

Fecha de aprobación: 28/06/2023

Guía docente de la asignatura

**Ingeniería Química (2911134)**

<b>Grado</b>	Grado en Química	<b>Rama</b>	Ciencias				
<b>Módulo</b>	Complementos de Química	<b>Materia</b>	Ingeniería Química				
<b>Curso</b>	3º	<b>Semestre</b>	1º	<b>Créditos</b>	9	<b>Tipo</b>	Obligatoria

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Tener cursada la asignatura Química Física II  
Tener conocimientos adecuados sobre equilibrio químico, transmisión de calor, cálculo diferencial e integral y métodos numéricos.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)**

Proceso químico e Industria química. Balance de materia y energía. Mecanismos de transporte. Transporte molecular y convectivo. Operaciones unitarias: circulación de fluidos, transmisión de calor y transferencia de materia. Diseño de reactores químicos. Laboratorio sobre propiedades termodinámicas y de transporte, circulación de fluidos, transmisión de calor, transferencia de materia y cinética química aplicada.

**COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA****COMPETENCIAS GENERALES**

- CG01 - El alumno deberá adquirir la capacidad de analizar y sintetizar
- CG02 - El alumno deberá adquirir la capacidad de organizar y planificar
- CG03 - El alumno deberá adquirir la capacidad de comunicarse de forma oral y escrita en la lengua oficial del Grado
- CG08 - El alumno deberá adquirir la capacidad de trabajar en equipo
- CG09 - El alumno deberá adquirir la capacidad de razonar críticamente

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE01 - El alumno deberá saber o conocer los aspectos principales de terminología química, nomenclatura, convenios y unidades
- CE02 - El alumno deberá saber o conocer las propiedades características de los elementos químicos y sus compuestos, incluyendo las relaciones en los grupos y las tendencias en la



### Tabla Periódica

- CE14 - El alumno deberá saber o conocer la estructura y reactividad de las principales clases de biomoléculas y la química de los principales procesos biológicos
- CE15 - El alumno deberá saber o conocer los fenómenos y procesos relacionados con la Ingeniería Química
- CE16 - El alumno deberá saber o conocer las operaciones unitarias en Ingeniería Química
- CE25 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de evaluar e interpretar datos e información Química
- CE26 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de organizar y ejecutar tareas del laboratorio químico, así como diseñar la metodología de trabajo a utilizar
- CE27 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de aplicar conocimientos químicos adquiridos a la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos según modelos previamente desarrollados
- CE28 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de utilizar buenas prácticas de laboratorio químico
- CE29 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de presentar, tanto de forma escrita como oral, material y argumentación científica a una audiencia especializada
- CE30 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de utilizar razonadamente las herramientas matemáticas e informáticas para trabajar con datos químicos
- CE34 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de observar, seguir y medir propiedades, eventos o cambios químicos.
- CE35 - El alumno deberá saber hacer o tener la capacidad de interpretar los datos procedentes de observaciones y medidas en el laboratorio en términos de su significación y de las teorías que la sustentan

