



PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

CARRERA: Ingeniería Química

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA TÉRMICA

Año Académico: 2023

Área: Especialidad

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: 4

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Cuatrimestral

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
120	160	10

FUNDAMENTACIÓN

La asignatura Tecnología de la Energía Térmica aplica los fundamentos de transferencia de energía al diseño de equipos de intercambio de calor, con y sin cambio de fase, empleados en la industria de procesos. Se comprende su funcionamiento, permitiendo predecir su comportamiento o bien diseñarlos para una aplicación requerida.

La asignatura induce a la valoración de la necesidad de utilizar nuevas fuentes de energía térmica y nuevos procesos de optimización e integración energética para incrementar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental.

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	X			



<p>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.</p>				
<p>CE2 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 2)</p> <p>Diseñar, calcular y proyectar 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 aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para valorar y optimizar, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social.</p>		X		
<p>CE3 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 3)</p> <p>Planificar y supervisar la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo 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 utilizando de manera efectiva los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; a través del desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios, sistemas de medición y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes, atendiendo los requerimientos profesionales prácticos.</p>		X		
<p>CE4 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 4)</p> <p>Verificar el funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.</p>			X	



COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Alta	Media	Baja
CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1) Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería.	X		
CT2 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería.		X	
CT4 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la 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 (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

- Conocer, comprender, especificar, calcular, simular y diseñar equipos y sistemas de transferencia o generación de calor en el campo de la Ingeniería Química para su verificación óptima y eficiente.
- Calcular y diseñar sistemas de aislaciones térmicas para minimizar las pérdidas energéticas en las corrientes de proceso y servicios auxiliares, en los procesos de transporte y almacenamiento de productos en las plantas de procesos químicos.



- Comprender y aplicar los principios del uso racional de la energía en el diseño de equipos de transferencia y sus redes, y de generación de calor en búsqueda de un diseño óptimo y eficiente.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Diseño, simulación e intensificación de equipos de transferencia de energía.
- Redes de equipos de transferencia de energía.
- Mantenimiento de estas operaciones.

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: CONCEPTOS BÁSICOS - BALANCE DE ENERGÍA - COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA - FOULING

Interpretación de Balance de energía, calor sensible y calor latente. Mecanismos de transferencia de calor. Ecuación de diseño (ecuación de Fourier). Coeficiente pelicular convectivo, coeficiente global de transferencia de calor limpio y sucio (o de diseño). Coeficiente pelicular local, medio aritmético y medio logarítmico. Resistencias de ensuciamiento. Análisis de resistencia controlante. Fuerza impulsora térmica local. Fuerza impulsora media logarítmica, definición, aplicación al diseño y limitaciones. Arreglos cocorriente y contracorriente. Temperatura de aproximación, temperatura de cruce y temperatura de pared. Área de transferencia de calor. Definición y diferencias entre diseño térmico y verificación térmica de equipos. Concepto de pérdida de carga en equipos de intercambio de calor. Clasificación de intercambiadores de calor.

Unidad Temática 2: INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO

Identificación e interpretación de Intercambiadores de doble tubo, geometría y elementos constitutivos. Construcción, mantenimiento y limpieza. Cálculo de coeficientes peliculares. Correlaciones por convección forzada para flujo en tubo y ánulo. Criterios de asignación de fluidos. Convección mixta, adimensionales característicos y sentido físico. Ecuación de diseño aplicada a intercambiadores de doble tubo, fuerza impulsora media logarítmica y temperatura calórica. Verificación térmica del equipo y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga en intercambiadores de doble tubo. Aplicaciones, ventajas, desventajas del equipo. Arreglo serie-paralelo. Intercambiadores de doble tubo aletado y multitubo.



