

# INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

Plan anual de actividades académicas - Ciclo lectivo 2023

## 1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

### Datos administrativos

Departamento: Ingeniería Química

Carrera: Ingeniería Química

Duración: 5 años

Asignatura: Ingeniería de las reacciones químicas

Nivel de la carrera: IV

Bloque curricular: Tecnologías aplicadas

Área: Ingeniería química

Carácter: Obligatoria

Régimen de dictado: Anual

Carga horaria semanal: 5 (hs. cátedra)

Carga horaria total: 160 (hs. cátedra)

### Correlatividades

#### Asignaturas correlativas previas

Para cursar "Ingeniería de las reacciones químicas" debe tener cursada:

Obligatorias: Físico Química/ Fenómenos de Transporte

Para cursar "Ingeniería de las reacciones químicas" debe tener aprobada:

Obligatorias: Análisis Matemático II/ Química Inorgánica/ Física II

Para rendir "Ingeniería de las reacciones químicas" debe tener aprobada:

Obligatorias: Físico Química/ Fenómenos de Transporte

#### Asignaturas correlativas posteriores

Debe tener cursada "Ingeniería de las reacciones químicas" para cursar:

Obligatorias: Proyecto Final (Integración V)

Electivas: Procesos industriales I

Debe tener aprobada "Ingeniería de las reacciones químicas" para cursar:

Obligatorias: No corresponde

Debe tener aprobada "Ingeniería de las reacciones químicas" para rendir:

Obligatorias: No corresponde

Electivas: Procesos industriales I

### Equipo docente

STOPPANI; Fernando (Prof. Tit. - DS)

LUISETTI; Julia (Prof. Adj. - DS)

REINALDI; Mauricio (Aux. 1 - DS)

ROMERO; Silvana (Aux. 1 - DS)

## 2. FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA DENTRO DEL PLAN DE ESTUDIOS

Describir el sentido de la asignatura en el plan de estudios y en la formación del ingeniero de la especialidad, el posicionamiento desde donde se enseña la disciplina, discutiendo porqué y para qué el estudiante tiene que aprender la presente asignatura en esta etapa de su carrera (hasta 200 palabras).

Completar el perfil de la carrera de ingeniería química, ya que la profundización en el conocimiento de la cinética de las reacciones químicas y el diseño de los reactores químicos, constituyen el núcleo de una planta química. De esta manera se logran interrelacionar los procesos de acondicionamiento de reactivos y purificación de productos, que conllevan las operaciones unitarias y el diseño de los equipos de separación, establecidos en las asignaturas correspondientes.

## 3. COMPETENCIAS

Para la descripción de este punto considerar las competencias enunciadas en el ANEXO I Libro Rojo de CONFEDI (Ver documento adjunto). Copiar las que correspondan (código y texto) e indicar el nivel de aporte (Bajo / Medio / Alto) de la asignatura para cada competencia.

Competencias Tecnológicas	Nivel de Aporte
CT1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	Alto
CT4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	Alto
CT5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	Bajo
Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales	Nivel de Aporte
CS6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo	Medio
CS10. Fundamento para el aprendizaje continuo.	Bajo
Competencias Específicas	Nivel de Aporte
(CE 1.1) 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 1.2) 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 3.1) 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.

Bajo

#### 4. OBJETIVOS/ RESULTADOS DE APRENDIZAJE

##### Objetivos

Transcribir los objetivos de la asignatura establecidos en el DC. Señalar los objetivos de la asignatura, entendidos como la intencionalidad de los docentes con respecto a lo que esperan que el alumno logre como consecuencia de la propuesta de enseñanza (por ejemplo: Que el alumno logre plantear estrategias de eficiencia energética para diferentes procesos ingenieriles).

##### Objetivos establecidos en el DC

- ✓ Comprender las bases cinéticas necesarias para el diseño de los diferentes tipos de reactores. Conocer, comprender, especificar y/o calcular distintos tipos de reactores.

