



## PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Química

**CARRERA:** Ingeniería Química

**NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR:** DISEÑO, SIMULACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y SEGURIDAD DE PROCESOS

Año Académico: 2023

Área: Especialidad

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: 4

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

### Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
96	128	4

### FUNDAMENTACIÓN

La asignatura proporciona diversas estrategias de diseño de procesos químicos y fomenta su utilización en la optimización de procesos, integrando aspectos energéticos, medioambientales y de seguridad. Asimismo, durante la cursada el alumno adquiere habilidades en el manejo de programas de simulación de procesos químicos. De esta manera, se forman profesionales con capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y la economía para formular y resolver problemas complejos. El rol del ingeniero es fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyan al desarrollo sostenible. Siempre deberá desempeñarse con ética, responsabilidad profesional y compromiso social teniendo presente los posibles impactos económicos, sociales y ambientales que los procesos químicos pueden generar.



**COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:**

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Alta	Media	Baja	
<b>CE1 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 1)</b>  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		
<b>CE2 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 2)</b>  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.		X		
<b>CE5 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 5)</b>  Proyectar y dirigir acciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones tendientes a la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios referido a la higiene y seguridad en el trabajo y al control y minimización del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional seleccionando y utilizando técnicas y herramientas contempladas en las prácticas recomendadas y en las normativas vigentes nacionales e internacionales.			X	
<b>CE6 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 6)</b>  Optimizar procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física,				X



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 simulaciones, aplicando el modelo más adecuado, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social y ambiental.				
<b>CE11 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 11)</b>  Realizar análisis de riesgo, asesorar y/o implementar diseño seguro para organismos, empresas, organismos públicos o privados respecto de procesos, instalaciones, construcción, operación, mantenimiento 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.				X

**COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:**

Competencia	Alta	Media	Baja
<b>CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1)</b> Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería.		X	
<b>CT2 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA TECNOLÓGICA 2)</b> Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería.		X	
<b>CT4 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA TECNOLÓGICA 4)</b> Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la ingeniería.		X	
<b>CS6 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 6)</b> Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.		X	



<b>CS7 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 7)</b> Comunicarse con efectividad.		X	
<b>CS8 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 8)</b> Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.			X
<b>CS9 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 9)</b> Aprender en forma continua y autónoma.			X

## OBJETIVOS (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

### Objetivos generales

- Plantear el diseño, simulación y optimización para su aplicación a la ingeniería de procesos en la industria química.
- Aplicar criterios de seguridad intrínseca para el diseño de procesos industriales.
- Reconocer la importancia de la intensificación de procesos para el desarrollo sostenible de los mismos.

### Objetivos específicos

- Adquirir los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño de una planta de procesos
- Lograr la comprensión del ciclo de vida de un proyecto: idea, estudios de factibilidad comercial, técnica y económica, ejecución y operación
- Sintetizar y analizar jerárquicamente procesos químicos, conociendo los fundamentos del diseño basado en las estructuras de entrada-salida, de reacción o de reciclo y general de separación, para analizar la factibilidad y optimizar el proceso.
- Conocer los métodos más importantes de la simulación de procesos (modular y basado en ecuaciones) y comprender el funcionamiento de los simuladores de procesos.
- Simular procesos aplicando técnicas de optimización para conseguir el mejor diagrama de flujo de una planta de proceso.
- Analizar procesos, determinar sus grados de libertad y elegir las mejores variables para su optimización.



- Integrar térmicamente un proceso para ahorrar energía y diseñar una red de intercambiadores de calor óptima. Asimismo, adquirir habilidades en el uso de software apropiado para esta finalidad.
- Reconocer los posibles peligros en un proceso, sus efectos y consecuencias. Analizar la seguridad del producto y el proceso, del personal y ambiental para evitar daños y perjuicios a instalaciones, personas y medio ambiente.
- Conocer las características particulares de sectores industriales como el de combustibles y la petroquímica.
- Conocer los sistemas de servicios auxiliares para encarar un diseño adecuado de los mismos.
- Saber buscar e interpretar adecuadamente la información bibliográfica relacionada con la asignatura

## **CONTENIDOS**

### **Contenidos mínimos**

- Ingeniería de Procesos: Análisis, definición.
- Diseño seguro de procesos.
- Tipos de simuladores y lógica de funcionamiento.
- Optimización de procesos
- Intensificación de procesos
- Seguridad intrínseca en el diseño.

