

# REOLOGÍA APLICADA A PRODUCTOS INDUSTRIALES

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos de Formación (optativa)	Reología aplicada a productos industriales (optativa)	3º	6º	6	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
Juan de Dios García López-Durán			Departamento de Física Aplicada, 1ª planta Edificio de Física, Facultad de Ciencias. Despacho nº 13 Correo electrónico <a href="mailto:jdgarcia@ugr.es">jdgarcia@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			Martes, miércoles y jueves de 11:30 a 13:30 h		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Ingeniería Química			Farmacia. Física. Química.		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
Se recomienda tener cursadas las asignaturas: Física I, Mecánica de Fluidos, Matemáticas I, Matemáticas II.					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					
Viscosimetría. Viscoelasticidad. Técnicas experimentales en reología. Aplicación a: suspensiones cerámicas y farmacéuticas; polímeros, biopolímeros y elastómeros; lubricantes multigrado; emulsiones alimentarias y farmacéuticas.					
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>					
<p>GENERALES.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis (CI1).</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar (CI2).</li> <li>• Comunicación oral y escrita en la lengua propia (CI3).</li> <li>• Capacidad de gestión de la información (CI4).</li> <li>• Resolución de problemas (CI5).</li> </ul>					



- Toma de decisiones (CI6).
- Trabajo en equipo (CP1).
- Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar (CP2).
- Habilidades en las relaciones interpersonales (CP3).
- Razonamiento crítico (CP4).
- Compromiso ético (CP5).
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica (CS1).
- Aprender de manera autónoma (CS2).
- Adaptarse a nuevas situaciones (CS3).
- Habilidad para trabajar de forma autónoma (CS4).
- Creatividad (CS5).
- Liderazgo (CS6).
- Iniciativa y espíritu emprendedor (CS7).
- Motivación por la calidad (CS8).
- Sensibilidad hacia temas medioambientales (CS9).

#### ESPECÍFICAS

- Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica y de la termodinámica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería (CB2).
- Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería (CB4).
- Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería (CR2).
- 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 (CR3).
- Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos (CT4).
- Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, para la determinación de propiedades de transporte, y modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor y operaciones de transferencia de materia (CT6).

#### **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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

#### TEMARIO PRÁCTICO:

##### Seminarios-Trabajos monográficos:

- 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.
- Reología de derivados de la industria química: pinturas, tinta, papel, cerámicas, detergentes líquidos.
- Fluidos electrorreológicos y magnetorreológicos.

##### Prácticas de Laboratorio:

En cada trabajo monográfico se deben realizar medidas con un reómetro o un viscosímetro rotacional de las propiedades del material elegido:

- 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. Karlsruhe. 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

### METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases magistrales.
- Resolución de problemas-tipo.
- Resolución de ejercicios de autoevaluación.
- Trabajos monográficos dirigidos por el profesor.
- Prácticas de laboratorio. Elaboración de informes.

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)				Actividades no presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)			
		Sesiones teóricas (horas)	Sesiones prácticas – (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Exámenes (horas)	Tutorías individuales (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)
Semana 1									
Semana 2									
Semana 3									
Semana 4									
Semana 5									
Semana 6									
Semana 7									
Semana 8									
Semana 9									
Semana 10									



Semana 11										
Semana 12										
Semana 13										
Semana 14										
Semana 15										
Semana 16										
Semana 17										
Semana 18										
Semana 19										
Semana 20										
Total horas										

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

En la modalidad de evaluación continua constará de:

- Examen. Hasta el 40 % de la calificación final.
- Preguntas y ejercicios de clase. Ejercicios de autoevaluación. Hasta el 20 % de la calificación final.
- Trabajo monográfico. Iniciativa y calidad del trabajo desarrollado que incluye las prácticas de laboratorio. Hasta el 40 % de la calificación final.

En la modalidad de evaluación única final, 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 de evaluación consistirá en un examen teórico-práctico.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