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Al finalizar esta materia el alumnado deberá: Adquirir los conocimientos necesarios para construir un diagrama de flujo general de un proceso y discutir las operaciones unitarias involucradas, así como para definir e interpretar cualitativa y simplificada diagramas de flujo de procesos industriales, identificando operaciones y equipos básicos de una planta química. Alcanzar cierta destreza y clasificar los procesos de separación en función de los principios fisicoquímicos, termodinámicos y de fenómenos de transporte que intervienen en el proceso químico industrial. Dominar los conocimientos teóricos necesarios para plantear y resolver los balances de propiedad que describen el cambio en un sistema debido al intercambio de materia, cantidad de movimiento y calor. Tener los conocimientos necesarios para describir matemáticamente el funcionamiento de reactores químicos y aplicar dichos conocimientos al diseño de reactores industriales. Reconocimiento de la importancia de la planificación, del desarrollo y del control de los procesos químicos realizados a través de la Ingeniería Química, así como de la importancia económica de la Química Industrial. Disponer de los fundamentos teóricos que le capacitan para la representación de los procesos industriales mediante diagramas de flujo identificando correctamente los equipos y las operaciones unitarias implicadas así como para la selección de las operaciones adecuadas en diferentes situaciones prácticas. Capacidad para plantear y resolver balances de propiedad tanto en estado estacionario como no estacionario, seleccionando la metodología particular para resolver los diferentes problemas industriales. Destreza en el comportamiento de los reactores químicos sencillos y capacidad de aplicar estos conocimientos al diseño de reactores. Habilidad para desarrollar modelos teóricos y teórico-experimentales sencillos capaces de ser utilizados en la cuantificación de los sistemas reales, determinando su validez y alcance. Poder explicar de manera comprensible fenómenos y procesos relacionados con la Ingeniería Química.



## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

## TEÓRICO

**Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA QUIMICA.** Conceptos generales. Procesos químico-industriales. Diagramas de flujo. Sistemas de unidades. Factores de conversión. Módulos adimensionales.

**Tema 2. BALANCES DE MATERIA: SISTEMAS SIN Y CON REACCIÓN QUÍMICA.** Principio de conservación. Definición de Balances. Balances sin reacción química y estado estacionario. (Una unidad. Varias unidades.). Balances con reacción química y estado estacionario. (Una unidad. Varias unidades).

**Tema 3. BALANCES DE ENERGÍA: APLICACIONES.** Balances de energía. Balances de energía en sistemas cerrados. Balances de energía en sistemas abiertos. Balances entálpicos. Vapor de agua como agente de calefacción. Propiedades termodinámicas del vapor de agua. Diagrama de Mollier.

**Tema 4. FENÓMENOS DE TRANSPORTE.** Introducción a los fenómenos de transporte. Densidad de flujo por transporte de cantidad de movimiento. Densidad de flujo por transporte de energía. Densidad de flujo por transferencia de materia. Transporte molecular y convectivo.

**Tema 5. TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO. CIRCULACIÓN DE FLUIDOS.** Circulación de fluidos por conducciones. Circulación en régimen laminar. Circulación en régimen turbulento. Leyes experimentales del rozamiento. Ecuación de continuidad. Ecuación de Bernoulli. Medida de caudales de circulación.

**Tema 6. TRANSPORTE DE ENERGÍA: CONDUCCIÓN. CONVECCIÓN. CAMBIADORES DE CALOR. EVAPORADORES.** Transmisión de calor. Conducción de calor. Conducción de calor en estado estacionario. Convección. Cambiadores de calor. Evaporadores.

**Tema 7. TRANSFERENCIA DE MATERIA I: DESTILACIÓN.** Equilibrio líquido-vapor. Destilación de mezclas binarias. Destilación simple, continua o de equilibrio. Destiladores de equilibrio en serie. Destilación con reflujo. Cálculo de columnas de rectificación.

**Tema 8. TRANSFERENCIA DE MATERIA II: EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO.** Equilibrio líquido-líquido. Sistemas formados por fases inmiscibles: Contacto simple, simple repetido y múltiple en contracorriente. Sistemas formados por fases parcialmente miscibles: Contacto simple, simple repetido y múltiple en contracorriente.

**Tema 9. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE LA REACCIÓN QUÍMICA.** Clasificación de las reacciones químicas. Velocidad de reacción. Reactor discontinuo mezcla perfecta. Reactores continuos: mezcla perfecta y flujo de pistón. Reactor continuo mezcla perfecta en serie. Comparación entre los reactores continuos.

## PRÁCTICO

## SEMINARIOS

- Seminario 1. Magnitudes y unidades, análisis dimensional.
- Seminario 2. Representaciones gráficas de diagramas de equilibrio e interpretación de datos experimentales.
- Seminario 3. Balances de materia sin reacción química.
- Seminario 4. Balances de materia con reacción química.

