



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 "Ingeniería de las Reacciones Químicas", 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 "Ingeniería de las Reacciones Químicas" 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° 743

UTN
FRRo
C.D.
S.R.

Ing. Rubén Fernando CICCARELLI
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS
Secretario Académico

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Ingeniería de las Reacciones Químicas

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:	5 hs. cátedra	Carga horaria total:	120 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
- Termodinámica
- Fisicoquímica
- Fenómenos de Transporte

Para cursar y rendir debe tener aprobada/s:

- Química Inorgánica
- Análisis Matemático II
- Química Orgánica

Asignaturas correlativas posteriores

Asignatura/s que la requieren cursada:

- Ingeniería Ambiental
- Proyecto Final

Asignatura/s que la requieren aprobada:

- Proyecto Final

Presentación. Fundamentación.

El estudio de la cinética de las reacciones químicas, homogéneas y heterogéneas y del diseño de los reactores químicos, ha recibido mayor atención que otras operaciones unitarias en el contexto de la intensificación. Esto se debe al gran número de reactores intensificados en el mercado o en desarrollo.

El reactor es considerado el núcleo principal de toda planta química, por lo que el conocimiento sobre reactores isotérmicos y no isotérmicos, le permitirá al egresado certificar el funcionamiento y/o condición de uso, o el estado de dicha situación aplicando procedimientos, técnicas y utilizando las herramientas adecuadas. Para esto, es necesario que el egresado tenga la capacidad de

realizar un análisis termodinámico y cinético de las reacciones químicas que le permitan diseñar, seleccionar y aplicar criterios para optimizar operaciones en reactores químicos, continuos, discontinuos, catalíticos y no catalíticos, pudiendo interpretar y manipular las variables operativas del proceso.

Por lo mencionado, desde la cátedra de Ingeniería de las Reacciones Químicas, se busca contribuir al desarrollo de las competencias fijadas para el egresado y a su formación para su trayecto profesional.

Objetivos establecidos en el DC

- Evaluar la cinética de reacción necesaria para el diseño de los diferentes tipos de reactores.
- Calcular equipos de operación continua y discontinua con reacción química, isotérmicos y no isotérmicos para su verificación óptima y eficiente.
- Diseñar sistemas de operación continua y discontinua con reacción química, isotérmicos y no isotérmicos para su selección óptima y eficiente.

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)

CG.6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

Nivel de aporte

Alto

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.

Alto

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.3. 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.

Medio

CE.4. Verificar el funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética,

Medio

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.

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

Medio

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.

Bajo

Contenidos mínimos establecidos en el DC

- Diseño, simulación e intensificación de equipos de operación continua y discontinua con reacción química, isotérmicos y no isotérmicos.
- Cinética homogénea y heterogénea.
- Reactores reales.
- Mantenimiento de estas operaciones.

Contenidos desarrollados

Eje conceptual N° 1. Cinética en sistemas homogéneos (16 horas reloj).

Contenidos: Introducción. Velocidad de reacción en sistemas de volumen constante y variable. Constante de la velocidad de reacción. Orden de reacción. Modelos experimentales para interpretación de datos cinéticos. Métodos: integral, diferencial, de las velocidades iniciales, del tiempo de vida media y del aislamiento. Consistencia termodinámica. Expresión de Arrhenius. Nociones sobre mecanismos de reacción. Reacciones autocatalíticas.

Eje conceptual N° 2. Reactores ideales (26,5 horas reloj).

Contenidos: Definición y clasificación de los reactores químicos. Simplificación de las ecuaciones de diseño: tanque discontinuo, tanque continuo: agitado y flujo pistón. Comparación de reactores tanques agitados en serie con el reactor flujo pistón. Adimensionalización. Número de Damköhler. Reactores en serie y en paralelo de distintos volúmenes. Optimización de reactores MC en serie. Flujo pistón ideal con recirculación. Distintos arreglos de operación. Métodos gráficos y analíticos. Operación en estado no estacionario para reactores con agitación: Puesta en marcha de un reactor MC y reactor semicontinuo con agregado de reactivo. Mantenimiento de equipos.

Eje conceptual N° 3. Reacciones múltiples (7,5 horas reloj).

