



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES



Universidad
Nacional
de Córdoba

Asignatura: **Ingeniería de las Reacciones Químicas**

Código: 10-09521	RTF	10
Semestre: octavo	Carga Horaria	96
Bloque: Tecnologías Aplicadas	Horas de Práctica	30

Departamento: Química Industrial y Aplicada

Correlativas:

- Correlativa 1 Balance de Materia y Energía
- Correlativa 2 Fenómenos de Transporte

Contenido Sintético:

- INTRODUCCIÓN
- REACTOR DISCONTINUO
- REACTOR SEMI-CONTINUO
- REACTOR CONTINUO DE MEZCLA COMPLETA
- REACTOR DE FLUJO PISTÓN
- REACCIONES SIMPLES
- REACCIONES MÚLTIPLES
- OPTIMIZACIÓN DE REACTORES
- CATÁLISIS HETEROGÉNEA
- FLUJO NO IDEAL

Competencias Genéricas:

- CG1 Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG2 Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG7 Comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 856-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

Competencias Específicas:

- CE3.1.2 Seleccionar, diseñar y proyectar equipos de procesos en industrias químicas y de servicios con base en el desarrollo tecnológico de acuerdo a las normas de higiene y seguridad, de manera sustentable.
- CE3.1.4 Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones.
- CE4.1.1 Planificar y supervisar la operación y mantenimiento de procesos e instalaciones utilizando recursos físicos, humanos, y tecnológicos; a través del desarrollo de criterios de selección de materiales y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes.

Presentación

Ingeniería de las Reacciones Químicas es una asignatura de cuarto año (octavo semestre) de la carrera de Ingeniería Química que es considerada como fundamental en la especialidad pues incorpora conocimientos específicos, diferentes a los adquiridos en otras ingenierías u otras carreras vinculadas a las ciencias químicas.

El abordaje a los contenidos de la materia implica el conocimiento de áreas de la ciencia que describen y estudian a las reacciones químicas – la estequiometría, el equilibrio químico, la termoquímica y la cinética química -, así como las que analizan las condiciones de entorno de dichas reacciones – fenómenos de transferencia de masa y energía -. Estos elementos constituyen las herramientas necesarias para el diseño, selección, operación y optimización de los reactores químicos.

La Ingeniería de las Reacciones Químicas (IRQ) es la rama de la Ingeniería Química dedicada al estudio, caracterización y diseño de reactores químicos. Un reactor químico es el recipiente en donde tiene lugar una transformación química siendo su diseño, fundamental para la producción industrial de casi todas las sustancias químicas. Esta disciplina involucra, concretamente, la especificación del reactor químico en cuanto a la configuración espacial (tipo y número), su modo de operación (continua o intermitente) y su tamaño o tiempo espacial.

En toda planta industrial, sea de proceso continuo o discontinuo, donde se producen transformaciones químicas, el reactor químico es el centro principal del proceso, todo el resto de los equipos de la planta fabril se diseñan para satisfacer las necesidades de alimentación de éste o para modificar sus efluentes a los efectos de poder comercializar la producción. La selección de un sistema de reacción que opere de la forma más segura y eficiente posible puede ser la clave del éxito o fracaso económico de una planta química. De allí la importancia medular de la asignatura en el marco de la carrera de Ingeniería Química.

Contenidos

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN

Reacción Química. Estequiometría. Equilibrio Químico. Elementos de Termodinámica. Ecuación de Vant' Hoff. Cinética química y velocidad de reacción. Ecuación de Arrhenius. Mecanismos de reacción. Determinación experimental de la ley de velocidad, métodos de análisis de datos. Definición de conversión. Estequiometría y conversión. Definición del factor de expansión en gases y efecto de inertes. Dependencia de la ley de velocidad con la conversión. Definición de reactor ideal. Derivación del balance molar general a partir del balance de masa por componente. Derivación del balance de energía a partir de la primera ley de la termodinámica aplicado a un volumen de control.

UNIDAD 2: REACTOR DISCONTINUO

Reactor Discontinuo o intermitente (RD). Descripción. Condición de idealidad. Aplicaciones. Ventajas y desventajas. Balance molar del RD. Balance de energía del RD para gases a presión constante y líquidos. Definición de la capacidad calorífica de mezcla. Balance de energía del RD para gases a volumen constante. Operación isotérmica en un RD.