Unidad Temática 3: INTERCAMBIADORES DE CASCO Y TUBOS

Identificación e interpretación Intercambiadores de casco y tubos, geometría y elementos constitutivos en detalle. Códigos constructivos, Norma API 660 y Norma TEMA. Construcción, mantenimiento y limpieza. Nomenclatura según norma TEMA, clasificación, tipos y características. Alcances de la norma. Equipos multipaso en tubos y en coraza. Criterios de selección básicos y configuraciones posibles. Proyecto de construcción de equipos casco y tubos: especificación del proceso, diseño térmico, diseño mecánico, construcción, procedimientos de limpieza y mantenimiento. Ecuación de diseño modificada y aplicada a intercambiadores de casco y tubos (fluidos puros y pseudo- puros). Alcances y limitaciones del método global, factor de corrección de temperatura F_t y ΔT verdadero. Cálculo de coeficientes peliculares. Correlaciones por convección forzada para flujo en tubos y coraza. Correlación de Kern, alcances y limitaciones. Verificación térmica del equipo y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga en intercambiadores de casco y tubos. Método Bell-Delaware, mejoras en el diseño y nuevas variables. Aplicaciones, ventajas, desventajas del equipo. Hoja de Datos estandarizada, comprensión y confección.

Unidad Temática 4: MÉTODO NTU

Desarrollo del Método NTU, definición de parámetros involucrados. Análisis de casos particulares. Aplicación del método en forma gráfica y analítica. Principios y aplicaciones para dimensionamiento o evaluación de performance de distintos tipos de equipos de intercambio de calor.

Unidad Temática 5: AISLACIONES TÉRMICAS

Necesidad de aislar térmicamente, características de aislantes y criterios de selección de materiales. Propiedades básicas de materiales. Conductividad aparente. Protección de aislaciones y criterios de seguridad y ambientales. Colocación y sujeción de aislantes en equipos y cañerías. Espesor económico, factores de los que depende. Cálculo y diseño básico de aislaciones en sistemas fríos y calientes (Norma ASTM C680), y cálculo de pérdidas energéticas al ambiente (radiación y convección). Eficiencia de un aislamiento térmico y criterios de selección de espesores estandarizados de acuerdo a material empleado y mercado existente.

Unidad Temática 6: REFRIGERACIÓN

Refrigeración por compresión (refrigeración mecánica), ciclo simple, ciclo compuesto, ciclo en cascada. Componentes, balances energéticos, empleo de diagramas Presión-Entalpía. Parámetros para elección del refrigerante, temperatura requerida en el evaporador y disponibilidad del medio de condensación. COP y otros parámetros de evaluación de



performance de ciclos. Ahorro de costos y variables incidentes en los mismos. Diferencias, ventajas y desventajas entre distintos tipos de ciclos. Aspectos de seguridad y ambientales de refrigerantes (Norma ASHRAE).

Unidad Temática 7: CONDENSACIÓN - CONDENSADORES

Mecanismos de la condensación. Condensación en gotas y en película. Condensación monocomponente y multicomponente. Teoría de Nusselt para condensación en película en régimen laminar, sus hipótesis, ecuaciones y correlaciones. Temperatura de pared y temperatura de film. Orientación de la condensación, vertical, horizontal, dentro o fuera de tubos. Reynolds de condensación en función de la orientación de la condensación. Ventajas y desventajas y desvíos de la teoría de Nusselt (referencias para régimen turbulento de condensación). Condensadores asociados a torres de destilación. Diseño de condensadores tipo casco y tubos. Diseño de desobrecalentadores-condensadores y condensadores-subenfriadores. Coeficientes globales de transferencia balanceados, diferencia de temperatura media balanceada, hipótesis, alcances y limitaciones del método. Verificación térmica de los equipos y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga considerando condensación.