Conseguir que el alumno logre:

- ✓ Comprender los diferentes métodos de interpretación de datos cinéticos de las velocidades de reacción e interpretar los mecanismos de dichas reacciones.
- ✓ Establecer la rapidez de una reacción enzimática en ausencia y presencia de inhibidores.
- ✓ Interpretar las curvas de distribución de tiempos de residencia, para conocer las condiciones fluidodinámicas reales del reactor, realizando actividades con reactores reales en Planta Piloto.
- ✓ Aplicar los balances de materia y energía que permitan el diseño de los diferentes modelos de reactores en fase homogénea y heterogénea respectivamente.
- ✓ Analizar la estabilidad y las condiciones operativas necesarias a los efectos de optimizar el funcionamiento de los reactores ideales.
- ✓ Comprender las etapas que se presentan en las reacciones sólido-fluido y valorar el efecto de las principales variables (temperatura, composición, área interfacial, tamaño partículas, porosidad de partículas, etc.) en la velocidad de reacción observada en reacciones heterogéneas.
- ✓ Identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas, además de promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo.

##### Resultados de Aprendizaje

Definir los resultados de aprendizaje (RA), entendidos como una declaración muy específica que describe exactamente y de forma medible (posibles de evidenciar) qué es lo que un estudiante será capaz de hacer, expresados como [Verbo de Desempeño]+ [Objeto de Conocimiento]+ [Finalidad]+ [Condición(es) de Referencia/Calidad] (por ejemplo: Plantea estrategias para mejorar las prestaciones y eficiencia energética de diversas actividades ingenieriles mediante la utilización de los principios de la disciplina, considerando el contexto socioeconómico y medioambiental en el que se encuentran insertas), y considerando:

- ✓ incluir únicamente aquellos RA que se consideren elementales para definir el aprendizaje esencial de la asignatura o programa en el contexto de la carrera
- ✓ no necesariamente debe haber una relación biunívoca RA- Unidad Temática
- ✓ se sugiere contar como máximo con 4-5 RAs para la asignatura
- ✓ Aplicar los diferentes métodos de interpretación de datos cinéticos con la finalidad de obtener la

ecuación de velocidad y su dependencia con la temperatura, considerando los distintos tipos de reactores ideales.

- ✓ Optimizar el funcionamiento de los reactores químicos desde el punto de vista del rendimiento y/o productividad teniendo en cuenta las condiciones operativas del mismo.
- ✓ Interpretar las curvas de distribución de tiempos de residencia, para conocer las condiciones fluidodinámicas reales del reactor a los efectos de interactuar para mejorar su comportamiento según el modelo prefijado.
- ✓ Aplicar los balances de materia y energía que permitan el diseño de los diferentes modelos de reactores en fase homogénea y heterogénea respectivamente, considerando el efecto de las principales variables (temperatura, composición, área interfacial, tamaño partículas, porosidad de partículas, etc.).

## 5. CONTENIDOS DEL PROGRAMA ANALÍTICO (UNIDADES TEMÁTICAS)

### UNIDAD 1: CINÉTICA EN SISTEMAS HOMOGÉNEOS

Introducción. Objeto de la cinética química. Estequiometría. Grado de avance. Conversión. 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. Expresión de Arrhenius. Teoría de la colisión. Teoría del Estado de transición (complejo activado). Nociones sobre mecanismos de reacción. Reacciones autocatalíticas.

### UNIDAD 2: REACTORES IDEALES

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. 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.

### UNIDAD 3: REACCIONES MÚLTIPLES

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. Reacciones en serie-paralelo. Estudio cuantitativo sobre la distribución del producto empleando diferentes modelos de reactores. Condiciones del máximo componente intermedio para

reacciones en serie. Aplicación de gráficas.

#### UNIDAD 4: REACTORES NO IDEALES

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.

#### UNIDAD 5: DISEÑO DE REACTORES NO ISOTÉRMICOS

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 bidimensionales. Reactores en estado No estacionario: Reactor TAD, operación adiabática y NI-NA.