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

- **Práctica 1. EXPERIMENTO DE REYNOLDS. DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN.** Observación, mediante la inyección de un tinte en agua que fluye por un tubo, del flujo laminar, de transición, turbulento y el perfil de velocidad en régimen laminar.
- **Práctica 2. RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS EN COLUMNAS DE PISOS.** Determinación del número mínimo de pisos y eficacia de piso de una columna de rectificación para una mezcla etanol-agua por el método gráfico de McCabe-Thiele.



- **Práctica 3. CIRCULACIÓN DE LÍQUIDOS POR CONDUCCIONES: MEDIDA DE CAUDALES Y PÉRDIDAS DE CARGA.** Cálculo del factor de fricción a partir de la ecuación de Fanning, determinación gráfica de la rugosidad relativa media en función de  $f$  y el número de Reynolds, y el cálculo del coeficiente de pérdidas por rozamiento ( $k$ ) para distintos accesorios.
- **Práctica 4. CIRCULACIÓN DE FLUIDOS EN RÉGIMEN NO ESTACIONARIO. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DEL CAPILAR.** Aplicación del balance de energía mecánica en un sistema no estacionario con un fluido newtoniano para la determinación del diámetro de un capilar por el que circula.
- **Práctica 5. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR.** Determinación del coeficiente global de transmisión de calor entre un fluido que circula por un serpentín sumergido en un baño. Estudio del efecto de calor tanto la variación del caudal de líquido a través del serpentín, como de la agitación del baño.
- **Práctica 6. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO. EQUILIBRIO DE REPARTO.** Determinación del coeficiente de reparto de cafeína en equilibrio entre dos fases completamente inmiscibles, agua y diclorometano.
- **Práctica 7. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.** Resolución de balances de materia y energía en estado estacionario y no estacionario, en un equipo experimental, pudiendo estudiar la influencia de la recirculación.
- **Práctica 8. ESTUDIO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.** Curvas característica de una bomba, bombas en serie y bombas en paralelo. Fenómeno de cavitación.
- **Prácticas 9 y 10. CINÉTICA QUÍMICA APLICADA I y II.** Análisis para un reactor continuo tanque agitado. Estudio de la dependencia de la constante de velocidad con la temperatura. Cálculo de la energía de activación y el factor de frecuencia. Análisis para un reactor flujo pistón continuo, determinando la constante de velocidad.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Operaciones básicas en general:

- G. Calleja Pardo, F. García Herruzo, A. de Lucas Martínez, D. Prats Rico, J.M. Rodríguez Maroto (1999). **Introducción a la Ingeniería Química.** Editorial Síntesis (Madrid). ISBN: 8477386641
- W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriot (2007). **Operaciones unitarias en Ingeniería Química.** McGraw Hill Interamericana (México). ISBN: 0072848235
- J. Ocón, G. Tojo (1980). **Problemas de Ingeniería Química. Operaciones básicas. Tomo I.** Aguilar ediciones (Madrid). ISBN: 8403201052
- J. Ocón, G. Tojo (1980). **Problemas de Ingeniería Química. Operaciones básicas. Tomo II.** Aguilar ediciones (Madrid). ISBN: 8403202202
- J. Costa López, S. Cervera March, F. Cunill García, S. Esplugas Vidal, J. Mata Álvarez (1984). **Curso de ingeniería química. Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte.** Editorial Reverté. ISBN: 9788429171266

Balances de materia y energía:

- G.V. Reklaitis, D.R. Schneider (1989). **Balances de materia y energía.** McGraw Hill. ISBN: 9789684225336
- D.M. Himmelblau (1998). **Balances de materia y energía.** Prentice Hall Hispanoamericana. ISBN: 9789688801208
- J.F. Izquierdo, J. Costa, E. Martínez de la Osa, J. Rodríguez, M. Izquierdo (2015). **Introducción a la ingeniería química. Problemas resueltos de balances de materia y energía.** Editorial Reverté. ISBN: 9788429171167
- O.A. Hougen, K.M. Watson, R.A. Ragatz (1982). **Principios de los procesos químicos I.**