Contenidos: Introducción. Rendimiento y selectividad. Reacciones paralelo: distribución de productos. Estudio cuantitativo. Rendimiento fraccional instantáneo y global. Métodos gráficos y analíticos. Sistemas múltiples. Determinación del volumen del reactor. Condiciones óptimas.

Reacciones en serie: Reacciones sucesivas irreversibles de diferentes órdenes. Distribución de productos empleando diferentes modelos de reactores. Condiciones de máximo componente intermedio.

Eje conceptual N° 4. Reactores no ideales (23 horas reloj).

Contenidos: Desviaciones de los modelos de flujos ideales. Funciones de distribución de tiempos de residencia. Señal en escalón, en pulso. Curvas. Tiempo medio de residencia y varianza. Modelos de flujos no ideales: Modelo de dispersión axial. Modelo de tanques agitados en serie. Modelo de segregación total. Modelos combinados de Cholette y Cloutier.

Eje conceptual N° 5. Diseño de reactores no isotérmicos (22 horas reloj).

Contenidos: Efectos térmicos sobre la cinética y el equilibrio químico. Balance de energía. Reactores en estado estacionario: Reactores adiabáticos, para los diferentes tipos de flujo. Reactores ni isotérmicos ni adiabáticos. Estabilidad e histéresis del estado estacionario en reactores MC. Reactores en estado no estacionario: Reactor TAD, operación adiabática y NINA. Intensificación de sistemas de reactores. Modelado y simulación de un reactor TAD NINA. Seguridad en los reactores.

Eje conceptual N° 6. Reacciones heterogéneas catalíticas (15 horas reloj).

Contenidos: Introducción y aspectos generales. Modelos cinéticos para reacciones catalizadas por sólidos. Modelos de Langmuir-Hinsherlwood-Hougen-Watson y Rideal – Eley. Transferencia interna de materia y calor: Difusión con reacción química en una partícula de catalizador isotérmica. Módulo de Thiele. Factor de eficacia. Transferencia externa de materia y calor: estimación de los coeficientes de transmisión de calor y materia. Relación entre la diferencia de concentración y temperatura en la película. Factor de eficacia Global. Criterios para diagnosticar el control. Efecto del tamaño de la partícula y temperatura sobre la velocidad de reacción. Modelo Bidimensional: modelado y simulación.

Eje conceptual N° 7. Reacciones heterogéneas no catalíticas (10 horas reloj).

Contenidos: Reacciones sólido-fluido (no catalíticas). Introducción y aspectos generales. Modelo del núcleo sin reaccionar para partículas de distintas formas; de tamaño constante y decreciente. Diferentes etapas controlantes. Determinación de la etapa controlante de la velocidad. Aplicación al diseño: reactor semicontinuo de lecho fijo y fluidizado, reactor de lecho móvil y reactor continuo de lecho fluidizado sin arrastre, para partículas de un solo tamaño y de diferentes tamaños.

Bibliografía obligatoria

- Fogler, H. S. (2008). Elementos de ingeniería de las reacciones químicas (4a. ed.). Pearson Educación.
Levenspiel, O. (2016). Ingeniería de las reacciones químicas (3a. ed.). Limusa Wiley.
Levenspiel, O. (2012). El omnilibro de los reactores químicos. Reverté.

Bibliografía optativa y otros materiales a utilizar en la asignatura

- Levenspiel, O. (2010). Ingeniería de las reacciones químicas. Reverté.
Mann, U. (2009). Principles of chemical reactor analysis and design: new tools for industrial chemical reactor operations. John Wiley & Sons.
Smith, J. M. (1986). Ingeniería de la cinética química (pp. 482-513). Ceca.
Farina, I. H., Ferretti, O. A., & Barreto, G. F. (1986). Introducción al diseño de reactores químicos. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Tiscareno, F., & Lechuga, F. T. (2008). ABC para comprender Reactores Químicos con Multireacción. Reverte.

Conesa, J. A. (2010). Diseño de reactores heterogéneos. *Diseño de Reactores II*.

Castro, A. (2020). Reactores químicos.

Chemical Engineering and Processing - Process Intensification. Recuperado 10/12/2023 <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-and-processing-process-intensification>

Haase, S., Tolvanen, P., & Russo, V. (2022). Process Intensification in Chemical Reaction Engineering. *Processes*, 10, 99. <https://doi.org/10.3390/pr10010099>

Otros materiales del curso

Apuntes de cátedra.

Videos realizados por la cátedra.

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.