### **Contenidos analíticos**

El programa analítico consta de 10 unidades temáticas. Los límites entre las distintas unidades temáticas se desdibujan de manera de relacionar e integrar los temas que se estudian en ellas.

### **Unidad Temática 1: Introducción al diseño de procesos químicos-Parte I**

Introducción al estudio del diseño conceptual de procesos químicos. Etapas del diseño. Concepto de estructuras (entrada-salida, de reacción o de reciclaje y de separación y recuperación). Evaluación económica del diseño. Síntesis y descomposición de procesos. Diagramas de Bloques, de Flujo y de P&ID. Ejemplos o casos de estudio.

### **Unidad Temática 2: Introducción al diseño de procesos químicos-Parte II**

Información inicial necesaria para el diseño. Propiedades físicas y termodinámicas de los componentes. Las reacciones y sus condiciones. Producción, pureza y precio del



producto deseado. Disponibilidad y calidad de las materias primas. Localización y disponibilidad de servicios. Datos de precios de materias primas, servicios, y costos de equipos. Análisis de seguridad y estudio ambiental del proceso. Proceso batch vs. continuo. Reglas de diseño para su elección.

### **Unidad Temática 3: Estructura de reacción o de reciclo**

Estructura de reacción. Decisiones que la determinan. Cálculo de grados de libertad. Asignación de las variables de diseño adecuadas. Balance de materia con reciclo y purga. Estudio de las condiciones de operación en el sistema de reacción. Efectos térmicos de la reacción. Limitaciones de equilibrio. Carriers y/o diluyentes. Exceso de reactivos. Costos aproximados de equipos mediante correlaciones. Estimación del potencial económico o ganancia de la estructura.

### **Unidad Temática 4: Optimización de procesos**

Optimización del diseño a través de búsquedas de máximos y mínimos de las funciones objetivo: maximizar la producción, la selectividad de la reacción, minimizar el uso de reactivos, etc.

Introducción a la optimización del diseño de procesos químicos. Técnicas de optimización. Optimización Lineal (LP). Método de resolución gráfica. Método SIMPLEX lineal. Optimización No-lineal (NLP) con y sin restricciones. Aplicaciones.

### **Unidad Temática 5: Estructura general del sistema de separación**

Estructura general del sistema de separación. Cálculo del separador de fase: Método de King. Sistema de recuperación de vapores y sistema de separación de líquidos: operaciones unitarias que los representan. Secuencias de columnas de destilación. Reglas heurísticas. Selección de la secuencia óptima de columnas de destilación a través del método de ROTE y de los vapores marginales. Estudio de las condiciones de operación en el sistema de separación. Balance de materia.

### **Unidad Temática 6: Simulación de procesos y estrategias principales de control**

Simulación de procesos. Tipos de simuladores y lógica de funcionamiento. Banco de datos de propiedades físicas y termodinámicas. Modelos para estimación de propiedades termodinámicas: Ecuaciones de estado (EOS), Modelos de actividad.



Modelos de fugacidad. Modelos de entalpía. Análisis de grados de libertad de los equipos que integran un proceso. Operadores lógicos. Ubicación del operador de reciclo en corriente de corte óptima. Cálculo de reciclos y técnicas de convergencia.

Estrategias de control. Determinación de variables principales para controlar en un proceso. Lazos de control principales en el diagrama de flujo de procesos. Simulación de una planta completa.

#### **Unidad Temática 7: Servicios auxiliares**

Servicios auxiliares. Interrelación de los servicios auxiliares con los equipos de proceso. Vapor: generación. Tipos de calderas. Características principales y circulación del vapor en las mismas. Requisitos del agua de alimentación de las calderas. Métodos de tratamiento del agua. Régimen de purgas. Desgasificación. Distribución del vapor en la planta. Fluidos térmicos: agua caliente, aceites minerales, Downtherms, entre otros. Agua de enfriamiento. Principales tipos de torres. Condiciones de diseño. Especificación de una torre. Estimación de costo de servicios auxiliares.