#### UNIDAD 6: REACCIONES HETEROGÉNEAS CATALÍTICAS

Introducción y aspectos generales. Adsorción física y química. Teoría de Lagmuir. Teoría de Brummer, Enmet y teller (B.E.T) aplicables a multicapas. Volumen de monocapa. Superficie específica de catalizadores. Histéresis de adsorción. Distribución de tamaño macro y micro poros. Teoría de condensación y depresión capilar. Modelo de Hougen y Watson para la cinética controlada por: adsorción –reacción en la superficie- desorción. Efecto de la difusión externa en la reacción heterogénea: Leyes de Fick. Ecuación de conservación de Continuidad. Condiciones de frontera. Transferencia de materia en el límite de una fase. Modelo de película. Modelo de penetración. Reacción y difusión: Difusión con reacción química homogénea. Factor de efectividad. Módulo de Thiele. Cinética falsificada. Método de las velocidades estimadas para diseño de lechos catalíticos mono y bidimensionales no isotérmicos.

#### UNIDAD 7: REACCIONES HETEROGÉNEAS NO CATALÍTICAS

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 con y sin arrastre, para partículas de un solo tamaño y de diferentes tamaños. Sistemas con gas de composición variable.

#### UNIDAD 8: FERMENTACIÓN

Fermentación Enzimática: Introducción y aspectos generales, Cinética de Michaelis-Menten,

Fermentador continuo de flujo pistón y de flujo mezclado. Procesos fermentativos con y sin inhibición competitiva.

Fermentación microbiana: Introducción y aspectos generales, distribución de productos y rendimientos fraccionales. Cinética de Monod. Efecto de los residuos nocivos. Fermentador continuo de flujo pistón y de flujo mezclado. Tiempo espacial de lavado. Tiempo espacial de mezclado óptimo. Operaciones utilizando concentración y recirculación de células. Fermentador de flujo en pistón con concentración de células y recirculación. Reciclo óptimo.

## 6. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

### Descripción de la metodología

Listar las metodologías didácticas activas empleadas para garantizar la adquisición de las competencias antes mencionadas, con relación al propósito y objetivos que desarrolla la asignatura, y para promover el desarrollo de los resultados de aprendizaje.

Describir el enfoque de enseñanza adoptado, así como las estrategias de trabajo en equipos colaborativos, aula invertida y otras metodologías de aprendizaje activo y centrado en el estudiante aplicadas para promover el desarrollo de los resultados de aprendizaje. Detallar las características de las actividades prácticas a desarrollar, el uso de laboratorios físicos y/o remotos/virtuales (si correspondiese) y la utilización significativa del Campus Virtual Global (u otro entorno virtual de enseñanza y aprendizaje) y otros recursos basados en TIC.

- ✓ Exposición / Lección magistral
- ✓ Gamificación
- ✓ Aprendizaje cooperativo
- ✓ Aprendizaje basado en problemas

Las denominadas clases de teoría se impartirán al grupo completo, mediante exposición y en ellas se dará a conocer al alumno el contenido de la asignatura. Al comienzo de cada tema se expondrá claramente el contenido y objetivos principales de dicho tema. Al final del tema se hará un breve resumen de los contenidos más relevantes. Durante la exposición se propondrán cuestiones que ejemplifiquen los conceptos desarrollados o que sirvan de introducción a nuevos contenidos. Para facilitar la labor de seguimiento por parte del alumno, se le proporcionará la parte que se estime necesaria del material docente utilizado ya sea en fotocopia o en el Campus Virtual. La exposición de cada uno de los temas se hará haciendo uso de presentaciones como PowerPoint o Prezi, etc, además de la utilización del pizarrón.

Para intercalar con la exposición se realizarán actividades de gamificación, para ellos se utilizarán aplicaciones como Kahoot, Plickers o Genially.

También utilizarán estrategias de enseñanza en las que los estudiantes trabajan divididos en pequeños grupos en actividades de aprendizaje y son evaluados según la productividad del grupo, lo cual les permitirá desarrollar competencias académicas y profesionales, así como desarrollar habilidades interpersonales y de comunicación. En estas actividades se le suministrará al grupo una serie de problemas a trabajar. También se propondrán al grupo ejercicios adicionales para ser resueltos como trabajo personal fuera del horario de clases.

Durante el cursado se realizará una formación experimental a través de una serie de trabajos prácticos de laboratorio/Planta piloto. Para la explicación de los mismos se encuentra subido al campus virtual un apunte de cada trabajo práctico, además de un video explicativo.