Unidad Temática 8: EBULLICIÓN - REBOILERS Y VAPORIZADORES

Conceptos de Evaporación y ebullición. Ebullición monocomponente y multicomponente. Formación de burbujas. Clasificación de la ebullición, según movimiento y según temperatura del líquido. Ebullición en estanque (pool boiling), curva de ebullición y sus regímenes. Mecanismo de ebullición nucleada. Correlaciones para cálculo de coeficiente pelicular de ebullición, variables, temperatura de pared, delta T de exceso y flujo crítico. Correlaciones para cálculo de flujo crítico de calor. Ebullición en flujo dentro y fuera de tubos y sus distintos regímenes. Clasificación de intercambiadores con vaporización, tipos y aplicaciones. Diseño de reboiler de circulación forzada. Diseño de termosifón vertical y horizontal. Diseño de rebullidor interno. Diseño de marmita. Comparación entre los mismos, ventajas y desventajas. Verificación térmica de los equipos y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga considerando ebullición.

Unidad Temática 9: INTEGRACIÓN TÉRMICA DE PROCESOS

Integración térmica de procesos y diseño de redes de equipos de transferencia de energía. Diferencia mínima de temperaturas. Tecnología del Pinch (punto de pliegue o pinzamiento). Maximización de la recuperación de energía entre corrientes de proceso. Minimización de los gastos operativos de servicios auxiliares. Mínimo número de intercambiadores de calor. Optimización económica.



Unidad Temática 10: AEROENFRIADORES Y AEROCONDENSADORES

Identificación e interpretación de Aeroenfriadores, geometría y elementos constitutivos. Códigos constructivos, Norma API 661. Construcción, mantenimiento y limpieza. Superficies extendidas (tubos aletados), tipos y aplicaciones. Configuraciones, tipos de tiraje (inducido o forzado), bahías. Consideraciones para el cálculo de la fuerza impulsora térmica, factor de corrección de temperatura F_t y ΔT verdadero. Correlaciones por convección forzada para flujo en tubos. Correlación para coeficientes peliculares en superficies extendidas y factores de fricción en las mismas. Eficiencia de aleta y del sistema aletado. Verificación térmica del equipo y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga en aeroenfriadores. Variables de diseño: criterio de selección del número de filas de tubos, determinación de dimensión y cantidad de ventiladores, potencia requerida y velocidad tangencial. Aplicaciones, ventajas, desventajas del equipo. Alternativas para el control de temperatura del fluido de proceso. Aerocondensadores de tiro forzado y tiro inducido.

Unidad Temática 11: ESTADO NO ESTACIONARIO

Transferencia de calor en recipientes agitados mecánicamente. Procesos por lotes en estado líquido. Recipientes encamisados y con serpentín, elementos constitutivos principales. Suposiciones para el calentamiento y enfriamiento de lotes líquidos, diferentes escenarios y sus ecuaciones de diseño. Correlaciones para cálculo de coeficientes peliculares y distintos tipos de agitadores mecánicos. Verificación del equipo por tiempo de operación, por área de transferencia, o por temperatura final del lote.

Unidad Temática 12: INTERCAMBIADORES DE PLACAS Y JUNTAS

Identificación e interpretación de Intercambiadores de placas y juntas, geometría y elementos constitutivos. Códigos constructivos, Norma API 662. Construcción, mantenimiento y limpieza. Principio de operación. Equipos multipaso. Consideraciones para el cálculo de la fuerza impulsora térmica, factor de corrección de temperatura F_t y ΔT verdadero. Cálculo de coeficientes peliculares. Correlaciones por convección forzada. Resistencias de ensuciamiento y sus consideraciones. Verificación térmica del equipo y cálculo de sobrediseño. Pérdida de carga en intercambiadores de placas y juntas. Aplicaciones, ventajas, desventajas del equipo con respecto a los intercambiadores de casco y tubos.

Unidad Temática 13: HORNOS DE PROCESO

Hornos de proceso, esquema simplificado, elementos constitutivos principales, y aplicaciones. Códigos constructivos, Norma API 560. Construcción, mantenimiento y limpieza. Hornos tipo



cilíndricos verticales o de sección recta (tipo caja o cabina). Referencias de tasas de transferencia tipo y eficiencias.

