

Curso
2026/2027

Guía Docente:

OPERACIONES CON SOLIDOS



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS



1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Grado en Ingeniería Química			Código	801560
Asignatura	Operaciones con sólidos			ECTS	6
Materia	Operaciones de la Industria Química				
Módulo	Tecnología Química				
Carácter	Optativo	Curso	Cuarto	Semestre	Segundo
Departamento responsable	Ingeniería Química y de Materiales				

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	ARACELI RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ	arodri@ucm.es	QA-168
Tª/S/Tut. Lab.	EDUARDO DÍEZ ALCÁNTARA	ediezalc@ucm.es	QP-110
Lab.	DAVID LORENZO FERNANDEZ	dlorenzo@ucm.es	QAB-60

Laboratorio Operaciones con Sólidos

Grupo	Profesor	Email	Despacho
A1	DAVID LORENZO FERNANDEZ	dlorenzo@ucm.es	QAB-60
A2	EDUARDO DÍEZ ALCÁNTARA	ediezalc@ucm.es	QP-110

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Estudio de las características de las sustancias sólidas, principalmente en forma granular o pulverulenta, y de las distintas operaciones de interés en Ingeniería Química que implican el manejo de dichas sustancias.

Objetivos específicos

- Conocer y comprender las propiedades primarias y secundarias de los sólidos particulados.
- Describir y dimensionar las operaciones de clasificación, reducción y aumento de tamaño.
- Describir y comprender los mecanismos de mezcla y segregación.
- Describir los métodos de transporte y almacenamiento de sólidos.
- Describir y dimensionar diferentes operaciones básicas mecánicas que implican sólidos particulados en corrientes fluidas.

3. CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

Conocimientos previos

El seguimiento adecuado de esta asignatura requiere que el estudiante haya adquirido previamente los conocimientos y competencias correspondientes a las siguientes asignaturas: Fundamentos de Ingeniería Química. Aunque la matrícula no esté formalmente condicionada por tales antecedentes académicos, el dominio efectivo de dichos

conocimientos resulta esencial para cursar esta asignatura con posibilidades razonables de aprovechamiento.

Recomendaciones

Es recomendable que el estudiante tenga un nivel básico de inglés que le permita manejar bibliografía en inglés, realizar búsquedas de información y comunicarse por escrito y oralmente en ese idioma. Asimismo, es recomendable que esté familiarizado con herramientas y programas informáticos para la resolución de problemas complejos, así como con aplicaciones para la redacción, edición y presentación de informes técnicos.

4. CONTENIDOS

Breve descripción de los contenidos

Análisis del tamaño de partícula en polvo. Desintegración mecánica de sólidos. Otros métodos de reducción de tamaño de partículas. Aumento del tamaño de partículas. Mezcla y segregación. Almacenamiento de Sólidos. Fluidización. Transporte de sólidos. Separación de sólidos en corrientes fluidas. Seguridad.

Programa

Unidad didáctica I: Caracterización de sólidos

Tema 1.

Caracterización de partículas sólidas. Propiedades primarias y secundarias. Técnicas de caracterización. Toma de muestras.

Tema 2.

Partículas individuales. Descriptores de forma y tamaño.

Tema 3.

Sustancias pulverulentas. Reología de sólidos pulverulentos.

Unidad didáctica II: Acondicionamiento de tamaño

Tema 4.

Reducción de tamaño. Mecanismos de fractura. Requerimientos energéticos de la molienda. Equipo.

Tema 5.

Aumento de tamaño. Aglomeración y compactación. Equipo.

Unidad didáctica III: Almacenamiento, clasificación y mezcla

Tema 6.

Clasificación de sólidos. Tamizado. Equipo.

Tema 7.

Mezclado y segregación de sólidos. Tipos de mezcladores. Mezclado de sustancias cohesivas. Segregación de mezclas de partículas.

Tema 8.

Almacenamiento y flujo de sólidos. Tolvas: tipos, diseño. Flujo de sólidos.

Unidad didáctica IV: Interacciones sólido-fluido

Tema 9.

Fluidización. Tipos de lechos fluidizados. Velocidad mínima de fluidización. Lechos burbujeantes. Arrastre. Transmisión de calor.

Tema 10.



Transporte de sólidos. Transporte neumático e hidráulico. Transporte en fase diluida y en fase densa.

Tema 11.

