



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Rosario

Rosario, 14 de diciembre de 2023.-

VISTO el Expediente ID N° 8156526, relacionado con la presentación del Programa Analítico de la asignatura "Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos", correspondiente a la carrera Ingeniería Química – Plan 2023, y

**CONSIDERANDO**

Que la presentación realizada obedece a la implementación del nuevo Diseño Curricular aprobado por el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional – Ordenanza CSU 1875.

Que dicho Programa Analítico cuenta con el aval del respectivo Consejo Departamental.

Que la Comisión de Enseñanza analizó el Expediente y aconsejó su aprobación.

Por ello y atento a las atribuciones otorgadas por el artículo 85° del Estatuto Universitario.

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**RESUELVE:**

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el Programa Analítico de la asignatura "Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos" de la carrera Ingeniería Química– Plan 2023, que se agrega como Anexo I de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°.- Regístrese. Comuníquese. Cumplido, archívese.

**RESOLUCIÓN N° 739**

UTN
FRRo
C.D.
S.R.

Ing. Rubén Fernando CICCARELLI  
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS  
Secretario Académico

**Carrera: Ingeniería Química**

**Asignatura: Diseño, simulación, optimización y seguridad de procesos**

Programa analítico - Plan 2023 (Ord. N° 1875)

**Datos administrativos de la asignatura**

Nivel en la carrera:	IV	Modalidad de dictado:	Anual
Plan:	2023	Tipo de asignatura:	De la especialidad
Bloque de conocimiento:	Tecnologías aplicadas		
Área de conocimiento:	Especialidad		
Carga horaria presencial semanal:	4 hs. cátedra	Carga horaria total:	96 hs. reloj
Carga horaria no presencial semanal:	0 hs. reloj	% de horas reloj no presenciales:	0 %

**Asignaturas correlativas previas**

Para cursar y rendir debe tener cursada/s:

- Balances de Masa y Energía
- Matemática Superior Aplicada

Para cursar y rendir debe tener aprobada/s:

- Sistemas de Representación
- Fundamentos de Informática
- Introducción a Equipos y Procesos
- Análisis Matemático II
- Inglés II

**Asignaturas correlativas posteriores**

Asignatura/s que la requieren cursada:

- Control Automático de Procesos

Asignatura/s que la requieren aprobada:

- Proyecto Final

**Presentación. Fundamentación.**

El profesional de la ingeniería química cuenta con una sólida formación científica y tecnológica, que le permite desempeñarse en una amplia gama de actividades relacionadas con el diseño, operación y control de procesos químicos, biotecnológicos y ambientales.

La asignatura promueve el desarrollo de diversas competencias para realizar las tareas de diseño conceptual de procesos (análisis, síntesis y optimización) y sus nuevos paradigmas en los cuales la seguridad y el análisis de riesgos tienen un rol relevante. Esto conlleva al estudiantado hacia la generación distintas alternativas, el discernimiento entre las mismas, y la selección óptima mediante diversos criterios ingenieriles. Dada la complejidad, se fundamenta la necesidad de realizar la tarea utilizando herramientas informáticas (simuladores/optimizadores de procesos) a los efectos de representar eficientemente los diversos procesos químicos de interés, diferenciando las etapas de la ingeniería conceptual, de detalle, el control (estado dinámico de los procesos), la

operación de los mismos, entre otros aspectos de un proyecto ingenieril. Dentro de este contexto, los/as alumnos/as integran conceptualmente los fundamentos (fenómenos de transporte, termodinámica y fisicoquímica), con los métodos de solución numérica, la programación, y la actividad específica del ingeniero de procesos.

### Objetivos establecidos en el DC

- 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.

### Relación de la asignatura con las competencias de egreso de la carrera

#### Competencias genéricas tecnológicas (CG):

CG.5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

**Nivel de aporte**

Medio

#### Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales (CG)

CG8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.<sup>1</sup>

**Nivel de aporte**

-----

CG8.a. Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable.

Alto

CG8.b. Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local.

Alto

CG.10. Actuar con espíritu emprendedor.