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	26	20	46
Formación práctica	56	18	77

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental	4	0	Planta Piloto
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	16	10	Aula /Aula virtual
Proyecto y diseño	16	8	Aula /Aula virtual
Simulación	20	0	Laboratorio de Simulación de Procesos
Práctica supervisada	0	0	-
Total de horas	56	18	77

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases de Desarrollo Teórico (Contribución competencias CE1, CE2, CE3, CE4, CT1, CT2, CT4)

Se emplea la técnica de exposición verbal, con soporte presentaciones diapositivas para completar y visualizar conceptos, acompañados de imágenes y videos, planteo de hipótesis, deducciones, demostraciones y resultados. También se plantean problemáticas y experiencias del campo real de trabajo del Ingeniero Químico en torno a la transferencia de calor. Se hace uso de la técnica inductiva-deductiva. Se fomenta la participación del alumno para trabajar en



los temas vinculados a la materia, y la articulación efectiva entre teoría y práctica es una constante en la concepción de la currícula y su transmisión.

Clases de Desarrollo Práctico (Resolución de ejercicios, contribución competencias CE1, CE2, CE3, CE4, CT1, CT2, CT4)

La principal actividad planteada en la metodología de enseñanza es resolver problemas de verificación y diseño de equipos, o situaciones más simples según las unidades temáticas. Se promueve el espacio para consultas y tiempo para que los alumnos puedan interactuar resolviendo problemas en clase junto con el docente. Según la complejidad de los ejercicios, se pueden resolver los mismos en grupos de alumnos teniendo en cuenta distintas variables o alternativas. Las guías de TP permiten la resolución de problemas con dificultad creciente.

Trabajos Prácticos (Contribución competencias CE1, CE2, CE3, CE4, CT1, CT2, CT4, CS6, CS7, CS9)

- **TP Nº1: Maqueta Casco y Tubos**

Se cuenta con una maqueta de un intercambiador de calor de casco y tubo construida con materiales tales como madera, PVC, bulonería. Su semejanza a un intercambiador de casco y tubos del entorno real es muy cercana, por lo que se promueve la identificación de componentes mecánicos vistos en las clases teóricas de la UT3 (Casco y Tubos). La maqueta es completamente desmontable, promoviendo que dicha actividad sea llevada a cabo por los alumnos, pudiendo usar sus manos para desarmar y luego volver a armar el equipo. La actividad es supervisada y liderada por el docente.

- **TP Nº2: Trabajo Práctico Integrador (TPI): "Circuito de Refrigeración por compresión de vapor para servicios específicos"**

Realización de un Trabajo Práctico Integrador en forma grupal. El trabajo tiene sus Bases y Condiciones para un correcto desarrollo y ejecución (informe, planilla de seguimiento, comunicaciones y consultas). Se nutre de cuatro o cinco unidades temáticas integradas, (Casco y Tubos, Refrigeración, Condensación, Ebullición, aerofriadores como opcional), para la resolución de un Circuito de Refrigeración por compresión de vapor para servicios específicos.

Metodología: se realiza con un máximo de 4/5 alumnos por grupo y su ejecución se desarrolla en un lapso de 6 semanas.

Etapas de resolución y entregas: Son 3 (tres) etapas intermedias, con evaluación en cada una; y una final grupal oral con evaluación individual:



Etapas 1: Selección del servicio y ciclo y sus balances de masa y energía correspondientes

Etapas 2: Diseño térmico del condensador

Etapas 3: Diseño térmico del evaporador

Etapas finales: Defensa del trabajo total presentado, respuestas a preguntas teórico/prácticas de las unidades temáticas involucradas, ya sea de forma oral o en pizarra mediante dibujos y diagramas.

Cada etapa es evaluada en forma individual y se tiene en cuenta en la evaluación final del trabajo, los antecedentes, la calidad del trabajo, y el cumplimiento de los plazos de entrega. La nota final del TPI cuenta como una instancia de evaluación.

Parte de este trabajo se realiza utilizando software específico disponible en el Laboratorio de Simulación de Procesos Químicos (Hysys y Mathcad).