Operación no isotérmica en un RD. Operación adiabática en un RD. Ejemplo de cálculo. Líneas de operación en gráfico X-T y estimación de tiempo de reacción en gráficos $1/(-r_A)$ vs. conversión (o concentración).

UNIDAD 3: REACTOR SEMI-CONTINUO

Reactor Semi-continuo (RSC). Descripción. Aplicaciones. Desventajas. Balances molares del RSC con la concentración como variable independiente. Caso especial: Balances molares para reacciones reversibles. Balance de energía del RSC. Operación isotérmica del RSC y ejemplo de cálculo. Operación no isotérmica y operación adiabática del RSC. Líneas de operación en gráfico X-T.

UNIDAD 4: REACTOR CONTINUO DE MEZCLA COMPLETA

Reactores de flujo estacionario. Definición de tiempo espacial. Reactor de mezcla completa (RMC). Descripción. Condiciones de idealidad. Aplicaciones. Ventajas y desventajas. Balance molar del RMC. Estimación del tiempo espacial en gráficos $1/(-r_A)$ vs. conversión (o concentración). Balance de energía del RMC. Punto de operación del RMC. Operación isotérmica en un RMC. Operación no isotérmica en un RMC. Operación adiabática en un RMC. Ejemplo de cálculo. Selección del punto de operación RMC. Reacciones exotérmicas en un RMC. Arranque de un RMC.

UNIDAD 5: REACTOR DE FLUJO PISTÓN

Reactor de flujo pistón (RFP). Descripción. Condiciones de idealidad. Aplicaciones. Ventajas y desventajas. Balance molar del RFP. Estimación del tiempo espacial en gráficos $1/(-r_A)$ vs. conversión (o concentración). Balance de energía del RFP. Operación no isotérmica en un RFP con la conversión o el caudal molar como bases de cálculo. Operación isotérmica en un RFP. Operación adiabática en un RFP. Ejemplo de cálculo.

UNIDAD 6: REACCIONES SIMPLES

Criterios de selección de reactores para reacciones simples. Comparación de tamaños. Batería de reactores de flujo: disposición en serie y en paralelo. Reactores de flujo en pistón con recirculación. Ejemplo de uso: reacciones autocatalíticas. Línea de operación y punto de operación. Concepto de progresión de Temperatura Óptima. Intercambio calórico en reactores según la termodinámica de la reacción. Operación Adiabática y estrategias para minimizar el volumen: incorporación de inertes, selección de la temperatura de entrada, intercambio calórico entre etapas de reacción, correcta selección del tipo de reactor.

UNIDAD 7: REACCIONES MÚLTIPLES

Reacciones múltiples en paralelo y en serie. Definición de selectividad y rendimiento instantáneo y rendimiento global. Reacciones paralelas: Selección de reactores según criterio de selectividad: análisis cualitativo para un reactivo y para dos reactivos. Gráficos rendimiento vs. Concentración. Ejemplo de cálculo. Reacciones en serie: Selección de reactores según criterio de selectividad: gráfico rendimiento vs. conversión. Ejemplo de cálculo. Reacciones complejas. Reacciones múltiples en gases. Balance de energía para reacciones múltiples. Progresión de temperatura para reacciones múltiples: análisis cualitativo.

UNIDAD 8: OPTIMIZACIÓN DE REACTORES

Organización del problema, variables de diseño y grados de libertad. Planteo de la función objetivo. Búsqueda de las condiciones óptimas. Funciones unimodales. Métodos de investigación directa, método diferencial. Funciones multimodales o discontinuas, método de búsqueda exhaustiva.

UNIDAD 9: CATÁLISIS HETEROGÉNEA

Etapas de una reacción catalítica heterogénea. Suposición de estado estacionario. Diferentes maneras de expresar la ley de velocidad en sistemas heterogéneos. Derivación de la expresión de la ley de velocidad: Balance microscópico molar del reactivo limitante en zona de difusión y reacción. Caso partícula no porosa. Caso partícula porosa. Definición del módulo de Thiele para leyes potenciales con distintos órdenes de reacción y geometría de partícula. Definición del factor de efectividad. Expresión de la velocidad de reacción según el tipo de régimen de catálisis. Estimación de resistencias controlantes. Reactores catalíticos: lecho empacado, lecho fluidizado, lecho móvil y reactor de suspensión. Aplicaciones, ventajas y desventajas. Balances molares de lecho empacado y de reactor de suspensión. Fabricación de catalizadores. Parámetros de catalizadores. Desactivación de catalizadores.

