

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos de Formación	Reología aplicada a productos industriales	3º	2º	6	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Juan de Dios García López-Durán (JD). Teoría y problemas: Temas 1- 2-3. Prácticas de laboratorio</li> <li>Modesto Torcuato López López (MT). Teoría y problemas: Temas 4-6. Prácticas de laboratorio</li> <li>Cristina Gila Vílchez (CG). Prácticas de laboratorio.</li> </ul>			Dpto. Física Aplicada, Departamento de Física Aplicada, 1ª planta Edificio de Física, Facultad de Ciencias. Despachos: nº 13 (JD y CG) y nº 7 (MT). Correos electrónicos: jdgarcia@ugr.es; modesto@ugr.es; gila@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS		
			Véase en: <a href="http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado">http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado</a>		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Ingeniería Química			Farmacia. Física. Química.		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Tener cursadas las asignaturas Se recomienda tener cursadas las asignaturas: Física I, Mecánica de Fluidos, Matemáticas I, Matemáticas II.					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
Viscosimetría. Viscoelasticidad. Técnicas experimentales en reología. Aplicación a: suspensiones cerámicas y farmacéuticas; polímeros, biopolímeros y elastómeros; lubricantes multigrado; emulsiones alimentarias y farmacéuticas.					
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS					
GENERALES.					

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))

- CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- CG02 - Saber aplicar los conocimientos de Ingeniería Química al mundo profesional, incluyendo la capacidad de resolución de cuestiones y problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad y razonamiento crítico.
- CG03 - Adquirir la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes dentro del área de la Ingeniería Química, así como de extraer conclusiones y reflexionar críticamente sobre las mismas.
- CG04 - Saber transmitir de forma oral y escrita información, ideas, problemas y soluciones relacionados con la Ingeniería Química, a un público tanto especializado como no especializado.
- CG06 - Capacidad de organizar y planificar
- CG07 - Capacidad de gestión de la información
- CG08 - Trabajo en equipo
- CG10 - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica

#### ESPECÍFICAS

- CE08 - Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos.
- CE09 - Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales.
- CE22 - Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.
- CE24 - Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y 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 operación de reactores

#### OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El alumno será capaz de:

- Comprender el significado físico de las magnitudes que describen la deformación y flujo de materiales bajo la acción de esfuerzos mecánicos.
- Describir fenomenológicamente el flujo de líquidos no-newtonianos y conocer las ecuaciones constitutivas que describen su comportamiento.
- Describir fenomenológicamente la deformación y flujo de materiales viscoelásticos y las ecuaciones constitutivas y modelos que describen su comportamiento.
- Medir la viscosidad de fluidos utilizando viscosímetros rotacionales.
- Medir los módulos mecánicos que describen el comportamiento de materiales viscoelásticos.
- Reconocer fenómenos de deformación/flujo no-lineales de interés tecnológico.
- Relacionar el comportamiento de materiales viscoelásticos con la estructura microscópica de fluidos o sólidos complejos.



- Aplicar lo anterior a suspensiones, emulsiones y polímeros de interés industrial.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO

- Tema 1. INTRODUCCIÓN.
  1. ¿Qué es la Reología?. 2. Modelos de líquido viscoso y sólido elástico. 3. ¿Sólidos o líquidos?: Número de Deborah. 3. Líquidos elásticos y sólidos viscosos. 4. Viscoelasticidad lineal y no-lineal. 5. Tensor de esfuerzos: esfuerzos normales y tangenciales. 6. Medidas reológicas: grupos adimensionales. 7. Macromoléculas y coloides.

10 horas
- Tema 2. LÍQUIDOS NO-NEWTONIANOS: VISCOSIDAD.
  1. Introducción. 2. Variables que afectan a la viscosidad. 2.1. Variación con la velocidad de deformación. 2.2. Variación con la temperatura. 2.3. Variación con la presión. 2.4. Clasificación de los líquidos no-newtonianos. 3. Líquidos no-newtonianos con propiedades independientes del tiempo. 3.1. Fluidificantes. 3.2. Espesantes. 4. Líquidos no-newtonianos con propiedades dependientes del tiempo. 4.1. Tixotropía. 4.2. Reopexia. 5. Viscosimetría. 5.1. Reometría/viscosimetría: tipos de reómetros y condiciones de medida. 5.2. Viscosímetros rotacionales. 5.3. Otros viscosímetros: capilares; por caída de bola. 6. Elección del viscosímetro óptimo: ejemplos.