Limpieza de gases. Operaciones de separación sólido-gas. Filtración de gases. Separación ciclónica. Separación electrostática Separadores húmedos.

Unidad didáctica V: Aspectos prácticos

Tema 12.

Seguridad y riesgos en el manejo de sustancias pulverulentas. Explosión e incendio en sustancias pulverulentas. Aplicación a procesos industriales. Riesgos para la salud.

Tema 13.

Casos prácticos de procesos de fabricación relacionados con la tecnología de sólidos. El caso de la fabricación de cemento. Industria Alimentaria y Farmacéutica. Fabricación de fertilizantes y tratamiento de minerales.

5. COMPETENCIAS

Generales

CG1-TQ1	Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías.
CG1-TQ2	Diseñar y gestionar procedimientos de experimentación aplicada, especialmente para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y de modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, operaciones de transferencia de materia, cinética de las reacciones químicas y reactores.
CG1-TQ3	Diseñar, gestionar, simular y controlar instrumentación de procesos químicos
CG5-TQ1	Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

Específicas

CE4-OIQ1	Describir las propiedades de los sólidos particulados.
CE20-OIQ1	Explicar los principios en que se basan diferentes operaciones de separación.
CE20-OIQ2	Diseñar los equipos en que llevar cabo las diferentes operaciones de separación.
CE20-OIQ3	Describir las operaciones de clasificación, reducción y aumento de tamaño.
CE20-OIQ4	Describir los métodos de almacenamiento de sólidos
CE20-OIQ5	Describir las operaciones básicas que implican sólidos particulados (fluidización, filtración, sedimentación, centrifugación, separación de partículas en corrientes fluidas).
CE20-OIQ6	Describir los métodos de transporte de sólidos.
CE20-OIQ7	Realizar el diseño básico de las diferentes operaciones que implican el manejo, almacenamiento, transporte y separación de sólidos particulados.

Transversales

CT1-TQ1	Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
CT2-TQ1	Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.



CT4-TQ1	Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales habituales.
CT5-TQ1	Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas en el área de la Tecnología Química.
CT5-TQ2	Consultar, utilizar y analizar bases de datos especializadas y de recursos accesibles a través de internet.
CT6-TQ1	Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
CT7-II1	Trabajar en equipo.
CT8-TQ1	Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.
CT10-II1	Integrar los conocimientos adquiridos y aplicarlos a la resolución de problemas en la Ingeniería Industrial.
CT11-TQ1	Aprender de forma autónoma.
CT12-TQ1	Desarrollar sensibilidad hacia la repercusión social y medioambiental de las soluciones ingenieriles.
CT13-II1	Demostrar iniciativa y creatividad para resolver nuevas situaciones.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	30	60	3,6
Seminarios	15	15	1,2
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Laboratorios	8	6	0,56
Preparación de trabajos y exámenes	4	4,5	0,34
Total	60	90	6

7. METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases teóricas, clases de seminarios, trabajos individuales o en grupo, tutorías dirigidas y prácticas de laboratorio.

Las **clases teóricas**, que se desarrollarán en un solo grupo, consistirán, de forma prioritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada el temario completo de la asignatura con ayuda de material audiovisual.

Los **seminarios**, que se desarrollarán en un solo grupo, consistirán en el planteamiento y resolución de problemas, propuestos previamente al estudiante, que impliquen la aplicación de los conocimientos teóricos, así como el desarrollo de algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos.

Las **tutorías** consistirán en sesiones formativas de nivelación para facilitar el acceso a recursos específicos como el programa de simulación Aspen Plus, supervisión del progreso de los estudiantes en su trabajo personalizado, visita a instalaciones de procesos en los que se manejan sólidos particulados...

Las **prácticas de laboratorio** consistirán en la toma de datos experimentales y el cálculo de los diferentes parámetros implicados en el desarrollo de la práctica, así como en la simulación de procesos en los que intervienen operaciones con sólidos mediante el módulo de sólidos del programa Aspen Plus. La discusión crítica y el análisis de los resultados obtenidos en cada práctica constituirán la parte fundamental de las memorias técnicas a entregar en cada caso. Así mismo, se podrán realizar visitas a distintas instalaciones en las que se empleen operaciones relacionadas con la tecnología de sólidos particulados.

Se utilizará el **Campus Virtual** de la UCM como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases teóricas, de seminario, tutorías y laboratorios, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes.