UNIDAD 10: FLUJO NO IDEAL

Reactores de flujo no ideal. Causales de la desviación de la idealidad. Distribución de edades de fluidos. Determinación de flujo defectuoso, utilización de trazadores. Métodos de estímulo respuesta, estímulo en impulso y en escalón. Modelos de aproximación, modelos de dispersión y de tanques en serie. Modelos combinados. Análisis de diagramas y propuestas de corrección.

Metodología de enseñanza

El desarrollo de la asignatura tiene el carácter teórico-práctico. Los trabajos prácticos se formalizan durante el dictado de las clases y en paralelo al análisis teórico del tema tratado. Por esta razón, dichos trabajos prácticos no se planifican por separado, los cuales consisten en ejercicios y problemas de aplicación relativos a cada Unidad Temática. Además, en forma paralela al desarrollo de los contenidos, los alumnos realizan un trabajo en equipo sobre la simulación de un reactor químico inserto en un proceso productivo específico. Dado este carácter teórico-práctico, la metodología de enseñanza adquiere los siguientes enfoques:

Enfoque Teórico: Se acerca al alumno el análisis puramente teórico del tema que se desarrolla. Comprende la construcción de definiciones, conceptos, deducciones analíticas de las expresiones involucradas y modelos gráficos de síntesis de la información.

Técnicas aplicadas

- *Exposición dialogada*: con esquema clásico de apertura, desarrollo y cierre con elaboración de conclusiones.
- *Recuperación colaborativa*: del contenido de clases anteriores a través de la exposición oral de conceptos por parte de los alumnos guiada por el docente.

- *Relevamiento de información:* En el contexto del trabajo en Equipo (ver debajo) al inicio del semestre los alumnos exponen oralmente un proceso productivo describiendo aspectos claves del o los reactor/es químico/s interviniente/s. Luego, el docente clasifica los reactores presentados en cuanto a los diferentes modos de operación, modo de contacto de reactivos y modos de intercambiar calor en el proceso, lo cual sienta la base para contextualizar la clasificación de reactores ideales.
- *Contenido multimedia:* el docente muestra a través de videos animados el funcionamiento de los reactores ideales y catalíticos así como el concepto de catálisis heterogénea.
- *Encuestas on-line:* El docente presenta una pregunta tipo múltiple opción. Luego, los alumnos disponen de un tiempo acotado para responder de forma anónima y elegir una opción empleando una aplicación desde sus celulares o a través de una plataforma virtual. Seguidamente, el docente muestra las respuestas en gráfico de barras y explica, justificando en forma teórica, cuál es la respuesta correcta.
- *Actividad "Lluvia de ideas vs. la web":* Al inicio de la clase el docente divide el alumnado en 4 equipos de trabajo. Luego entrega a cada uno observaciones experimentales en reactores catalíticos. Los alumnos disponen de 15 minutos para proponer en forma colaborativa las causas teóricas a dichas observaciones y 15 minutos posteriores para buscarlas en el web. Finalmente, se ponen en común la información recabada y el docente imparte luego los contenidos teóricos tendientes a explicar cada una de esas observaciones.

Enfoque Práctico: Se desarrollan los contenidos básicos con un enfoque centrado en la apropiación, por parte del alumno, de modelos de análisis y resolución de situaciones problemáticas. Se presentan a los alumnos una guía de ejercicios para cada unidad temática, los cuales han sido diseñados o seleccionados de manera de afianzar conceptos claves. Se solicita del alumno plantearlos individualmente o en grupos reducidos previo o durante las clases. Posteriormente, el docente atiende las consultas espontáneas que van surgiendo de los alumnos y luego desarrolla y explica detalladamente el modo de resolución utilizado y, si existieran, sus alternativas, extrayendo conclusiones. Se presentan situaciones-problemas con un orden de complejidad matemática creciente. Por tal motivo, las clases prácticas se desarrollan requiriendo de un utilitario matemático para la resolución numérica de ecuaciones algebraicas y diferenciales acopladas y para la representación gráfica de la resolución, de manera de visualizar el impacto de la modificación de los parámetros del ejercicio en el valor numérico del resultado.