**Balances de materia y energía.** Editorial Reverté. ISBN: 9788429140514

- R.M. Felder R.W. Rosseau (2009). **Principios elementales de los procesos químicos.** Limusa Wiley. ISBN: 9789681861698

Flujo de fluidos:

- O. Levenspiel (1993). **Flujo de fluidos e intercambio de calor.** Editorial Reverté (Barcelona). ISBN: 9788429179682
- J.M. Coulson, J.F. Richardson, J.R. Backhurst, J.H. Harker (1999). **Chemical Engineering Volume 1: Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer.** Elsevier. ISBN: 9780750644440
- R.L. Mott (2006). **Mecánica de Fluidos Aplicada.** Pearson Education. ISBN: 9702608058
- R. Darby, R.P. Chhabra (2016). **Chemical Engineering Fluid Mechanics.** CRC Press. ISBN: 9781315370675

Transmisión de calor:

- E. Costa Novella, G. Calleja Pardo, G. Ovejero Escudero, A. de Lucas Martínez, J. Aguado Alonso, M.A. Uguina Zamorano (1986). **Ingeniería Química 4: Transmisión del calor.** Editorial Alhambra (Madrid). ISBN: 842051408X
- J.P. Holman (1998). **Transferencia de Calor.** Mc Graw Hill (Madrid). ISBN: 9788448120405
- W.H. McAdams (1970). **Transmisión de calor.** Ediciones del Castillo.
- J.H. Herranz Arribas (1979). **Procesos de transmisión de calor. Exposición y problemas resueltos.** Ediciones del Castillo. SIBN: 8421901656
- A.J. Chapman (1977). **Transmisión del calor.** Interciencia. ISBN: 8472430170

Transferencia de materia:

- A. Marcilla, A. Gómez, A.N. García, M.I. Beltrán, M.M. Olaya, J.A. Labarta (2022). **Operaciones de separación de transferencia de materia.** Editorial Síntesis. ISBN: 9788413571775
- P.J. Martínez de la Cuesta, E. Rus Martínez (2004). **Operaciones de separación en ingeniería.** Pearson Educación. ISBN: 9788420542508
- F.J. Richardson, J.H. Harker, J.R. Barkhurst (2002). **Chemical Engineering Volume 2: Particle technology and separation processes.** Butterworth Heinemann. ISBN: 0750644451
- E. Henley, J. Seader (1987). **Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química.** Editorial Reverté. ISBN: 9788429179088
- A.L. Hines, R.N. Maddox (1987). **Transferencia de masa: fundamentos y aplicaciones.** Prentice-Hall Hispanoamericana. ISBN: 9688801127

Reactores químicos:

- O. Levenspiel (2010). **Ingeniería de las reacciones químicas.** Editorial Reverté (Barcelona). ISBN: 9788429191820
- J.M. Santamaría, J. Herguido, M.A. Menéndez, A. Monzón (1999). **Ingeniería de reactores.** Editorial Síntesis. ISBN: 9788477386650

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Manuales enciclopédicos:

- R.H. Perry, D.W. Green (2001). **Manual del ingeniero químico 7 ed..** McGraw Hill. ISBN: 9788448130084 (Vol. I) & 9788448130084 (Vol. II).
- Mcketta, M. Dekker. **Encyclopedia of chemical processing and design.** CRC Press. 61 tomos de diferentes años

## ENLACES RECOMENDADOS

Propiedades fisicoquímicas del vapor de agua:

- Densidad y viscosidad de diversos fluidos (Engineers Edge):



[http://www.engineersedge.com/fluid\\_flow/fluid\\_data.htm](http://www.engineersedge.com/fluid_flow/fluid_data.htm)