8. BIBLIOGRAFÍA

Básica

- RHODES, M.: *"Principles of Powder Technology"*, Wiley, Nueva York, 1990.
- RHODES, M.: *"Introduction to Particle Technology"*, 2ª Ed., Wiley, New York, 2008.
- FAYED, M.E. y OTTEN, L.: *"Handbook of Powder Technology Science and Technology"*, 2ª Ed., Chapman and Hall, New York, 1997.
- MASUDA, H.; HIGASHITANI, K. y YOSHIDA, H.: *"Powder Technology Handbook"*, Taylor and Francis, Boca Raton, 2006.

Complementaria

- McCABE W.L.; SMITH, J.C. y HARRIOT, P.: *"Operaciones básicas de Ingeniería Química"*, 4ª Ed., McGraw Hill, Madrid, 1991.
- COULSON, J.M., RICHARDSON, J.F., BACKHURST, J.R. y HARKER, J.H.: *"Chemical Engineering"*, Vol. II, 4ª Ed., Pergamon, Londres, 1991. Traducción al español de la tercera edición inglesa: *"Ingeniería Química"*, Reverté, Barcelona, 1981.
- VILA JATO, J.L.: *"Tecnología Farmacéutica. Volumen I: Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas"*, Síntesis, Madrid, 2001.
- RODRÍGUEZ, F.: *"Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen II. Operaciones de procesado de alimentos"*, Síntesis, Madrid, 2002.
- KUNII, D. y LEVENSPIEL, O.: *"Fluidization Engineering"*, 2ª Ed., Butterworth Heineman.
- ALLEN, T.: *"Powder Sampling and Particle Size Determination"*, 1ª Ed., Elsevier, Amsterdam, 2003.
- PIETSCH, W.: *"Agglomeration in Industry"*, Wiley VCH Verlag., Weinheim, Alemania, 2005.

9. EVALUACIÓN

La participación en tutorías dirigidas y sesiones de laboratorio es obligatoria, así como la asistencia al 70% de los seminarios de problemas y al 70% de las clases teóricas en el aula. La calificación final de la asignatura se obtendrá como media ponderada, superados los mínimos establecidos en cada apartado, de las evaluaciones de cada una de las actividades recogidas a continuación.

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán, de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. No obstante, para superar la asignatura será necesario alcanzar la nota mínima establecida en cada una de ellos. En caso de no cumplirse este requisito, la calificación final será la media ponderada obtenida, con un máximo de 4,5 sobre 10. Este criterio se mantendrá para ambas convocatorias, ordinaria y extraordinaria.



Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes parciales, laboratorios, tutorías, entrega de problemas...) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de esta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de diez días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

❖ **EXÁMENES ESCRITOS: 60%**

Se realizarán dos exámenes escritos, de carácter principalmente práctico, que representan el 60% de la evaluación global. Será necesario obtener una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en esta actividad para superar la asignatura.

Se evaluarán las competencias CG1-TQ1, CG5-TQ1, CE4-OIQ1, CE20-OIQ1, CE20-OIQ2, CE20-OIQ3, CE20-OIQ4, CE20-OIQ5, CE20-OIQ6, CE20-OIQ7, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1, CT13-II1.

❖ **TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS (TRABAJOS): 25%**

Se propondrá un conjunto de problemas modelo de cada una de las partes de la asignatura, que deberán entregarse obligatoriamente antes de su discusión y resolución en las clases de seminario. Además, cada estudiante deberá desarrollar a lo largo de la asignatura un trabajo personalizado, cuya evolución se valorará en las tutorías dirigidas. Asimismo, se llevarán a cabo pruebas formativas de carácter teórico-práctico para una evaluación continuada, discutiéndose los resultados para mejorar el aprendizaje del estudiante (feedback). Todo esto representará el 25% de la evaluación global. Solamente se llevará a cabo la evaluación continuada si el estudiante asiste al 70% de los seminarios de problemas en el aula. En caso de no cumplir este criterio, el trabajo personal será calificado con 0 sobre 10.

Esta actividad permitirá evaluar las competencias CG1-TQ1, CG1-TQ2, CG5-TQ1, CE20-OIQ2, CE20-OIQ4, CE20-OIQ3, CE4-OIQ1, CE20-OIQ1, CE20-OIQ5, CT13-II1, CE20-OIQ7, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT7-II1, CT8-TQ1, CT10-II1, CT11-TQ1, CT12-TQ1, CE20-OIQ6.