#### **Unidad Temática 8: Integración Térmica e Intensificación de Procesos**

Integración térmica de procesos. Método de PINCH. Diagramas en cascada. Mínimo consumo de energía. Mínimo requerimiento de servicios auxiliares y mínimo número de intercambiadores de calor. Integración de calor y potencia. Optimización de la red de intercambiadores de calor. Aplicación de software específico a problemas. Intensificación sostenible de los procesos químicos.

Diagramas unifilares.

#### **Unidad Temática 9: Seguridad de Procesos**

Definiciones. Impacto sobre las instalaciones, las personas y el ambiente. Seguridad intrínseca. Análisis de consecuencias. Análisis cuantitativo y cualitativo de riesgos en un proceso. Metodología de Análisis Funcional de Operabilidad (o también HAZOP, "Hazard and Operability Study"). Metodología de identificación de peligros, HAZID (Hazard Identification). Técnica What if. Métodos de protección pasiva y activa. Sistemas de control y seguridad. Layout. Sistemas de detección (productos químicos, mezcla explosiva, fuego). Sistemas de lucha y protección contra incendios. Normas y Códigos. Legislación.



### Unidad temática 10: Petróleo y Petroquímica

Petróleo y petroquímica. Características particulares de sectores industriales relevantes. Especificación y caracterización de petróleo y derivados. Refinación de petróleo. Estudio detallado de procesos más importantes: reformado catalítico, cracking catalítico y alquilación.

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
<b>Teórica</b>	23	0	23
<b>Formación práctica</b>	51	22	73

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental			
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	27	11	Laboratorio de simulación de Procesos /Aula virtual
Proyecto y diseño	24	11	Aula / Aula virtual
Otras:			
Práctica supervisada			
<b>Total de horas</b>	51	22	73

#### ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Se utilizan diversas metodologías de enseñanza con la finalidad de alcanzar la participación activa del alumno. El objetivo principal es el de transferir los conceptos aprendidos a situaciones reales o concretas. Las clases consisten en: Exposición dialogada; Trabajo reflexivo e interactivo; Comunicación entre pares con intervención del docente; Elaboración de proyectos en forma grupal; y Prácticas de laboratorio con el simulador.



Es menester indicar que, durante el desarrollo de todas las actividades que se describirán en los párrafos posteriores, se inculcan valores como la ética, la responsabilidad profesional y el compromiso social, de manera acorde a lo estipulado por la competencia CS8.

En las **Clases de exposición dialogada** se desarrolla la teoría de los diferentes temas correspondientes a las distintas unidades temáticas del programa analítico y se resuelven algunos problemas modelo o casos de estudio. (Se tienen en consideración las competencias CE1, CE2, CE5, CE6, CE11, CT1, CT2, CT4)

El **Trabajo reflexivo e interactivo** consiste en la resolución de problemas y casos de estudio en las que los alumnos resuelven problemas supervisados por sus docentes, y también se pone en práctica la comunicación entre pares (CS7). Los problemas o casos se relacionan directamente con los contenidos expuestos en las clases teóricas. El profesor concluye el tema con algunas reflexiones.

Las **Actividades en el laboratorio de simulación** se basan principalmente en la familiarización con el uso del software (CT4). Se realizan problemas sobre diferentes operaciones unitarias para poder conocer todos los módulos de equipo. El objetivo es afianzar los contenidos desarrollados en las clases teóricas y poder comprender la importante contribución del simulador al facilitar y disminuir el tiempo de cálculo en el diseño de equipos y de procesos.

La **Resolución de Problemas y Casos de Estudio** en clase se basa en la resolución de las siguientes series:

En todas ellas se promueve el desarrollo de las competencias CE1, CE2, CE5, CT1, y CT2.

En algunas series se consideran algunas otras competencias de forma particular.