- **TP N°3: Simulación en HTRI**

Simulación de un intercambiador de casco y tubos en el software HTRI (Heat Transfer Research Inc.). Luego de la realización de un ejercicio de la guía de Trabajos Prácticos resuelto con herramientas de cálculo manuales (correlaciones, calculadora, gráficos), se resuelve el mismo caso con dicho software el cual es específico para el diseño de intercambiadores de calor. Se obtienen resultados y se los compara contra los obtenidos de forma tradicional. Se elaboran conclusiones.

- **TP N°4: Integración Térmica y Simulación en Hint**

Realización de un trabajo práctico de integración térmica y su posterior simulación en el software Hint (Heat Integration). El trabajo tiene sus Bases y Condiciones para un correcto desarrollo y ejecución (datos de entrada, informe).

Metodología: se realiza con un máximo de 4/5 alumnos por grupo y su ejecución se desarrolla en un lapso de 1 semana.

La realización del trabajo práctico pretende integrar térmicamente un proceso mediante la aplicación de la Tecnología del Pinch (punto de pliegue o pinzamiento). Se busca la maximización de la recuperación de energía entre corrientes de proceso y la minimización de los gastos operativos de servicios auxiliares. Finalmente se establece el mínimo número de intercambiadores de calor en búsqueda de una optimización económica.

- **TP N°5: Estado No Estacionario**



Práctica de Planta Piloto. Estudio de calentamiento y enfriamiento de un tanque agitado mecánicamente con serpentín en estado no estacionario (escala Planta Piloto).

El trabajo tiene sus Bases y Condiciones para un correcto desarrollo y ejecución (datos de entrada, informe).

Metodología: se realiza con un máximo de 4/5 alumnos por grupo y su ejecución se desarrolla en un lapso de 1 semana.

Se deben tomar mediciones de la experiencia y luego elaborar un informe con los resultados obtenidos y compararlos contra los calculados de acuerdo a los contenidos teórico/prácticos vistos en la UT 11.

Recursos Didácticos y Dictado Virtual

Para el desarrollo de las distintas actividades se cuenta con:

- Pizarrón
- Computadora
- Cañón
- Guía de Trabajos Prácticos (*)
- Guía de Trabajo Práctico Integrador, TP N°2 (*)
- Bases y Condiciones Trabajo Práctico Integración Térmica, TP N°4 (*)
- Bases y Condiciones Trabajo Práctico Estado No Estacionario, TP N°5 (*)
- Soporte Teórico-Práctico (*)
- Presentaciones en Powerpoint (*)
- Videos de contenidos de dictado asincrónico (*)

(*) El material se encuentra disponible a través del Campus Virtual de la Cátedra.

De acuerdo al cronograma estimado de clases, cuando corresponda dictar clases virtuales, se empleará plataforma Meet o Zoom, haciendo uso del material disponible en el campus virtual de la cátedra. Los links de acceso a los encuentros serán divulgados a través del campus virtual.

El detalle de la cantidad de clases sincrónicas y asincrónicas se ve reflejado en el cronograma.

Como actividades de seguimiento para el dictado de clases virtuales asincrónicas tanto teóricas como prácticas, la cátedra dispondrá a través del campus virtual cuestionarios para ser realizados por los estudiantes. La retroalimentación de los resultados hacia los estudiantes será inmediata, es decir, conocerán su desempeño ni bien hayan finalizado el mismo. Los



cuestionarios serán de carácter obligatorio para la regularización o aprobación directa de la asignatura.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Los criterios para la Promoción Directa están establecidos en el Reglamento de estudios vigente de la Universidad Tecnológica Nacional. Asimismo, la asignatura Tecnología de la Energía Térmica implementa tres evaluaciones de nivel de exigencia equivalente. Tanto la regularización de la materia como la aprobación directa de la misma implican la aprobación de los Trabajos Prácticos y el Trabajo Práctico Integrador.

