos homogéneos para multi componentes. Sistemas heterogéneos para multicomponentes, regla de las fases, equilibrios líquido-vapor, líquido-gas, líquido-líquido, líquido-líquido-vapor, sólido-líquido.</p>



<p>Programa analítico de contenidos</p>	<p>T.1: FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA Sistema termodinámico, clasificación. Estado termodinámico. Variables de estado. Ecuaciones de estado. Propiedades intensivas y extensivas, específicas. Equilibrio termodinámico. Proceso o transformación. Dimensiones y unidades. Cambios de estado. Procesos reversibles e irreversibles.</p> <p>T.2: PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA Energía interna, cinética y potencial. Calor y trabajo. Trabajos de expansión, compresión, eje y flujo. Ecuación general de la conservación de la energía. Entalpía. Casos particulares: sistemas cerrados, sistemas abiertos, a régimen estacionario y no estacionario. Capacidad calorífica y calor específico.</p> <p>T.3: PROPIEDADES VOLUMÉTRICAS DE LOS FLUIDOS Comportamiento P-V-T de las sustancias puras. Diagramas P-V. Propiedades críticas. Zona de dos fases: curvas límite. Título de un vapor. Diagrama P-T. Punto triple. Gases ideales. Sistemas difásicos. Calor latente. Variación de las propiedades termodinámicas asociadas a los cambios de fase. Tablas de propiedades termodinámicas. Diagramas termodinámicos.</p> <p>T.4: SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA Dirección de los procesos espontáneos. Distintas calidades de la energía. Enunciados. Ciclos y máquinas térmicas. Teorema de Carnot, consecuencias. Entropía, su variación en transformaciones reversibles e irreversibles. Flujo de entropía, generación de entropía. Tercera ley de la Termodinámica. Diagrama termodinámico T-S.</p> <p>T.5: TERMODINÁMICA EN SISTEMAS ABIERTOS Ecuación de balance de masa, energía y entropía. Flujo en tuberías. Flujo de fluidos compresibles a través de toberas y difusores. Procesos de compresión y expansión. Transformación de calor en trabajo en procesos cíclicos. Ciclos de refrigeración.</p> <p>T.6: PROPIEDADES VOLUMÉTRICAS DE FLUIDOS REALES Sustancias reales en fase gaseosa, su apartamiento del comportamiento ideal. Factor de compresibilidad. Ecuación del virial. Ecuaciones cúbicas de estado. Correlaciones generalizadas de los fluidos. Parámetros reducidos. Ley de los estados correspondientes. Gráficos y tablas. Extensión a multicomponentes.</p> <p>T.7: TERMODINÁMICA CLÁSICA. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS PUROS Relaciones entre las propiedades termodinámicas para una fase, sistemas cerrados y abiertos. Cálculo de U, H y S para sistemas reales. Propiedades residuales. Propiedades termodinámicas para gases a partir de correlaciones generalizadas, ecuaciones cúbicas y viriales de estado.</p> <p>T.8: EQUILIBRIO DE FASES PARA COMPONENTES PUROS Criterio de equilibrio para componentes puros. Ecuación de Clapeyron-Clausius. Estimación de presión de vapor. Potencial químico. Cambio de la energía de Gibbs con la presión. Fugacidad y coeficiente de fugacidad de gases, líquidos y sólidos a partir de ecuaciones de estado y correlaciones generalizadas.</p>
--	--



<p>Programa analítico de contenidos (Continuación)</p>	<p>T.9: PROPIEDADES DE MEZCLA Relación fundamental entre propiedades. Potencial químico. Propiedades parciales molares. Mezcla de gases ideales. Solución ideal. Relación fundamental entre propiedades residuales. Actividad y coeficiente de actividad. Cambio en las propiedades por mezclado. Propiedades de exceso. Relación fundamental entre propiedades de exceso.</p> <p>T.10: EQUILIBRIO DE FASES PARA MEZCLAS Criterio de equilibrio de fases para sistemas multicomponentes. Condiciones de equilibrio en sistemas heterogéneos sin reacción química. Comportamiento cualitativo. Comportamiento de las fases para sistemas binarios líquido-vapor (caso ideal), cálculo del punto de rocío y de burbuja. Evaporación instantánea. Cálculo del equilibrio líquido-vapor (L-V) en mezclas reales (enfoque γ/ϕ y ϕ/ϕ). Evaluación del coeficiente de actividad a partir de datos de equilibrio líquido-vapor. Modelos para la determinación del coeficiente de actividad. Cálculo de coeficientes de fugacidad a partir de ecuaciones de estado y correlaciones. Ley de Henry como modelo para el comportamiento ideal de un soluto supercrítico en el equilibrio de fases L-V. Equilibrio líquido-líquido (L-L). Equilibrio vapor-líquido-líquido (V-L-L). Equilibrio sólido-líquido (S-L).</p>
---	--