**Serie 1:** Balance de masa y energía (estructura de reacción) (presencial y virtual).

**Serie 2:** Optimización de procesos (presencial y virtual). Se desarrolla la competencia CE6

**Serie 3:** Estudio y análisis de sistema de separación (presencial y virtual).

**Serie 4:** Problemas de simulación de procesos (virtual). Se desarrolla la competencia CT4.



**Serie 5** Integración térmica e intensificación de procesos (presencial y virtual).

**Serie 6** Cuestionario y ejercicios de servicios auxiliares (virtual).

**Serie 7** Seguridad de procesos (virtual). Se desarrolla la competencia CE11.

**Serie 8** Cuestionario de petróleo y petroquímica (virtual).

### **Ejercitación en Modalidad Virtual**

Con la realización de estas actividades asincrónicas se pretende que el alumno se comunique efectivamente (CS7) y aprenda en forma continua y autónoma (CS9).

Algunos de los ejercicios de la Serie 1, 2 y 3 y los cuestionarios de Servicios Auxiliares, de Seguridad de Procesos y de Petróleo y Petroquímica se realizan como actividades asincrónicas que el alumno debe entregar su resolución mediante el aula virtual.

Los **Trabajos prácticos en el Laboratorio de Simulación** consisten en la simulación de equipos, de procesos, en el diseño y simulación de una torre de destilación multicomponente, en la integración térmica de un proceso, el diseño preliminar y simulación de un proceso (Proyecto grupal).

#### **1. Simulación de Equipos**

Se estudian, analizan y simulan con el Software de Simulación UNISIM problemas de ingeniería relacionados con las operaciones de transporte y compresión de fluidos, separación de mezclas por destilación y absorción, transferencia de energía: calentamientos y enfriamientos, cambios de fase: evaporaciones y condensaciones y procesos con reacciones químicas.

#### **2. Simulación de Procesos**

Se simula un proceso químico: planta de producción de ciclohexano, o planta de producción de benceno (este proceso se alterna de un año lectivo a otro). Este trabajo se realiza en forma conjunta con el docente. Primero el docente explica y demuestra la forma de hacerlo de forma paulatina y luego los alumnos lo reproducen en sus PCs.

#### **3. Diseño y Simulación de una Torre de Destilación Multicomponente**

Se simula con el software UNISIM una torre de destilación para separar una mezcla multicomponente constituida por benceno, tolueno, etilbenceno y estireno haciendo



uso de los módulos de equipo del simulador: Component Splitter, Shortcut Column y Distillation.

#### **4. Integración Térmica de un Proceso**

Este trabajo se trata de una optimización energética en la que se desarrolla la competencia CE6 y CT4. Se realiza empleando el software Heat Integration con el que se realizan los siguientes cálculos:

- a) Solución del problema mediante el método de pinch.
- b) Cálculo de los requerimientos mínimos de servicios auxiliares y elaboración del diagrama en cascada correspondiente. Ahorro energético.
- c) Construcción de curvas compuestas.
- d) Construcción de la curva gran compuesta.
- e) Predicción de áreas de transferencia de calor de intercambiadores.
- f) Planteo de la red de intercambiadores de calor.

#### **5. Diseño preliminar y simulación de un proceso (Proyecto grupal)**

Esta actividad pretende también enseñar al alumno a trabajar en equipo, acorde con la competencia CS6.

El **Proyecto grupal** consta de dos etapas:

##### **Primera etapa:**

1. Búsqueda bibliográfica de la información inicial del proceso (definir la capacidad de producción de la planta, conocimiento de propiedades físicas y termodinámicas de los componentes que integran el proceso, las reacciones y sus condiciones, producción, consumo, importación, exportación y pureza del producto deseado, disponibilidad y calidad de las materias primas, selección y justificación del lugar de ubicación de la planta y disponibilidad de servicios auxiliares).
2. Cálculo manual del balance de materia y energía de la estructura de reacción o de reciclo de la planta teniendo en cuenta el diseño conceptual.
3. Elaboración de diagrama de flujo de proceso.
4. Cálculo del balance de materia y energía de toda la planta con el simulador comercial UNISIM DESIGN o ASPEN HYSYS.



### **Segunda etapa:**

1. Selección de equipos y justificación: se elige una de las columnas del sistema de separación de procesos para su simulación mediante cálculo riguroso (módulo Distillation).
2. Búsqueda de las variables principales de control y colocación de esos lazos de control en el diagrama de flujo de proceso.