Técnica aplicada

- **Inducción-deducción.** Se trata, en este nivel, de estimular al alumno en la transferencia de conocimientos y estrategias conocidas para solucionar situaciones nuevas. La participación del docente se centra como soporte del proceso de resolución de situaciones problemáticas (análisis de la información y razonamiento inductivo-deductivo conducente al logro del objetivo) actuando como facilitador del aprendizaje propio de cada alumno.

Enfoque teórico-práctico: Son clases teórico-prácticas que se coordinan entre dos docentes y se centran sobre un único ejercicio de aplicación cuidadosamente seleccionado de manera de impartir conocimientos y conceptos teóricos por medio de su resolución.

Técnica aplicada:

□ *Ejercicios disparadores*: Presentación por parte de los docentes, seguido de una propuesta de resolución por parte de los alumnos de ejercicios de cálculo que despiertan curiosidad e interés a la vez que sirven como “disparadores” para la construcción de los conceptos teóricos requeridos para su entendimiento. En estas clases el aula se divide en equipos de trabajo y se dispone de un tiempo estimado de trabajo, luego del cual el docente pone en común las principales conclusiones, el resultado correcto y seguidamente expone los conceptos teóricos relacionados.

Enfoque al Trabajo en Equipo: Esta actividad actúa como reforzamiento de conceptos y confrontación de modelos alternativos de resolución. La utilización de la complejidad creciente (modelos de un parámetro hacia modelos con combinación de parámetros) permite la apropiación ordenada de conceptos en la construcción del árbol de conocimientos. El formato de esta actividad puede variar entre diferentes cohortes, no obstante, persigue los mismos resultados de aprendizaje. De esta manera, se ha diagramado desde un formato puramente teórico tendiente a la selección de un proceso productivo y resolución de consignas de trabajo en relación con un reactor químico inserto en el proceso seleccionado, hasta la realización de un trabajo práctico de planta piloto donde se corrobora la predicción de concentración de especies y de temperatura de un reactor de flujo en donde transcurre una reacción reloj. En ambos casos, las consignas de trabajo incluyen el planteo de escenarios tendientes a orientar a los alumnos hacia el modelado y simulación del reactor o configuración de reactores, entre las cuales se identifican: La formulación y resolución de balances molares y energéticos; el planteo de suposiciones de simplificación; la simulación bajo diferentes condiciones de operación; la retroalimentación respondiendo a las inquietudes al inicio de la actividad, entre otras. Esta actividad se evalúa sobre un informe técnico presentado por el equipo de trabajo junto con los archivos soporte de cálculo.

Técnicas aplicadas:

□ *Aprendizaje basado en retos (ABR)*: Esta estrategia de enseñanza permite centrar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el estudiante, e introducir problemas abiertos y más próximos a su desempeño profesional.

□ *El debate virtual*: La totalidad de las consultas del equipo de trabajo y el intercambio de archivos (consignas e informes) se realizan por el laboratorio de educación virtual. Cada equipo de trabajo conforma un “grupo” dentro del aula virtual para la canalización de consultas.

Evaluación

En el marco de la propuesta teórico-práctica el equipo de cátedra ha decidido realizar el siguiente mecanismo de evaluación:

Evaluación individual: Se disponen tres instancias evaluativas con resolución de situaciones problemáticas, donde se evaluará los conocimientos teórico-prácticos del alumno (a realizarse en septiembre, octubre y noviembre, respectivamente), complementado por un recuperatorio. La extensión será de dos ejercicios a resolverse en un plazo de tiempo de dos horas. Los seis ejercicios son diseñados o seleccionados para evaluar los conceptos abordados según:

- Instancia 1 – ejercicio 1: Unidad 2 y 3
- Instancia 1 – ejercicio 2: Unidad 4 y 5
- Instancia 2 – ejercicio 1: Unidad 6
- Instancia 2 – ejercicio 2: Unidad 7
- Instancia 3 – ejercicio 1: Unidad 8
- Instancia 3 – ejercicio 2: Unidad 9

Evaluación grupal (trabajo en equipo): Se exige la elaboración de un trabajo en equipo de aplicación con las siguientes instancias: exposición oral o resolución de formularios y presentación de un informe. La modalidad de presentación es electrónica en ambos casos. En el informe se incluye el detalle de los cálculos realizados en el software empleado incluyendo el ¿cómo se hizo?, ¿qué se obtuvo?, la interpretación de los resultados y una conclusión final.