Requisitos de Regularización

El alumno firma la materia cuando en cada una de las evaluaciones obtiene 6 (seis) o 7 (siete) puntos, lo que implica haber resuelto correctamente al menos el 60% o el 70% del examen respectivamente. El alumno puede recuperar hasta dos veces cada evaluación para intentar firmar la asignatura según lo establecido en el Reglamento de Estudios vigente.

Los dos exámenes parciales y sus respectivas recuperaciones consisten en la resolución de problemas con un grado de dificultad acorde con los temas y problemas desarrollados durante las clases y el desarrollo de temas teóricos. La evaluación del TPI cuenta como una evaluación más.

Requisitos de Aprobación

Aprobar el examen final de la asignatura. La evaluación final consiste en el desarrollo de contenidos netamente teóricos.

Requisitos de Aprobación Directa (Promoción)

El alumno promociona la asignatura cuando en cada una de las evaluaciones obtiene 8 (ocho) o más puntos, lo que implica haber resuelto correctamente al menos el 80% del examen. El alumno puede recuperar sólo una instancia de evaluación para mantenerse en el régimen de promoción y la nota advertida en dicha instancia de recuperación, reemplazará indefectiblemente la nota adquirida en la instancia de evaluación inicial.

Tanto la regularización como la aprobación directa de la materia quedan sujetas al cumplimiento de los requisitos de regularidad establecidos por la FRBA.



ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Tecnología de la Energía Térmica integra el área de Ciencias Tecnológicas Aplicadas dentro del cuarto nivel, de acuerdo al Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional. La asignatura articulará en su desarrollo los contenidos afines con las siguientes materias del área:

Articulación vertical con asignaturas precedentes

Con Fenómenos de Transporte ► Suministra los conocimientos básicos para el desarrollo de las técnicas de cálculo para la verificación y diseños de equipos de transferencia de calor.

Articulación horizontal

Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos ► Suministra conocimientos en Simulación de Procesos (Hysys), con lo cual se propone realizar trabajos en conjunto de simulación donde intervengan procesos energéticos que involucren a la asignatura a lo largo de su desarrollo.

Operaciones Unitarias I ► Sus contenidos incluyen todo lo referente al flujo de fluidos y pérdida de carga. Se propone incluir en la resolución de ejercicios conceptos y equipos referidos al flujo de fluidos y la determinación de la pérdida de carga en los mismos.

Operaciones Unitarias II ► Sus contenidos incluyen todo lo referente a la transferencia de masa. La destilación es el proceso por excelencia donde confluyen la transferencia de masa y la transferencia de energía térmica, pudiendo integrar torres de destilación con sus respectivos intercambiadores de calor (condensador y ebullición).

Ingeniería de las Reacciones Químicas ► Sus contenidos incluyen a los reactores no-isotérmicos agitados. Este punto confluye con los sistemas batch (tanques agitados mecánicamente).

Articulación vertical con asignaturas posteriores

Mecánica Industrial ► Provee los conceptos de materiales, resistencia de materiales y diseño de equipos sometidos a presión lo cual representa un complemento necesario para abordar los equipos de transferencia de calor desde el punto de vista estructural.



Proyecto Final ► Al integrar a todas las asignaturas de las Ciencias Tecnológicas Aplicadas, la asignatura Tecnología de la Energía Térmica es un pilar fundamental para la ejecución del Proyecto Final.

El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas

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 (presencial/virtual)	Hs Cátedra
1	Introducción	Teoría	Presencial	1
	Conceptos Básicos	Teoría	Presencial	4
2	Conceptos Básicos	Práctica	Presencial	5
3	Doble Tubo	Teoría	Presencial	3
	Casco y Tubos	Teoría	Presencial	2
4	Doble Tubo	Práctica	Presencial	5
5	Casco y Tubos	Teoría	Presencial	5
6	Casco y Tubos	Teoría	Presencial	3