A continuación, se detallan los trabajos prácticos a realizar:

**TP N° 1:** Reactor discontinuo, experiencia que se lleva a cabo en el laboratorio realizando la hidrólisis ácida de un éster. Se determinan los parámetros cinéticos de la reacción.

**TP N° 2:** Distribución de tiempos de residencia en un reactor continuo tubular mediante una señal en pulso o escalón. Determinación de los parámetros utilizados para los modelos de reactores no-ideales: módulo de dispersión, número de reactores MC en serie. Se realiza en Planta Piloto.

**TP N° 3:** Reactor tubular, hidrólisis alcalina de un éster: obtención de la conversión en estado estacionario. Comparación del resultado con los que se obtendrían con modelos de reactores ideales y no-ideales. Se lleva a cabo en Planta Piloto.

**TP N° 4:** Reactor discontinuo NINA: Determina la evolución temporal de la temperatura en un reactor discontinuo agitado con intercambio de calor (NINA) para una reacción exotérmica y se comparan los resultados experimentales obtenidos con los teóricos realizados por simulación numérica. Se lleva a cabo en el laboratorio.

### Recomendaciones para el estudio

Describir las principales recomendaciones que se les pueden hacer a las y los estudiantes para abordar el aprendizaje de la asignatura, teniendo en cuenta la experiencia del cuerpo docente respecto de desarrollos anteriores.

- ✓ Que el alumno siga las clases tanto teóricas como prácticas y que realice todas las consultas que sean necesarias durante las mismas
- ✓ Que se involucre en el trabajo grupal realizado durante las clases
- ✓ Que realice las tareas que se dejan por fuera de clases
- ✓ Que trabaje activamente durante la realización de los trabajos prácticos
- ✓ Que siempre estudie guiándose con la bibliografía (no solo con apuntes de clases)

## 7. RECURSOS NECESARIOS

Detallar los recursos necesarios para el desarrollo de la asignatura. Considerar todos los aspectos docentes, institucionales y estudiantiles de manera de prever y planificar las necesidades para alcanzar los Resultados de Aprendizaje previstos, incluyendo los siguientes ítems: Espacios Físicos (aulas, laboratorios, equipamiento informático, etc.), Recursos tecnológicos de apoyo (proyector multimedia, software, equipo de sonido, aulas virtuales, etc.), Transporte, seguro, y elementos de protección para desarrollar actividades en laboratorios, empresas, fábricas, entre otros.

### Espacios físicos

- ✓ Aulas
- ✓ Laboratorios
- ✓ Planta Piloto
- ✓ Sala de computación

### Recursos tecnológicos de Apoyo

- ✓ En el aula, se necesitará disponer de notebook y proyector. Para los casos de gamificación, tanto los docentes como los alumnos deberán disponer de teléfonos celulares.
- ✓ Aula virtual
- ✓ Sala de computación, además del uso de las herramientas comunes como Word y Excel, necesitamos disponer de los programas Origin 8.0 y Polymath.

### Recursos para desarrollar actividades en laboratorios, empresas, entre otros

- ✓ Se deberá disponer de la totalidad de las drogas para la realización de los trabajos prácticos del laboratorio y planta piloto, así como todo el material de vidrio requerido, termómetros digitales y espectrofotómetro.
- ✓ En Planta Piloto deberán estar en condiciones de uso el reactor tubular, dos bombas de desplazamiento positivo Milenio 035 y 300, tanques de alimentación de reactivos, recipiente para descarga de efluente, conexiones y válvulas correspondientes, así como el sistema de alimentación de energía eléctrica en condiciones de seguridad.

## 8. EVALUACIÓN

### Metodologías/ estrategias de evaluación

Detallar las estrategias de evaluación que permitan medir el grado de logro de las competencias que aborda la asignatura y los resultados de aprendizaje definidos, que podrán ser diagnósticas, formativas, sumativas, de proceso, autoevaluación o evaluación por pares, indicando la forma en que los alumnos acceden a los resultados de sus evaluaciones. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán en cada instancia de evaluación (como ser clases, trabajos prácticos, proyectos, exposiciones orales, cuestionarios, portafolios, exámenes parciales) y todo instrumento que permita al estudiante demostrar su nivel de desempeño y obtener una retroalimentación significativa para mejorar.