Coloquio oral: El coloquio final sobre conceptos teóricos requerido para la promoción consiste en un panel de preguntas conceptuales sobre los distintos tópicos tratados en la asignatura, que se desarrollará en simultáneo para cada equipo de trabajo, ante una mesa conformada por los docentes de la cátedra. En esta misma instancia se defenderá conceptualmente las decisiones llevadas a cabo en el Trabajo en Equipo en el modo de conversación socrática a la vez que cada integrante debe detallar cuales fueron sus roles y tareas en el desarrollo del mencionado Trabajo.

Condiciones de aprobación

Los resultados de cada instancia evaluativa individual y del trabajo grupal (en escala de 0 a 100) se promediarán para obtener la calificación final de cada alumno. Se determinan así las siguientes situaciones:

Alumnos Promovidos: A efectos de promocionar la asignatura deberán aprobar las instancias evaluativas individuales y el trabajo grupal con puntuación superior y/o igual al cuarenta por ciento, con una calificación final no inferior al setenta por ciento y rendir un coloquio final sobre los conceptos teóricos aplicados en el trabajo grupal.

Alumnos Regulares: Aquellos alumnos que habiendo aprobado todas las instancias evaluativas individuales (puntuación igual o mayor al cuarenta por ciento) no alcancen una calificación final mínima de setenta por ciento (70%), siempre que sea igual o superior al 60%, serán considerados alumnos regulares y podrán tener opción a aprobar la asignatura en el cuatrimestre siguiente (9º de la carrera) mediante la presentación de un trabajo escrito

sobre un tema o problemática específica, que se considerará como un reparcializado de acuerdo a las normas de la Facultad.

Alumnos Libres: Quedarán en condición de alumnos libres quienes, luego del recuperatorio, no alcancen los requisitos previstos precedentemente para promover o regularizar la materia. Es de aclarar que la puntuación del recuperatorio reemplaza en forma directa a la de la instancia evaluativa recuperada y que el alumno podrá escoger la instancias evaluativa a recuperar (solo podrá recuperar uno de ellos). Los alumnos libres pueden optar por el redictado de la asignatura en el siguiente cuatrimestre (novenos).

Los alumnos regulares que opten por presentar el trabajo escrito en el reparcializado (individual o máximo entre dos alumnos) deberán hacerlo durante el primer cuatrimestre del año siguiente al del cursado de la asignatura, teniendo como fecha última de aprobación la correspondiente a la semana final de dictado de clases de ese cuatrimestre, según lo exprese el calendario académico de cada año.

Aquellos alumnos que participen del re-dictado de la materia durante el noveno cuatrimestre, tendrán únicamente la opción de la promoción sin la posibilidad del recuperatorio, debiendo cumplir con todos los requisitos aquí expuestos para alcanzar dicha condición (aprobar las tres instancias evaluativas individuales con promedio igual o superior al 70 %, haber presentado el trabajo grupal durante el cuatrimestre anterior y haber participado del coloquio oral).

Actividades prácticas y de laboratorio

Durante cada cohorte la cátedra podrá optar entre las siguientes actividades prácticas:

T.P. Trabajo grupal de aplicación

Actividad 1: Selección de reactor industrial dentro de un proceso productivo (búsqueda bibliográfica de proceso y propiedades del sistema y presentación oral)

Actividad 2: Resolución de problemas abiertos, planteadas por un docente-tutor en función de la información recabada.

T.P. Reacción reloj en operación de flujo

Actividad 1: Predicción de performance de un reactor de flujo escala piloto

Experiencia 1: Calibración de una bomba peristáltica.

Experiencia 2: Puesta en régimen del reactor de flujo.

Actividad 2: Resolución de un problema abierto.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

<i>Competencias</i>	<i>El estudiante...</i>
---------------------	-------------------------