7	Casco y Tubos (Maqueta)	Teoría	Presencial	2
	Casco y Tubos	Práctica	Presencial	5
8	Casco y Tubos	Práctica	Presencial	5
9	NTU	Teoría	Virtual - Asincrónica	3
	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	2
10	NTU	Práctica	Virtual - Asincrónica	4
	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	1
11	Refrigeración	Teoría	Virtual - Asincrónica	2,5
	Refrigeración	Práctica	Virtual - Asincrónica	2,5
12	Simulación Casco y Tubos (HTRI)	Simulación	Presencial	5
13	Condensación	Teoría	Virtual - Asincrónica	4
	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	1
14	Condensación	Práctica	Virtual - Asincrónica	5
15	1° Parcial	Parcial	Presencial	5
16	Ebullición	Teoría	Virtual - Asincrónica	5
17	Simulación TPI	Simulación	Presencial	5
18	Ebullición	Práctica	Virtual - Asincrónica	3



19	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	2
	Integración Térmica	Teoría	Virtual - Asincrónica	3
	Integración Térmica	Práctica	Virtual - Asincrónica	2
20	Simulación Integración Térmica (Hint)	Simulación	Presencial	5
21	Simulación Integración Térmica (Hint)	Simulación	Presencial	5
22	Aeroenfriadores	Teoría	Presencial	5
23	Aeroenfriadores	Práctica	Presencial	3
	Consultas	Práctica/TPI	Presencial	2
24	Aislaciones	Teoría	Virtual - Asincrónica	3
	Estado No Estacionario	Teoría	Virtual - Asincrónica	2
25	Estado No Estacionario	Teoría	Virtual - Asincrónica	1
	Aislaciones	Práctica	Virtual - Asincrónica	4
26	Estado No Estacionario	Práctica	Virtual - Asincrónica	3
	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	2
27	Placas y Juntas	Teoría	Presencial	5
28	Defensa TPI	Parcial	Presencial	5
29	Defensa TPI	Parcial	Presencial	5



30	Hornos	Teoría	Virtual - Asincrónica	4
	Consultas	Teoría/Práctica	Virtual - Sincrónica	1
31	2° Parcial	Parcial	Presencial	5
32	TP ENE (Planta Piloto)	TP ENE	Presencial	5

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Cao, E. (2008). *Transferencia de calor en Ingeniería de Procesos*. Nueva Librería

Cao, E. (2010). *Heat transfer in process engineering*. Mc Graw Hill.

Kern, D. (2000). *Procesos de transferencia de Calor*. CECSA

Hewitt, G.F.; Shires, G. L.; Bott, T. R. (1994). *Process heat transfer*. Begell house.

Wen Ng, X. (2021). *Concise guide to heat exchanger network design*. Springer.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

API (2011). API Std 662 - Plate Heat Exchangers for General Refinery Services. American Petroleum Institute.

API (2014). API Std 521 - Pressure-relieving and Depressuring Systems. American Petroleum Institute.

API (2018). API Std 661 - Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries - Air-cooled Heat Exchangers. American Petroleum Institute.

API (2020). API Std 660 - Shell-and-tube heat exchangers. American Petroleum Institute.

API (2021). API Std 560 - Fired heaters for general refinery service. American Petroleum Institute.

API (2022). API Std 663 - Hairpin Type Heat Exchangers. American Petroleum Institute.

Bahadori, A. (2014). *Thermal insulation handbook for the oil, gas, and petrochemical industries*. Elsevier.

Bausbacher, E.; Hunt, R. (1993). *Process plant layout and piping design*. PTR Prentice Hall.

Bejan, A.; Krauss, A. (2003). *Heat transfer handbook*. John Wiley & Sons.

Bott, T. R. (1995). *Fouling in heat exchangers*. Elsevier.

Branan C. (2002). "Rules of Thumb for Chemical Engineers". Gulf Professional Publishing

Çengel, Y (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mc Graw Hill.

Çengel, Y.; Boles, M. (2006). *Termodinámica*. Mc Graw Hill.