❖ **ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES**

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura, el estudiante debe haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría y seminarios).

❖ **PRÁCTICAS DE LABORATORIO: 15%**

La asistencia del estudiante a las sesiones prácticas del laboratorio será obligatoria. La evaluación se realizará teniendo en cuenta sus respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor, así como la calidad de la memoria técnica presentada sobre las prácticas. Las prácticas de laboratorio representan el 15% de la evaluación global.

Los alumnos que hayan realizado las prácticas en cursos anteriores tendrán la opción de solicitar la no repetición de estas, siempre que no hayan transcurrido más de 2 años desde que llevaron a cabo esas prácticas.

La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG5-TQ1, CE20-OIQ7, CT1-TQ1, CT4-TQ1, CT13-II1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT7-II1, CT8-TQ1, CT10-II1, CT11-TQ1, CT12-TQ1, CT5-TQ1.

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES - CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Unidad didáctica I	Teoría	8	1	1ª Semana - 3ª Semana	
	Seminario	4	1	2ª Semana - 4ª Semana	
Unidad didáctica II	Teoría	5	1	4ª Semana	5ª Semana
	Seminario	2	1	4ª Semana - 5ª Semana	
Unidad didáctica III	Teoría	5	1	6ª Semana	7ª Semana
	Seminario	2	1	6ª Semana	7ª Semana
Unidad didáctica IV	Teoría	9	1	7ª Semana	10ª Semana
	Seminario	4	1	9ª Semana	10ª Semana
Unidad didáctica V	Teoría	3	1	11ª Semana	11ª Semana
	Seminario	3	1	11ª Semana	11ª Semana
Unidades didácticas I a V	Tutoría	3	1	3ª Semana	11ª Semana
Unidades didácticas I a V	Laboratorio	8	1	10ª Semana	11ª Semana

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD DOCENTE	COMPETENCIAS ASOCIADAS	ACTIVIDAD PROFESOR	ACTIVIDAD ESTUDIANTE	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	P	NP	TOTAL	C
Teoría	CG1-TQ1, CE4-OIQ1, CE20-OIQ6, CE20-OIQ3, CE20-OIQ4, CE20-OIQ5, CE20-OIQ1	Exposición verbal de las líneas maestras de cada tema del programa	Atención y participación activa en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos	30	60	90	
Seminarios	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG5-TQ1, CE20-OIQ2, CE20-OIQ7, CT2-TQ1, CT1-TQ1, CT4-TQ1.	Planteamiento y resolución de cuestiones y problemas de carácter numérico.	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos	Valoración de la resolución y discusión de las cuestiones y problemas propuestos	15	15	30	
Tutorías/Trabajos dirigidos	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG5-TQ1, CE20-OIQ2, CE20-OIQ7, CT2-TQ1, CT1-TQ1, CT4-TQ1, CT7-III, CT8-TQ1, CT10-III, CT13-III, CT12-TQ1, CT11-TQ1.	Supervisión del progreso de los estudiantes en su trabajo personal	Desarrollo de su trabajo personal	Valoración del trabajo realizado por el estudiante en el desarrollo del trabajo personal propuesto	3	4,5	7,5	25%
Prácticas de laboratorio	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG5-TQ1, CT2-TQ1, CT1-TQ1, CT4-TQ1, CT7-III, CT8-TQ1, CT10-III, CT13-III, CT12-TQ1, CT11-TQ1	Explicación y supervisión del desarrollo de la práctica	Toma, análisis y discusión de los datos experimentales para calcular los distintos parámetros. Preparación de la memoria técnica del desarrollo de la práctica	Valoración del trabajo del estudiante durante el desarrollo de la práctica y de la memoria técnica.	8	6	14	15%
Exámenes	CG5-TQ1, CE4-OIQ1, CE20-OIQ1, CE20-OIQ2, CE20-OIQ3, CE20-OIQ4, CE20-OIQ5, CE20-OIQ6, CE20-OIQ7, CT8-TQ, CT10-III, CT2-TQ1	Diseño y corrección del examen. Calificación del alumno	Realización del examen	Examen	4	4,5	8,5	60%

P: Actividades presenciales

NP: Actividades no presenciales (trabajo autónomo)

C: Calificación