Indicar la modalidad mediante la cual se informa a los alumnos sobre las condiciones de regularización y aprobación directa de la asignatura.

Entendiendo la evaluación como un proceso, se tendrán en cuenta:

Evaluación diagnóstica: conocimientos previos, intereses y posicionamiento de los alumnos frente a la materia.

Evaluación formativa: dominio de habilidades procedimentales, comprensión de conceptos específicos, actitudes asumidas en clase y en relación con trabajos encargados, adecuación de estrategias, métodos y materiales utilizados.

Evaluación sumativa: administrada a través de exámenes parciales individuales, al finalizar el desarrollo de unidades seleccionadas, de acuerdo con las fechas y contenidos programados por la cátedra.

Instrumentos: Observación – Problemas individuales - Coloquios – Exámenes parciales - Rúbrica.

Se informa a los alumnos las condiciones de Aprobación directa y regularización el primer día de clases mediante una presentación. La misma también está subida en el aula virtual de la materia para que el alumno la consulte todas las veces que crea necesario.

### Condiciones de aprobación

#### Condiciones de Aprobación Directa

Describir las condiciones de aprobación directa, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

Para la fecha de finalización de clases, debe cumplir con los siguientes requisitos.

#### Trabajos Prácticos

- Tener el 100% de la asistencia a los trabajos prácticos.
- Tener el 100% aprobados de los exámenes previos a los TP. En el caso de no aprobarlo, el alumno realiza igualmente el TP y defiende el mismo en un coloquio.
- Tener el 100% de los informes aprobados.

#### Otras condiciones

- Tener el parcial aprobado con 6 o más (se puede recuperar en noviembre del año en curso).
- Asistencia a clases según lo establece la ordenanza 1549.



- Tener aprobado los dos complementos (los complementos no se recuperan).

#### Distribución de temas de parciales y complementos

- Parcial, es teórico - práctico e incluye los temas correspondientes a la unidad 1, 2 y 3.
- Complemento 1, es un examen teórico-práctico sobre las unidades 1, 2, 3 y 4. Modalidad escrita.
- Complemento 2, es un examen teórico-práctico sobre las unidades 5, 6, 7 y 8. Modalidad escrita y oral.

#### Condiciones de Aprobación No Directa

Describir las condiciones de aprobación no directa, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

Para alcanzar la condición de **Alumno regular**:

#### Trabajos Prácticos

- Tener el 80% de la asistencia a los trabajos prácticos.
- Tener aprobados el 100% de los exámenes previos a los TP. En el caso de no aprobarlo, el alumno realiza igualmente el TP y defiende el mismo en un coloquio.
- Tener el 100% de los informes aprobados (aunque el alumno no esté presente en el TP).

#### Otras condiciones

- Tener el parcial aprobado con 6 o más (se puede recuperar en noviembre del año en curso o en febrero del año próximo).
- Asistencia a clases según lo establece la ordenanza 1549.

#### Distribución de temas por parciales

- Parcial, es teórico - práctico e incluye los temas correspondientes a la unidad 1, 2 y 3.

#### Modalidad de Examen Final

Describir la modalidad utilizada en el examen final, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

El alumno que haya alcanzado la condición de Regular, podrá acceder a rendir el **Examen Final**:

Es un examen teórico – práctico de todas las unidades. Modalidad escrita y oral.

Antes del día del examen se les pide a los alumnos que tengan aprobado unos problemas proyecto.

Problemas proyecto, son problemas que se le brinda al alumno 45 días antes de rendir, para que realice en su casa ya que se necesita utilizar computadoras. Tiene un plazo de 30 días para entregarlos y debe tenerlo aprobado para poder rendir el examen final.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Detallar la bibliografía utilizada y recomendada en la asignatura (se sugiere citar según Normas APA).

#### 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. (2010). *Ingeniería de las reacciones químicas*. Reverté.
- ✓ Levenspiel, O. (2012). *El omnilibro de los reactores químicos*. Reverté.