Medio

#### Competencias específicas de la carrera

**Nivel de aporte**

**CE.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.**

Medio

**CE.2. 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.**

Medio

**CE.5. 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**

Bajo

<sup>1</sup> La competencia definida en el DC se desdobra indicando los ejes establecidos en el Anexo I – Contenidos curriculares básicos – Ingeniero Químico de la Res. Ministerial 1566/2021.

seleccionando y utilizando técnicas y herramientas contempladas en las prácticas recomendadas y en las normativas vigentes nacionales e internacionales.

CE.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 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. Medio

CE.11. 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. Medio

### Contenidos mínimos establecidos en el DC

- 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 desarrollados

**Eje conceptual N° 1.** Ingeniería de procesos. Diseño y operación de procesos. Herramientas de análisis, simulación y optimización de procesos químicos (12 horas reloj).

Contenidos: Ingeniería de Procesos. Diseño y operación de procesos. Ingeniería conceptual e ingeniería de detalle. Etapas en la tarea de diseño sistémico de procesos industriales. Síntesis, simulación, optimización. Descomposición del problema en sub-problemas. El criterio ingenieril.

Procesos en Ingeniería Química. Componentes típicos. Características generales de los procesos químicos. El sistema de reacción. El sistema de separación. El sistema de intercambio calórico. Recuperación de energía. El problema del reciclo de materiales y energía.

Estructura del proceso. Métodos sistémicos para la determinación de diagramas de flujos apropiados. Diversidad de procesos químicos. Procesos continuos, semicontinuos, batch. Representación estructural de procesos. La importancia del balance de materia, energía y cantidad de movimiento (simuladores de procesos).

**Eje conceptual N° 2.** Modelado de la estructura de los procesos. Simulación de procesos (15 horas reloj).

Contenidos: Modelado en ingeniería. Modelos de operaciones unitarias. Modelado estructural de procesos. Grafos Orientados. Diagrama de flujo de información. Sistemas cíclicos. Algoritmos de particionado, rasgado y ordenamiento. Filosofía de resolución modular secuencial o global -simultánea. Métodos de particionado. Algoritmo de particionado de Keham y Shacham. Rasgado del diagrama de flujos o grafo. Algoritmo de Barkeley y Motard (1972).

Simulación de procesos químicos. Simulación estacionaria y dinámica. Simuladores modulares secuenciales versus globales.

**Eje conceptual N° 3.** Módulos para la simulación de equipos de proceso (15 horas reloj).

Contenidos: Estimación de propiedades termodinámicas y fisicoquímicas para la simulación de procesos. Banco de modelos para la estimación de propiedades y su uso en modelos de diseño y simulación. Selección del método para la predicción de propiedades según los componentes a tratar.

Biblioteca de módulos típicos de un simulador modular. Modelado y estrategias de resolución de los modelos asociados a cada módulo. Módulos sumadores, divisores, intercambiadores de calor. Simulación de evaporadores flash y su aplicación a la estimación de fases. Módulos reactor, bombas, válvulas, tanques, compresores, expansores y otros.

Módulos para la simulación de separadores de mezclas multicomponentes en cascadas contracorriente múltiple etapa en equilibrio. Modelos basados en etapas de equilibrio. Eficiencia de etapa. Métodos etapa a etapa. Modelo matemático. Métodos rigurosos de resolución simultánea.

Intensificación de procesos. Casos paradigmáticos. Flash reactivo. Destilación reactiva.

Módulos de simulación específicos y posibilidad de incorporación de módulos del usuario en los simuladores comerciales. Usos avanzados de los simuladores de proceso.

Problemas de aplicación.

**Eje conceptual N° 4.** Optimización de procesos en estado estacionario (15 horas reloj).

Contenidos: Diferencias entre simulación y optimización de procesos. Grados de libertad, restricciones y variables de optimización. Función Objetivo. Optimización paramétrica. Optimización mediante simuladores modulares secuenciales. Optimización simultánea u orientada a ecuaciones. Criterios energéticos como función objetivo. Criterios económicos como función objetivo. Problemas de aplicación.