<p>Genérica: 1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.</p> <p>Específica: CE3.1.4 Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Identifica el tipo de reactor ideal y su modo de operación con respecto a la variable temperatura en un sistema reaccionante bajo estudio. o Formula los balances de masa y de energía acorde al modelo de flujo propuesto en un sistema reaccionante bajo estudio. o Interrelaciona la conversión, la estequiometría y el factor de expansión en un sistema de reacción simple gaseoso. o Estima el grado de retardo difusional existente en un catalizador poroso y no-poroso según datos del sistema proporcionado. o Formula la función objetivo para el diseño óptimo de un reactor ideal. o Interpreta una consigna de trabajo correspondiente a un reactor químico inserto a un proceso químico. o Escribe los balances de masa y de energía acorde al modelo de flujo propuesto en un sistema reaccionante bajo estudio en un utilitario matemático o Aplica las metodologías de cálculo de reactores químicos según su modo de operación. o Grafica la línea o el punto de operación de un reactor químico. o Simula el perfil de especies de un sistema reaccionante de un reactor ideal con un utilitario matemático. o Calcula el rendimiento a la salida de un reactor o configuración de reactores en un sistema con reacciones múltiples. o Identifica las desviaciones del flujo ideal y sus posibles causas y formula acciones para reducir esas desviaciones.
<p>Genérica: 2 Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).</p> <p>Específica: CE3.1.2 Seleccionar, diseñar y proyectar equipos de procesos en industrias químicas y de servicios con base en el desarrollo tecnológico de acuerdo a las normas de higiene y seguridad, de manera sustentable</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Dimensiona el reactor bajo estudio a partir de los datos cinéticos, termodinámicos y las variables de proceso proporcionados. o Selecciona el reactor adecuado y su modo de operación con respecto a la variable temperatura bajo el criterio productividad según las propiedades cinéticas y termodinámicas de un sistema bajo estudio. o Obtiene el mejor arreglo para reactores en serie o en paralelo. o Selecciona el reactor adecuado y su modo de operación con respecto a la variable temperatura bajo el criterio selectividad según las propiedades cinéticas y termodinámicas de un sistema bajo estudio. o Dimensiona un reactor catalítico ideal a partir de los datos cinéticos, termodinámicos y las variables de proceso proporcionados. o Dimensiona el reactor óptimo de acuerdo con la función objetivo de diseño óptimo planteada. o Especifica variables de proceso en un reactor químico a través de su simulación matemática
<p>Específica: CE4.1.1 Planificar y supervisar la operación y mantenimiento de procesos e instalaciones utilizando recursos físicos, humanos, y tecnológicos; a través del</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Determina las condiciones de operación de reactores químicos o baterías de reactores químicos para incrementar la productividad y eficiencia de las instalaciones industriales. o Modifica las condiciones de diseño y de operación de reactores químicos a efectos de optimizar el proceso productivo, incrementado las utilidades o disminuyendo costos. o Define las adecuaciones necesarias para mejorar la producción efectiva de una instalación industrial modificando

desarrollo de criterios de selección de materiales y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes.	las condiciones de diseño y operación a efectos de disminuir las desviaciones al flujo ideal.
Genérica: Comunicarse con efectividad	<ul style="list-style-type: none"> o Manifiesta el rol y las tareas desempeñadas dentro de un equipo de trabajo. o Expresa con claridad una inquietud o una idea de manera concisa y ordenada. o Establece suposiciones que delimiten los alcances de los resultados de una simulación de un reactor químico o Elabora informes de trabajo de manera clara y ordenada. o Grafica resultados de una simulación matemática de manera clara y prolija o Expone oralmente un informe de trabajo de manera clara y ordenada con el volumen y tiempo adecuados. o Elabora informes de trabajo y propuestas de mejora de manera clara y ordenada.

Bibliografía

OBLIGATORIA:

1. Levenspiel, Octave. (2012). Ingeniería de las Reacciones Químicas. Editorial Limusa S.A. De C.V.
2. Fogler, Scott H. (2016). Elements of Chemical Reaction Engineering (5th Edition) Editorial Prentice Hall. Disponible en: <http://umich.edu/~elements/5e/>

AMPLIATORIA:

1. Gómez García, Miguel Ángel. (2012). Elementos para el análisis y diseño de reactores químicos. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 978-958-761-034-5
2. Bea Sánchez, José Luis. (2012). Reactores Químicos. Síntesis. ISBN 849-077-341-6
3. Medina Valtierra, Jorge y Camarillo Martínez, Gabriela. (2019). Modelamiento y casos especiales de la cinética química heterogénea. CULagos UDG. ISBN: 6075471723, 9786075471723
4. Otón Martínez, Juliana. (2016) Elementos de reacción y reactores químicos: (incluye ejercicios resueltos). Vivelibro. ISBN: 8416875502, 9788416875504
5. Gilbert F. Froment, Kenneth B. Bischoff, Juray De Wilde (2010) Chemical Reactor Analysis and Design. 3rd Edition Editorial John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0470565414