#### Bibliografía optativa

- ✓ 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). Cecsá.
- ✓ 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.

#### Otros materiales del curso

- ✓ Apuntes de cátedra.
- ✓ Videos realizados por la cátedra.

## 10. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES Y CARGA HORARIA

### Cronograma

Detallar el cronograma semanal de clases, trabajos prácticos y evaluaciones previstos para el desarrollo de la asignatura. Marque el/los tipo/s de actividad/es que se realiza/n.

Sema na	Descripción de la Actividad	Tipo de Actividad		
		Teoría	Práctica	Evaluación
01	Presentación de la cátedra. Condiciones de cursado y aprobación de la asignatura. Presentación de los alumnos. UNIDAD 1: Cinética en sistemas homogéneos Introducción. Objeto de la cinética química. Estequiometría. Grado de avance. Conversión. Velocidad de reacción en sistemas de volumen constante. Constante de la velocidad de reacción. Orden de reacción. Ejercicio propuesto 1). Practica: Problemas 1, 4 y 5	*	*	
02	UNIDAD 1 (cont.) Velocidad de reacción a volumen variable. Modelos experimentales para interpretación de datos cinéticos. Método: de las velocidades iniciales (problema 10), Integral. Tiempo de vida media. Método diferencial y del Aislamiento. Practica: Problemas 2, 3, 6, 7	*	*	
03	Feriado			
04	UNIDAD 1 (cont.) Ecuación de Arrhenius (problema 19). Reacciones elementales y no elementales. Mecanismos de reacción: sin mecanismo en cadena y con mecanismo en cadena. Consistencia termodinámica. Reacciones autocatalíticas. Kahoot cinetica (dos). Practica: Problemas 8, 11, 12. Tarea: 9	*	*	
05	UNIDAD 2: Reactores ideales. Reactor TAD. Vol del reactor para una dada productividad. Ecuación de diseño a través del balance de masa y de la ecuación de continuidad. Problema propuesto 2). Practica: UNIDAD 1 (cont.): Problemas 13, 14 y 15. Pedir a los alumnos que estudien el TP 1. (Video)	*	*	
06	Mesa de examen			*
07	TP 1		*	*
08	Mesa de examen			*
09	UNIDAD 2 (cont): Tiempo y velocidades espaciales. Reactor MC. Reactor FP. Ecuación de diseño a través del balance de masa y de la ecuación de continuidad. Comparación gráfica de un reactor FP con un reactor MC. Ejercicio 9. Practica: UNIDAD 1 (cont.): Problemas 16, 17, 18, TAREA 20.	*	*	
10	Feriado			
11	UNIDAD 2 (cont): Reactores FP en serie y en paralelo. Concentración resultante en una mezcla de corrientes convergentes. Comparación gráfica de un reactor FP con dos reactores MC en serie. Reactores MC en serie: Para n=1 y n=2, resoluciones analíticas y gráficas. Factores adimensionales: Relaciones Tau y número de Damköller. Problemas 11 y 14. Practica: Problemas 1, 2, 3 (tarea 4)	*	*	
12	UNIDAD 2 (Cont.): Optimización de la disposición de reactores mezcla completa en serie de diferentes tamaños. Problema 12 de la guía 2. FP con recirculación. Problema alusivo. Optimización FP con reciclo. En práctica 5, 6 y 8 (Tarea 7)	*	*	
13	UNIDAD 2 (Cont.): Reactor semidiscontinuo con entrada de reactivo, sin salida de productos a volumen constante y a concentración de reactivo constante en la mezcla de reacción. Reactor semidiscontinuo (estado No estacionario): puesta en marcha de un MC conc. inicial de salida, volumen constante y variable, tiempo de puesta en régimen para MC. Gráficas. En	*	*	