- Chhabra, R. J. (2018). Handbook of thermal engineering. CRC Press.
- Coker, K. (2015). Ludwig's Applied process design for chemical and petrochemical plants. Elsevier.
- Collier, J. Thome, J. (1994). Convective boiling and condensation. Clarendon Press.
- Coulson & Richardson (2005). "Chemical Engineering Design". Vol VI. R. K. Sinnott
- Couper, J.; Penney, R.; Fair, J.; Walas, S. (2005). Chemical process equipment. Elsevier.
- Diamant, R. M. E. (1986). Thermal and acoustic insulation. Butterworths.
- Dinçer, I.; Kanoglu, M. (2010). Refrigeration systems and applications. John Wiley & Sons.
- Eckert, E. R.; Drake, R. M. (1959). Heat and mass transfer. Mc Graw Hill.
- Gilchrist, J. D. (1977). Fuels, furnaces and refractories. Pergamon Press.
- Green, D.; Perry, R. (2008). Perry's Chemical engineers' handbook. Mc Graw Hill.
- Gupta, J. P. (1990). Working with heat exchangers. Hemisphere publishing corporation.
- Hesselgreaves, J.; Law, R.; Reay, D. (2017). Compact heat exchangers. Elsevier.
- Holman, J. P. (1998). Transferencia de calor. Mc Graw Hill.
- Hundy, G. F.; Trott, A. R., Welch, T. C. (2016). Refrigeration, air conditioning and heat pumps. Elsevier.
- Janna, W. (2000). Engineering heat transfer. CRC Press.
- Kakaç, S.; Liu, H. (2002). Heat exchangers. CRC Press.
- Kays, W. M.; London, A. L. (2018). Compact heat exchangers. Medtech.
- Kreith, F.; Manglik, R. M.; Bohn, M. S. (2011). Principles of heat transfer. Cengage Learning.
- Kroger, D. G. (2004). Air cooled heat exchangers and cooling towers. Penwell.
- Lienhard. J. (2017). A heat transfer textbook. Phlogiston Press.
- Ludwig, E . (2001). "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant".Vol. I. Gulf Publishing Co
- Ludwig, E . (2001). "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant".Vol. II. Gulf Publishing Co
- Ludwig, E . (2001). "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant".Vol. III. Gulf Publishing Co
- McCabe, W.; Smith, J.; Harriott, P. (1991). Operaciones unitarias en ingeniería química. Mc Graw Hill.
- McKetta, J. (1992). Heat transfer design methods. CRC Press.
- Mullinger, P.; Jenkins, B. (2014). Industrial and process furnaces. Elsevier.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

- Nitsche, M.; Gbadamosi, R. O. (2016). Heat exchanger design guide. Elsevier.
- Podhorsky, M.; Krips, H. (1998). Heat exchangers. Begell house.
- Pysmenny, Y; Polupan, G.; Carvajal Mariscal, I.; Sánchez Silva, F. (2007). Manual para el cálculo de intercambiadores de calor y bancos de tubos aletados. Reverté.
- Rohsenow, W.; Hartnett, J.; Cho, Y (1998). Handbook of heat transfer. Mc Graw Hill.
- Serth, R.; Lestina, T. (2014). Process heat transfer. Elsevier.
- Sha, R.; Sekulic, D. (2003). Fundamentals of heat exchanger design. John Wiley & Sons.
- Singh, K.; Soler, A. (1984). Mechanical design of heat exchangers and pressure vessel components. Springer.
- Smith, R. (2005). Chemical process design and integration. John Wiley & Sons.
- Spalding, D. B. (1983). Heat exchanger design handbook. Hemisphere publishing corporation.
- TEMA (2019). Standards of the tubular exchanger manufacturers association. TEMA.
- Thulukkanam, K. (2013). Heat exchanger design handbook. CRC Press.
- Towler, G.; Sinnott, R. (2008). Chemical engineering design. Elsevier.
- VDI e. V. (2010). VDI Heat Atlas. Springer.
- Walas S. (1988). "Chemical Process Equipment". Butterworths
- Zohuri, B (2017). Compact heat exchangers. Springer.