10 horas
- Tema 3. VISCOELASTICIDAD LINEAL.
  1. Introducción. 2. Viscoelasticidad lineal: ecuación constitutiva general. 3. Módulo de fluencia (“compliance o creep modulus”) y módulo de rigidez. 4. Modelos viscoelásticos lineales elementales. 4.1. Sólido de Kelvin-Voigt. 4.2. Líquido de Maxwell. 5. Modelos de Kelvin-Voigt y de Maxwell generalizados. 6. Materiales viscoelásticos lineales en régimen oscilatorio. 6.1. Potencia almacenada y disipada en régimen oscilatorio. 7. Métodos experimentales. 7.1. Métodos estáticos: fluencia-recuperación (“creep-recovery”); curva de relajación. 7.2. Métodos dinámicos: deformación oscilatoria; propagación de onda.

10 horas
- Tema 4. VISCOELASTICIDAD NO-LINEAL.
  1. Introducción: fenómenos no-lineales. 2. Origen y naturaleza de las diferencias entre esfuerzos normales (N1 y N2). 3. Comportamiento típico de N1 y N2. 4. Efectos observables de N1 y N2: efecto Weissenberg; efecto sifón; hinchamiento de vena líquida; vórtices en procesos de mezcla. 5. Métodos de medida de N1 y N2. 6. Relación entre funciones viscosimétricas y funciones viscoelásticas.

5 horas
- Tema 5. REOLOGÍA DE SUSPENSIONES, EMULSIONES Y ESPUMAS. APLICACIÓN EN INDUSTRIA CERÁMICA, FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA.
  1. Introducción. 1.1. Comportamiento general de la viscosidad de suspensiones. 1.2. Fuerzas de interacción entre partículas en suspensión. 1.3. Estructuras en reposo. 1.4. Estructuras inducidas por flujo. 2. Viscosidad de suspensiones de partículas sólidas en líquidos newtonianos. 2.1. Suspensiones diluidas. 2.2. Empaquetamiento máximo. 2.3. Suspensiones concentradas newtonianas. 2.4. Suspensiones concentradas fluidificantes. 2.5. Suspensiones concentradas espesantes. 3. Contribución de las interacciones entre partículas coloidales a la viscosidad. 3.1. Fuerzas repulsivas. 3.2. Fuerzas atractivas. 4. Propiedades viscoelásticas de suspensiones. 6. Interacción entre partículas en suspensión y moléculas de polímero disueltas. 7. Reología de emulsiones. 7.1 Preparación de emulsiones. 7.2. Viscosidad, viscoelasticidad lineal y no-lineal. 7.3. Reología en emulsiones con elevada fracción de volumen de gotas. 8. Reología de espumas. 8.1.



Modelos de conformación de espumas.  
5 horas

- Tema 6. REOLOGÍA DE POLÍMEROS. APLICACIÓN EN INDUSTRIA DE LUBRICANTES, BIOPOLÍMEROS, ELASTÓMEROS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS.  
1. Introducción. 2. Comportamiento general. 3. Efecto de la temperatura sobre el comportamiento reológico de polímeros. 4. Efecto del peso molecular. 5. Efecto de la concentración sobre la reología de disoluciones de polímeros. 6. Geles poliméricos. 7. Cristales líquidos. 8. Teorías moleculares. 8.1. Conceptos básicos. 8.2. Modelos de esferas-muelles: modelos lineales de Rouse-Zimm. 8.3. Modelos no-lineales de Giesekus-Bird. 8.4. Modelos en red. 8.5. Modelos de movimiento reptante. 9. Método de las variables reducidas. 10. Relaciones empíricas entre funciones reológicas. 11. Aplicaciones prácticas. 11.1. Procesado de polímeros. 11.2. Lubricantes multigrado. 11.3. Extracción de petróleo. 11.4. Adición de polímeros como espesantes en productos acuosos.  
5 horas

#### TEMARIO PRÁCTICO:

##### Seminarios (orientativo)

- Reología extensiométrica.
- Reología de emulsiones y suspensiones alimentarias.
- Reología de productos farmacéuticos y cosméticos: cremas, pomadas, geles.
- Reología de asfaltos, aceites, grasas, lubricantes multigrado.
- Hemorreología: propiedades reológicas de la sangre y derivados.
- Reología de derivados de la industria química: pinturas, tinta, papel, cerámicas, detergentes líquidos.
- Fluidos electrorreológicos y magnetorreológicos.