	práctica: 10, 13 y 15			
14	<b>Mesa especial.</b> UNIDAD 3: Clasificación de las reacciones múltiples. Reacciones en paralelo: Calculo de las constantes cinéticas. Selectividad. Análisis cualitativo para un reactivo. Análisis cualitativo para dos reactivos. Ejemplos. Rendimiento. Análisis cuantitativo. Problemas 20 y 21. En práctica: 16, 25 y 26.	*	*	*
15	UNIDAD 3 (cont): Reacciones en serie: Estudio cualitativo para reacciones irreversibles. Estudio cuantitativo para reacciones irreversibles de primer orden en un reactor discontinuo. Gráficas. Aplicaciones a los distintos tipos de reactores. Reacción de orden cero, seguida de otra de primer orden. Reacción de primer orden seguido de otra de orden cero. Reacción de orden cero, seguida de otra de orden cero. Práctica se dan los problemas 27, 17 y 18 (tarea 19)	*	*	
16	UNIDAD 3 (cont): Reacciones serie- paralelo: Estudio cualitativo y cuantitativo. Determinación del máximo componente intermedio. Problema 24. UNIDAD 4: Flujo no ideal. Distribución de tiempos de residencia. Curva E y F. Tiempo medio de residencia. Varianza. Adimensionalización de las curvas E y F. Sistemas cerrados y abiertos. Función de distribución de edades para MC ideal. Kahoot: Flujo No Ideal 2020. En práctica 22, propuesto 1. Tarea 23	*	*	
17	Parcial			*
18	TP 2		*	*
19	Mesa de examen			*
20	UNIDAD 4 (Cont): Modelo de dispersión axial. Relación entre varianza adimensional y módulo de dispersión. Modelo de dispersión axial con reacción química. Modelo de tanques agitados en serie. Modelo de segregación. Modelo de Choulette Cloutier. Practica ejercicio NO ideal	*	*	
21	TP 3		*	*
22	UNIDAD 5: Conversión de equilibrio en función de la temperatura. Reactores no isotérmicos. Modelo monodimensional. Interrelación Balance de materia y balance de energía. Reactor discontinuo adiabático, temperatura límite. Reactor MC adiabático. FP adiabático. $X_A=f(T)$ , importancia de agregado de inertes. Terminar el ejercicio de No ideal (modelos)	*	*	
23	Mesa de examen y complemento 1			*
24	UNIDAD 5 (cont): Teoría de inestabilidad. Histéresis del estado estacionario. Condición operativa óptima. Condiciones de inestabilidad. Sistemas de optimización, estableciendo diferentes diagramas, ejemplo síntesis del $NH_3$ . Reactores NINA, FP. Método de la temperatura estimada. Optimización de reactores en serie, línea óptima de operación. Diagramas, $X_A=f(T)$ y $\ln(-r_A)=f(T)$ a distintas isolíneas de $X_A$ para reactores en serie. Practica: Ejercicio No isotérmico	*	*	
25	Feriado			
26	UNIDAD 6. Introducción y aspectos generales. Adsorción física y química. Teoría de Lagmuir. Teoría de Brummer, Enmet y teller (B.E.T) aplicables a multicapas. Volumen de monocapa. Superficie específica de catalizadores. Histéresis de adsorción. Distribución de tamaño macro y micro poros. Teoría de condensación y depresión capilar. Modelos cinéticos para reacciones catalizadas por sólidos. Modelos de Langmuir-Hinshelwood-hougen-Watson y Rideal – Eley. Avisar que vean el video del TP 4. Practica: Ejercicio No isotermino.	*	*	
27	TP 4		*	*
28	UNIDAD 6 (cont): Transferencia interna de materia y calor: Difusión con reacción química en una partícula de catalizador isotérmica. Módulo de Thiele. Factor de eficacia. Módulo de Thiele normalizado a la forma de la partícula y a cinéticas irreversibles de orden n. Factor de eficacia para pastillas de catalizador no isotérmicas. UNIDAD 8: Fermentación Enzimática: Introducción y aspectos generales, Cinética de Michaelis-Menten, Fermentador continuo de flujo pistón y de flujo mezclada. Procesos fermentativos con y sin inhibición competitiva	*		
29	UNIDAD 6 (Cont): 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. Graficas UNIDAD 8 (Cont.): Fermentación microbiana: Introducción y aspectos generales, distribución de productos y rendimientos fraccionales. Cinética de Monod. Efecto de los residuos nocivos. Fermentador continuo de flujo pistón y de flujo mezclado.			
30	<b>Mesa especial.</b> UNIDAD 8 (Cont.): Tiempo espacial de lavado. Tiempo espacial de mezclado óptimo. Operaciones utilizando concentración y recirculación de células. Fermentador de flujo en pistón con concentración de células y recirculación. Reciclo óptimo. UNIDAD 7: Heterogénea No catalítica solidó - fluido. Modelo de conversión progresiva. Modelo del núcleo sin reaccionar: partículas de tamaño constante. Determinación de la expresión de la velocidad. Modelo del núcleo sin reaccionar para partículas de tamaño decreciente. Determinación de la expresión de la velocidad. Determinación de la etapa controlante.	*		
31	UNIDAD 7 (cont): Aplicación al diseño para partículas de un solo tamaño y tamaños diferentes para distintas etapas controlantes. Sistemas con gas de composición constante y variable respectivamente. Similar para reactor MC para partículas de tamaño diferentes y tamaño constante respectivamente.	*		
32	Recuperatorio			*

