

Curso
2025/2026

Guía Docente:

TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Máster en Química de Materiales para el Futuro	Código	610592
Asignatura	Técnicas de caracterización de superficies	ECTS	3
Materia	Técnicas de Caracterización de Materiales		
Módulo	Caracterización de Materiales		
Carácter	Obligatoria	Semestre	Primero
Departamento responsable	Química Física (QF) Ingeniería Química y de Materiales (IQM)		

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho	Departamento
Teoría Seminarios	Iván López Montero	ivanlopez@quim.ucm.es	QA-264	QF
Teoría Seminarios Prácticas	Jesús Vega Vega	jevega@ucm.es	QA-131D	IQM
Teoría Seminarios Prácticas	Emilio Frutos Torres	emilfrut@ucm.es	QB-419	IQM

2. OBJETIVOS

1. Adquirir los conocimientos específicos en técnicas y metodologías relacionadas con el uso y la aplicabilidad de distintas técnicas de caracterización superficiales.
2. Conocer los principios físicos y los aspectos básicos relacionados con la instrumentación asociada a distintas técnicas superficiales.
3. Clasificar los problemas técnicos y conceptuales que plantea la medida de distintas propiedades físicas, electro-químicas, mecánicas y tribológicas en sistemas de baja dimensionalidad como intercaras, en capas delgadas y superficies en general.
4. Aplicar las técnicas instrumentales más adecuadas para la identificación y cuantificación composicional y estructural, así como para la caracterización y determinación de distintas propiedades.
5. Desarrollar un criterio científico-técnico que permita evaluar que técnicas son las más indicadas para caracterizar una superficie dependiendo de la información/propiedad que quiera ser extraída y/o analizada.

3. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL MÁSTER

La asignatura de Técnicas de Caracterización de Superficies se oferta como materia obligatoria, que junto con las otras dos asignaturas “Técnicas Difractométricas y Microscopía” y “Técnicas Espectroscópicas”, como parte de la materia Técnicas de Caracterización de Materiales perteneciente al módulo Caracterización de Materiales.

En esta asignatura se presentará un amplio abanico de técnicas de caracterización de superficies que permitirán una descripción detallada de diversos materiales avanzados en sus aspectos composicionales, electrónicos, mecánicos o electroquímicos, entre otros. Además de técnicas ampliamente utilizadas en el ámbito académico e investigador, el temario se completa

con el estudio de técnicas utilizadas en un entorno industrial; en sintonía con el carácter dual del máster en su versión profesionalizante. El curso contará también con una serie de sesiones prácticas que permitirán al estudiante una mayor aplicabilidad de los conceptos aprendidos en las clases teóricas. En conjunto, el curso pretende que los estudiantes obtengan los conocimientos necesarios acerca de las técnicas de caracterización superficial utilizados, tanto en el mundo académico como industrial, que les permitan tomar decisiones informadas con respecto a su selección y uso.

4. CONTENIDOS

Conocimientos básicos

Tipologías de superficies. Topografía 2D y 3D. Interacciones superficiales. Estudio de capas delgadas. Microscopías de efecto túnel y fuerza atómica. Determinación del estado químico en superficies. Caracterización composicional atómica a nivel superficial, en intercaras y a lo largo de perfiles en profundidad. Dureza, Módulo de Young, Fricción y Desgaste. Técnicas Electroquímicas. Tomografías tridimensionales. Ensayos no destructivos: Ultrasonidos. Termografías infrarrojas.

Contenidos generales

1. Metrología e interacciones superficiales
2. Técnicas microscópicas en el campo cercano
3. Técnicas avanzadas de caracterización electromagnética y química
4. Técnicas de caracterización mecánica y tribológica
5. Técnicas de caracterización electroquímica
6. Técnicas de caracterización en 3D y de monitorización de superficies.

Programa

BLOQUE 1. METROLOGÍA E INTERACCIONES

Tema 1. Introducción

Principios básicos: ¿Qué se entiende por superficie desde un punto de vista Químico-Físico? Tipologías de superficies dependientes de la escala dimensional: distinción entre recubrimientos, capas delgadas y multicapas. Discontinuidades e interacciones superficiales.

Tema 2. Medidas del área superficial específica.

Isotermas de adsorción física de moléculas de gas tipo B.E.T. (Brunauer, Emmet y Teller). Métodos de análisis de microporos tales como: la teoría funcional de densidad (DFT), gráficos de Dubinin, cálculos de Horvath-Kawazoe (H-K), y mesoporos tales como: el de Barrett, Joyner y Halenda (BJH) y la teoría funcional de densidad.

Tema 3. Interacciones superficiales en capas delgadas.

Resonancia de plasmón superficial y Microbalanza de Cristal de Cuarzo con monitorización de disipación (D-QCM). Elipsometría y Microscopía de ángulo Brewster. Reflectometría. Reología interfacial dilatacional y de cizalla.

BLOQUE 2. TÉCNICAS MICROSCÓPICAS EN EL CAMPO CERCANO

Tema 4. Scanning tunnelling & Atomic force microscopies (STM, AFM).