### **Recursos Didácticos**

Los recursos didácticos empleados para el desarrollo de las distintas actividades son: guías, esquemas, lecturas previas de capítulos de libros y artículos de investigación que figuran en la bibliografía y softwares.

### **Softwares**

- Matlab y Mathcad para la resolución numérica de problemas
- UNISIM simulador de procesos
- Integración térmica (Heat Integration)

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN**

La cátedra adopta el criterio de una evaluación continua y formativa efectuándose un seguimiento permanente de las actividades realizadas por los alumnos en la materia, de manera de poder evaluarlos a lo largo de todo el proceso de aprendizaje y poder diagnosticar y ajustar las metodologías en función de necesidad.

El método de evaluación se informa en la presentación de la asignatura. La accesibilidad a los resultados de las evaluaciones, como complemento del proceso de enseñanza y proceso de aprendizaje, está garantizado por las normativas institucionales vigentes. Se pone a disposición de los alumnos la rúbrica de calificación.

Herramientas:

- Tests conceptuales durante o luego de ciertas clases para determinar si se entendieron ciertos conceptos complejos.
- Cuestionarios Multiple choice para evaluar entendimiento de ciertos temas
- Técnica "One Minute Paper" al final de ciertas clases con las siguientes preguntas:



- ¿Qué aprendí?
- ¿Con qué dudas me quedo?
- Evaluación formal presencial con ejercicios prácticos y preguntas conceptuales.
- Coloquio oral presencial sobre Trabajo Práctico Integrador.

Con relación a las evaluaciones, se tomarán 2 (DOS) evaluaciones parciales con exigencia creciente. La calificación mínima de aprobación en cada parcial es de 6 (SEIS) puntos sobre una escala del 1 al 10. Cada parcial puede recuperarse 2 (DOS) veces como máximo.

La segunda evaluación parcial integra todos los temas de la materia e incluye preguntas teóricas y problemas de índole práctica.

Si el alumno no alcanza el puntaje necesario para promocionar, pero aprueba las evaluaciones, regulariza la asignatura. En este caso para aprobar de manera definitiva la asignatura deberá rendir un final integrador.

#### **Requisitos para la Aprobación Directa (Promoción)**

El alumno promociona cuando la suma de las calificaciones en las 2 (DOS) evaluaciones parciales alcanza un valor de 15 (QUINCE) puntos o más, habiendo obtenido 8 (OCHO) o más puntos en la segunda evaluación integradora de todos los conocimientos de la materia.

Se puede recuperar sólo 1 (UNO) parcial del total de las 2 (DOS) evaluaciones.

Tanto para promocionar o aprobar la asignatura se deberá también cumplimentar con las actividades del Laboratorio de Simulación

#### **Requisitos de Regularidad**

Aprobar las instancias de exámenes parciales y trabajos prácticos de laboratorio.

#### **Requisitos de aprobación**

Aprobar el examen final.



### **ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS**

La asignatura Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos, se encuentra posicionada en el cuarto nivel de la carrera y la misma, articula verticalmente con las siguientes asignaturas:

Con la asignatura Introducción a Equipos y Procesos, perteneciente al segundo nivel de la carrera, en lo referido a la definición cualitativa y simplificada del proceso a escala industrial; a las operaciones, procesos unitarios y equipos representativos; a diagrama de flujos y cálculo de balances de materia.

Con la asignatura Balances de Masa y Energía, perteneciente al tercer nivel de la carrera, con relación a la definición cuantitativa del proceso a escala industrial; las operaciones y procesos unitarios representativos y balances de masa y energía con y sin reacción química en estado estacionario

Con la asignatura Fisicoquímica, perteneciente al tercer nivel de la carrera, en relación con los sistemas multicomponentes y equilibrio de fases; termodinámica de las reacciones químicas y equilibrio químico y cinética química homogénea.

Con la asignatura Control Automático de Procesos, perteneciente al quinto nivel de la carrera, en lo referido a lazos de control principales en el proceso.

Con la asignatura Higiene y seguridad en el trabajo, perteneciente al quinto nivel de la carrera, con relación al tema Seguridad Industrial.