- Propiedades físicas del agua y vapor de agua (Therm Excel):  
[http://www.thermexcel.com/english/tables/eau\\_atm.htm](http://www.thermexcel.com/english/tables/eau_atm.htm)

Datos de equilibrio entre fases:

- Datos de equilibrio L-V de sistemas binarios (DDBST GmbH):  
<http://www.ddbst.com/en/EED/VLE/VLEindex.php>
- Datos de equilibrio L-L de sistemas ternarios (DDBST GmbH):  
<http://ddbonline.ddbst.com/DDBSearch/onlineddboverview.exe?submit=DDBSystems&databank=LLE#Ternary@Mixtures>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva.
- MD02 - Resolución de problemas y estudios de casos prácticos.
- MD03 - Prácticas de laboratorio.
- MD06 - Seminarios.
- MD08 - Realización de trabajos en grupo.
- MD09 - Realización de trabajos individuales.

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Para suprimir en gran parte la trascendencia de los exámenes y darle su justa medida, para tener en cuenta varios puntos de referencia, se pueden considerar las siguientes bases:

Valoración de la labor realizada en actividades voluntarias, que incluirá los problemas que esporádicamente se puedan recoger a lo largo del curso; aunque estos no son datos muy fidedignos, la experiencia muestra que superados los dos primeros meses sólo los entregan los alumnos que realmente los han realizado. Otra actividad de carácter voluntario a considerar es la entrega de trabajos relacionados con la asignatura. Se evalúan en este apartado las siguientes competencias CG2, CG6, CG9 y CG10. 3 puntos en este apartado.

Calificación del trabajo de laboratorio, que se realizará basándose en el plan de trabajo propuesto, el informe final presentado y en el desarrollo del trabajo en el laboratorio. La nota mínima necesaria será de 5 puntos sobre diez que se corresponde a la asistencia y entrega de guiones de al menos 8 sesiones prácticas, estando justificadas las faltas de asistencia. Aquellos alumnos que durante el curso no hayan obtenido una calificación mínima en el trabajo de laboratorio realizarán un examen oral de prácticas en el laboratorio. Se evaluarán las siguientes competencias: CG5, CE25, CE27, CE35, CE26, CE28, CE29, CE30, CE34. 1 punto en este apartado. Calificación de un examen final, en el que se incluiría toda la materia. Competencias evaluadas: CG2, CG6, CG9, CE0, CE1, CE15, CE16 y CE17. 6 puntos en este apartado.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Examen escrito teórico/práctico del todo el temario incluidas las prácticas (100% de la nota final).

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL



Se realizará en un solo acto académico el día de la convocatoria oficial de examen para la asignatura. Se realizará este tipo de evaluación a aquellos estudiantes a los que se les haya concedido, según la normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la UGR aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión extraordinaria de 20 de mayo de 2013 y modificada por los Acuerdos del Consejo de Gobierno en sesiones de 3 de febrero de 2014, de 23 de junio de 2014 y de 26 de octubre de 2016.

Esta evaluación final constará de dos pruebas, una prueba que consistirá en la realización de un examen teórico de todo el temario, y otra prueba de carácter numérico que consistirá en la resolución de varios problemas relativos al todo el temario incluidas las prácticas. Las pruebas se valorarán hasta un 30% y un 70% respectivamente, siendo la nota final la suma ponderada de ambas. El alumno necesitará obtener una nota mínima del 3,5 (sobre 10) para que se realice la media entra las dos pruebas.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

La asistencia y participación activa a las clases prácticas es de crucial importancia para la adquisición de los conocimientos y competencias de esta asignatura por lo que se recomienda un seguimiento activo de dichas clases.

Los horarios de clases teóricas y prácticas y las fechas de exámenes ordinarios y extraordinarios son publicados antes del inicio del curso académico en la web oficial de la Facultad de Ciencias: <http://fciencias.ugr.es/>