### Distribución de la carga horaria total

Estimar la carga horaria destinada a cada tipo de actividad a desarrollar en la asignatura, tanto áulica como extra-áulica (no debe superar el 100% de la carga áulica).

	Carga horaria áulica	Carga horaria extra-áulica
Formación teórica	90	40
Ejercitación de aula y problemas tipo	50	30
Formación experimental	20	0
Análisis y resolución de problemas de ingeniería y estudio de casos	0	30
Formulación, análisis y desarrollo de proyectos	0	0
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

### Cronograma de las instancias de evaluación parciales e integración

Indicar las fechas tentativas de las instancias de evaluación previstas (parcial, globalizador, trabajo práctico, coloquio, exposición oral, proyecto, etc.) y sus respectivos recuperatorios (si corresponde).

Tipo de evaluación	Fecha	Observaciones
Coloquio	04/05/23	Trabajo práctico 1
Parcial teórico práctico de modalidad escrita	27/07/2023	Parcial
Coloquio	03/08/23	Trabajo práctico 2
Coloquio	24/08/23	Trabajo práctico 3
Parcial teórico práctico de modalidad escrita	07/09/23	Complemento 1
Coloquio	05/10/23	Trabajo práctico 4
Parcial teórico práctico de modalidad escrita	09/11/2023	Recuperatorio
Parcial teórico práctico de modalidad escrita y Oral	30/11/2023	Complemento 2
Parcial teórico práctico de modalidad escrita	08/02/ 2024	Globalizador

## 11. MODALIDAD Y HORARIOS DE CONSULTAS

Especificar modalidad, días, horarios y lugar de las consultas de la asignatura.

Las clases de consultas son publicadas en el aula virtual de la materia que se encuentra en el campus de la facultad o pueden pedirla a [fstoppani2000@yahoo.com.ar](mailto:fstoppani2000@yahoo.com.ar)

Las consultas son los jueves 17:00 h y 19:00 h en modalidad presencial.

También, se puede coordinar consultas virtuales a pedido del alumno.

## 12. ACTIVIDADES DE CÁTEDRA

### Actividades de Docencia

Detallar las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura; reuniones de asignatura y área, indicando cronograma previsto; dirección y supervisión de los y las estudiantes en trabajos de campo, pasantías, visitas a empresas, indicando cronograma previsto; atención y orientación al estudiantado; etc.

Están prevista tres reuniones de cátedra, una a mitad de año, una en la semana de mesas de diciembre y otra en la semana de mesas de febrero 2024.

También está prevista una reunión inter-cátedra con Fenómenos de Transporte y otra con la cátedra de Operaciones Unitarias II.

### Actividades de Investigación y/o Extensión (si corresponde)

Detallar las actividades de los docentes de la asignatura respecto a la función investigación/extensión; propuestas de la cátedra para introducir a las y los estudiantes a actividades de investigación/extensión.

## 13. OBSERVACIONES

Detallar cualquier otra observación no incluida en los apartados anteriores

.....  
Firma y aclaración del titular de cátedra  
o responsable del equipo docente