Con la asignatura Proyecto Final, perteneciente al quinto nivel de la carrera, en lo referido a todos los temas a excepción de la organización de la empresa

Asimismo, la asignatura articula horizontalmente con las materias indicadas a continuación:

Con la asignatura Operaciones Unitarias I, en lo concerniente al diseño, selección e intensificación de equipos para transferencia de cantidad de movimiento.

Con la asignatura Tecnología de la Energía Térmica, en lo referido al diseño, simulación e intensificación de equipos de transferencia de energía y a redes de equipos de transferencia de energía.



Con la asignatura Operaciones Unitarias II, en lo referido al diseño, simulación e intensificación de equipos de transferencia de masa fluido-fluido, con y sin transferencia de energía

### **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.

<b>Clase</b>	<b>Tema</b>	<b>Actividad</b>	<b>Modalidad de dictado (presencial/virtual)</b>	<b>Hs Cátedra</b>
1	Diseño de Procesos Parte I	Teórica	Presencial	2
		Práctica	Presencial	2
2	Diseño de Procesos	Teórica	Presencial	2
	Parte II	Práctica	Presencial	2
3	Actividad Práctica: Resolución del cuestionario sobre estructuras de proceso y resolución del problema 3 de la Serie 1 de problemas	Práctica	Asincrónica Virtual	4
4	Estructura de Reacción	Teórica	Sincrónica Virtual	2
		Práctica		2



5	Estructura general de Separación	Teórica	Presencial	2
		Práctica		2
6	Cálculo de la fase de las corrientes. Cálculo del separador de fases Proceso de ciclohexano	Práctica	Asincrónica Virtual	4
7	Optimización del diseño: maximizar la producción, la selectividad de la reacción, minimizar el uso de reactivos, et.	Teórica	Presencial	4
		Práctica		
8	Técnicas de optimización. Comienzo de la Serie 2 de problemas	Teórica	Presencial	2
		Práctica		2
9	Continuación con los ejercicios de la Serie 2 de optimización	Práctica	Presencial	4
10	Resolución de ejercicios de optimización en el aula virtual	Práctica	Asincrónica Virtual	4



11	Sistema de separación y recuperación.	Teórica	Presencial	3
		Práctica		1
12	Comienzo de la Serie 3 de problemas	Práctica	Presencial	4
13	Diseño preliminar de una columna de destilación	Teórica	Presencial	2
		Práctica		2
14	Continuación con la Serie 3 y repaso para el parcial	Práctica	Presencial	4
15	Primer Parcial	Práctica	Presencial	4
16	Actividad Práctica: resolución y entrega de problemas restantes de la Serie 3	Práctica	Asincrónica Virtual	4
17	Secuencia óptima de trenes de columnas de destilación. Método de ROTE (Rule of Thumb Equation) y de los vapores marginales.	Práctica	Presencial	4



	Estudio de caso.			
18	Simulación de procesos químicos.	Teórica	Presencial	2
		Práctica		2
19	Comienzo Serie 4 de problemas de simulación en el Laboratorio de Simulación de Procesos	Práctica	Presencial	3
		Práctica	Asincrónica Virtual	1
20	Explicación de la simulación del proceso de Ciclohexano	Teórica	Sincrónica Virtual	1
		Práctica		3
21	Trabajo Práctico: Diseño y Simulación de una Torre de Destilación Multicomponente	Práctica	Sincrónica Virtual	4
22	Inicio del trabajo grupal: Diseño preliminar y simulación de un proceso	Práctica	Sincrónica Virtual	2
			Asincrónica Virtual	2
23	Servicios Auxiliares	Teórica	Sincrónica Virtual	2



	Cuestionario	Práctica	Asincrónica virtual	2
24	Integración térmica de procesos.	Práctica	Presencial	4
25	Comienzo de la serie 5 de problemas de Integración Térmica e intensificación	Práctica	Presencial	4
26	Resolución problemas 2 y 3 de la serie 5 de problemas	Práctica	Asincrónica Virtual	4
27	Práctica en Laboratorio de simulación con el software HINT	Práctica	Presencial	4
28	Seguimiento de trabajo grupal: Diseño preliminar y simulación de un proceso	Práctica	Presencial	4
29	Seguridad de Procesos	Teórica	Presencial	2
		Práctica		2
30	Continuación Seguridad de procesos	Teórica	Sincrónica Virtual	2