##### Prácticas de Laboratorio

Se realizarán medidas con un reómetro o con un viscosímetro rotacional de las propiedades de uno de los materiales elegidos en los trabajos monográficos:

- Medidas en estado estacionario: viscosidad y esfuerzo umbral.
- Medidas bajo esfuerzo de cizalla oscilante: módulos elástico y viscoso.
- Medidas en régimen transitorio: módulos de fluencia-recuperación.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Barnes, H. A., J. F. Hutton, K. Walters. An Introduction to Rheology. Elsevier. Amsterdam. 1989.
- Goodwin, J. W., R. W. Hughes. Rheology for Chemists. An Introduction. Royal Society for Chemistry. Cambridge. 2000.
- Larson, R. G. The Structure and Rheology of Complex Fluids. Oxford University Press. Nueva York. 1999.
- Macosko, C. W. Rheology. Principles, Measurements, and Applications. VCH. Nueva York. 1994.

##### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Boger, D. V., K. Walters. Rheological Phenomena in Focus. Elsevier. Amsterdam. 1993.
- Dickinson, E. An Introduction to Food Colloids. Oxford University Press. Oxford. 1992.
- Huilgol, R. R., N. Phan-Thien. Fluid Mechanics of Viscoelasticity. Elsevier. Amsterdam. 1997.
- Hunter, R. J. Foundations of Colloid Science. Clarendon Press. Oxford. 1987.



- Owens, R., T. N. Phillips. Computational Rheology. Imperial College Press. Londres. 2002.
- Schramm, G. Introducción a la Viscosimetría Práctica. Gebrüder Haake GmbH. Kalsruhe. 1994.
- Schramm, G. A Practical Approach to Rheology and Rheometry. Gebrüder Haake GmbH. Kalsruhe. 1994.
- Steffe, J. F. Rheological methods in food process engineering. Freeman Press. East Lansing, MI (USA). 1996.

#### ENLACES RECOMENDADOS

Cumplimentar con el texto correspondiente en cada caso

#### METODOLOGÍA DOCENTE

- Lección magistral/expositiva
- Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- Realización de trabajos e informes prácticos y presentación en aula

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

##### **Convocatoria ordinaria.**

##### **Modalidad de evaluación continua constará de:**

- Ejercicios, seminarios, actividades de clase. Hasta el 20 % de la calificación final. Competencias: CB2, CB3, CB4, CG02, CG03, CG04, CE08, CE09
- Breves trabajos monográficos y prácticas de laboratorio. Para evaluar las prácticas será obligatorio asistir, y presentar los informes correspondientes, de al menos el 80 % de las sesiones. Este apartado se ponderará hasta el 40 % de la calificación final. Competencias: CB2, CB3, CB4, CG02, CG03, CG04, CG10, CE08, CE09, CE22, CE24.
- Examen final. Consistirá en la presentación oral y por escrito de un trabajo monográfico que incluya el tratamiento de los resultados experimentales obtenidos en las prácticas de laboratorio. Hasta el 40 % de la calificación final. Competencias: CB2, CB3, CB4, CG02, CG03, CG04

Para optar a esta modalidad de evaluación continua se deberá participar en todas las actividades indicadas anteriormente.

**Modalidad de evaluación única** (a la que el alumno se puede acoger en los casos indicados en la “Normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada”, aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión extraordinaria de 20 de mayo de 2013): la prueba consistirá en un examen con preguntas teóricas (40 % de la calificación), ejercicios (30 % de la calificación) y sobre los datos experimentales obtenidos en laboratorio (30 % de la calificación) relacionados con la materia impartida.

##### **Convocatoria extraordinaria**

Consistirá en un examen con preguntas teóricas (40 % de la calificación), ejercicios (30 % de la calificación) y sobre los datos experimentales obtenidos en laboratorio (30 % de la calificación) relacionados con la materia impartida.

*Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado*