**Eje conceptual N° 5.** Simulación dinámica de equipos y procesos (15 horas reloj).

Contenidos: Simulación dinámica de tanques de almacenamiento. Simulación dinámica de separadores flash. Reactores tanque agitado y sus variantes. Simulación dinámica de equipos de separación de mezclas multicomponentes, múltiple etapa en contracorriente. Módulos específicos. Destilación batch. Otros equipos.

Simuladores comerciales dinámicos. Su utilización. Sistemas abiertos. Sistemas cerrados. Dinámica de válvulas de control. Introducción a los modelos de controladores PID. Modelos y simulación dinámica de procesos controlados.

Problemas de aplicación.

**Eje conceptual N° 6.** Procesos químicos. Peligros asociados (12 horas reloj).

Contenidos: Sustancias y condiciones peligrosas. Toxicidad, combustión e inflamabilidad. Accidentes típicos en la industria química. Seguridad de procesos. Almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

Condiciones de operación y peligros asociados. Derrames de contenido. Altas presiones. Vacío. Altas temperaturas. Reacciones exotérmicas. Operaciones en presencia de atmósferas con polvo. Explosión de gases (VCEs, UVCEs, BLEVES). Explosión de polvo. Dispersión de gases tóxicos e inflamables.

**Eje conceptual N° 7.** Análisis de riesgos. Diseño inherentemente seguro de procesos. Diseño basado en riesgos (12 horas reloj).

Contenidos: Identificación de peligros, evaluación de la vulnerabilidad del entorno, frecuencia de ocurrencia de eventos peligrosos.

Diseño y operación de procesos. Sistemas de control. Dispositivos de seguridad. Capas independientes de protección. Sistemas pasivos y activos. Alarmas. Enclavamientos. Sistemas de alivio. Venteos. Antorchas. Sistemas contra incendios.

Gerenciamiento del riesgo. Introducción a los métodos de análisis de riesgos. Métodos cualitativos, semi-cuantitativos, cuantitativos. Riesgo, fiabilidad y costos. Efecto dominó. Introducción al diseño de planes de contingencia.

Diseño inherentemente seguro de procesos. Diseño basado en riesgos.

#### **Bibliografía obligatoria**

Scenna, N. J. (2002). Modelado, simulación y optimización de procesos químicos (Universidad Tecnológica Nacional). Eduotec-UTN.

Poling, B. E., Prausnitz, J. M., & O'Connell, J. P. (2000). The Properties of Gases and Liquids (5a. ed.). McGraw Hill Professional.

Luyben, W. L. (1990). Process modeling, simulation, and control for chemical engineers (2a. ed.). McGraw-Hill.

Lees, F. (2012). Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control (4a. ed.). Butterworth-Heinemann.

CCPS (Center for Chemical Process Safety). (1999). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2a. ed.). Wiley-AIChE.

#### **Bibliografía optativa y otros materiales a utilizar en la asignatura**

Biegler, L. T., Grossmann, I. E., & Westerberg, A. W. (1997). Systematic methods of chemical process design. Prentice Hall PTR.

Gmehling, J., Kleiber, M., Kolbe, B., & Rarey, J. (2019). Chemical thermodynamics for process simulation (2a. ed.). Wiley-VCH.

Smith, R. (2016). Chemical Process Design and Integration (2a. ed.). John Wiley & Sons.

Reay, D., Ramshaw, C. & Harvey, A. (2008). Process intensification: engineering for efficiency, sustainability and flexibility (1st ed.). Oxford: Elsevier.

Segovia-Hernández, J. G., & Bonilla-Petriciolet, A. (2016). Process intensification in chemical engineering design optimization and control. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-28392-0>

#### **Metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación**

El equipo docente diseña e implementa estrategias de aprendizaje activas y centradas en el estudiantado orientadas al desarrollo de las competencias de egreso, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el apartado 6 del Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Química. Se configuran también estrategias de evaluación formativas y sumativas, enunciándose las formas e instrumentos de evaluación a utilizar para poder acreditar el desarrollo de las competencias indicadas en los niveles esperados. A los efectos, se especifican las modalidades de aprobación directa, aprobación no directa (regularización) y examen final de la asignatura. Estos apartados se describen en detalle en el plan anual de actividades de la asignatura.