	Resolución Serie 7 de seguridad de procesos	Práctica	Asincrónica Virtual	2
31	Petróleo y petroquímica	Teórica	Sincrónica Virtual	2
	Cuestionario	Práctica	Asincrónica virtual	2
32	Parcial Integrador de la materia	Práctico/teórico	Presencial	4

#### **BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA**

Aspen (2006) *Manual de referencia Hysys*. Versión 2.2

Biegler, L.T., Grossmann, I.E., Westerberg, A.W. (1997). *Systematic methods of chemical process design*. Upper Saddle River. New Jersey. Prentice Hall

Chaves, I.D.G., López, J.R.G., Zapata, J.L.G., Robayo, A.L., Niño, G.R. (2016). *Process Optimization in Chemical Engineering. In: Process Analysis and Simulation in Chemical Engineering*. Springer, Cham.

Douglas, M. J. (1988). *Conceptual design of chemical processes*. Mc Graw Hill.

Felder, R. – Rousseau, R. (2004). *Principios elementales de los procesos químicos*. Addison-Wesley . Iberoamericana.

Fernández de la Calle, I. (2020). *Seguridad funcional en instalaciones de proceso*. 2° Edición. ISA. Sección España. Versión impresa y electrónica.

Freeman, H.M. (1997). *Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal*, Mc Graw Hill, New York.



*Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Buenos Aires*

Iglesias, O., Paniagua, C. (2014). *Elementos de diseño óptimo*. 1° Edición. Edulp. La Plata.

Jimenez Gutiérrez, A. (2003). *Diseño de Procesos en Ingeniería Química*. Reverté

Kaes, G. (2000). *Refinery process modelling. A practical guide to steady state modelling of petroleum processes*.

Keil, F. (2017). *Process Intensification*, Reviews in Chemical Engineering.

Kirk - Othmer (1991). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley-Interscience, New York.

Kohan, A.L. (2000). *Manual de calderas*. Mc Graw Hill.

Reay, D., Ramshaw, C., Harvey, A. (2013). *Process Intensification*. Engineering for efficiency. Sustainability and flexibility. 6<sup>th</sup> Edition. Elsevier

Reid - Praunisz - Sheerwood (1987). *Properties of gases and liquids*.

Rotstein, E. – Fornari, R., (1984). *Termodinámica de procesos industriales*. Edigem.

Scenna, J. y otros (1999). *Modelado, simulación y optimización de procesos químicos*, U.T.N.

Seider W. D., Lewin D.R. Seader J.D., Widagdo, S., Gani, R., Ming Ng, Ka. (2016). *Product and Process Design Principles, Synthesis, Analysis and Evaluation*. John Wiley & Sons, INC.

Sinnott, R. K. (2020). *Chemical engineering design*. 6<sup>th</sup> Edition. Oxford. Elsevier/Butterworth-Heinemann.

Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical process control*. Prentice Hall.

Turton R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, J., Bhattacharyya, D. (2012). *Analysis, synthesis and design of chemical processes*. 4<sup>th</sup> Edition, New Jersey, Prentice Hall.



*Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Buenos Aires*

Ullmann, F. y otros (2008). *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. VCH.

Ulrich G. D. (1984). *A guide to chemical engineering process design and economics*, John Wiley and Sons.

#### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

Carlson E., *Don't gamble with physical properties for simulations*, Chemical Engineering Progress, pág 35-46, 1996.

Clark S. M. y Reklaitis G.V., *Investigation of strategies for executing secuencial modular simulations*, Computers and chemical engineering, pág 205-218, Vol. 8, N°3/4, 1984.

Negro J.C., *Análisis de riesgos en la industria de procesos: el método HAZOP*, Industria & Química, N° 337, pág 36-40, diciembre 1999.

Paranjape P.K. y Kudchadker A.P., *A knowledge intensive methodology for thermodynamic choices*, pág 717-738, Computers Chemical Engineering, Vol. 17, N°7, 1993.

Schad R.C., *Don't let recycle streams stymie your simulations*, Chemical Engineering Progress, pág 68-76, diciembre 1994.

Schad R.C., *Make the most of process simulation*, Chemical Engineering Progress, pág. 21-27, January 1998.