Concepto y evolución de las técnicas STM y AFM. Interacción micropalanca-muestra. Modos de funcionamiento: contacto, no contacto y tapping (intermitente). Determinación de topografía y fase, nanomecánica o potencial superficial, entre otras propiedades.

BLOQUE 3. TÉCNICAS AVANZADAS DE CARACTERIZACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y QUÍMICA**Tema 6. Espectroscopias electrónicas Auger (AES), fotoelectrónica de Rayos X (XPS) y Ángulo resuelto-XPS (ARXPS).**

Caracterización composicional atómica en el entorno superficial. Determinación del estado químico o electrónico de elementos presentes en entornos de baja periodicidad.

Tema 7. Espectroscopía de retrodispersión de Rutherford (RBS) y de dispersión de iones (ISS).

Determinación de perfiles de concentración de elementos pesados en matrices de elementos ligeros. Análisis de las posiciones relativas de átomos ligeros como el H en capas delgadas.

Tema 8. Espectroscopia óptica de descarga luminiscente (GD-OES), de masa de iones secundarios (SIMS) y tiempo de vuelo (ToF-SIMS).

Análisis cuantitativo composicional de sistemas multicapa e interfases a partir de perfiles de profundidad. Análisis elementales, isotópico y molecular para la determinación de concentraciones atómicas del orden de partes por millón.

BLOQUE 4. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN ELECTROQUÍMICA**Tema 9. Técnicas convencionales.**

Ruido electroquímico (EN) y amperometría de resistencia cero (ZRA). Medidas electroquímicas hidrodinámicas (ej. electrodo de disco rotatorio).

Tema 10. Técnicas convencionales: corriente alterna.

Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS). EIS + ATR/FTIR con geometría Kretschmann. Odd-Random EIS.

Tema 11. Técnicas localizadas.

Sonda/Microcelda Electroquímica de gota (SDC). Espectroscopia de Impedancia Electroquímica Localizada (LEIS). Microscopio Electroquímico (SECM). Sonda Vibratoria Electrodo Vibratorio (SVET). Sonda Electrodo de Iones-Selectivo (SIET).

BLOQUE 5. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y TRIBOLÓGICA**Tema 12. Propiedades elastoplásticas.**

Orígenes de la deformación. Mecánica de los contactos elásticos y elastoplásticos. Modelos de criterios de fluencia para la deformación plástica. Área real de contacto; modelo de Greenwood y Williamson. Nanoindentación. Medidas del módulo elástico, dureza, tenacidad a fractura y fatiga superficial a partir del uso de técnicas de indentación instrumentada avanzadas. Medidas de resistencia al Impacto (Mercedes test). Caracterización de tensiones residuales a partir de ensayos de difracción de rayos X con incidencia rasante, y espectroscopía Raman.

Tema 13. Propiedades tribológicas.

Rugosidad superficial; Medición y caracterización de superficies, parámetros de rugosidad. Fricción; Leyes de fricción de Amonton y Coulomb, fricción seca y estática. Origen atomístico de la fricción; fricción adhesiva, modelos atomísticos para la fricción estática y mecanismos de fricción. Desgaste; Tres etapas del desgaste de los componentes. Mecanismos de desgaste. Desgaste a nivel atómico y teoría del estado de transición del desgaste. Medidas del coeficiente de desgaste y fricción a partir de distintas configuraciones de ensayos tribológicos.

BLOQUE 6. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN EN 3D Y DE MONITORIZACIÓN DE SUPERFICIES.

Tema 14. Tomografías tridimensionales en la nano, micro y macroescala.

Tomografía con sonda atómica (APT) para la visualización y determinación tridimensional de composiciones, defectos y estructuras atómicas con resoluciones subnanométricas. Tomografía computarizada de rayos X (XCT) para la caracterización no destructiva de estructuras tridimensionales internas, tales como segundas fases y defectos, con resoluciones micro y macrométricas.

Tema 15. Técnicas de caracterización sónicas.

Ultrasonidos con Transductores Acústicos Electromagnéticos (EMAT) de corta, media y larga distancia. Emisión acústica (AE).

Tema 16. Técnicas de caracterización termoeléctricas.

Termografía Infrarroja. Corrientes inducidas (ECT), campo remoto ECT (RFT).

SEMINARIOS/PRÁCTICAS

Se plantearán seminarios y/o sesiones prácticas de laboratorio en las que se realizarán algunas de las siguientes tareas:

- Medidas de rugosidad superficial mediante microscopía de sonda de barrido
- ImageJ. Reconstrucción 3D y análisis de imagen con diferentes softwares
- Evaluación de la dureza, módulo elástico y tenacidad a fractura mediante ensayos de nanoindentación en capas delgadas y multicapas
- Caracterización del coeficiente de fricción entre superficies de distinta naturaleza, así como la resistencia al rayado.
- Simulación RBS.
- Simulación EIS
- Ensayos no destructivos: Ultrasonidos

5. RESULTADOS DE APRENDIZAJE**Conocimientos y contenidos**

RA1	Valorar y comprender el impacto de diferentes características en la eficacia y aplicabilidad de materiales en diversos ámbitos científicos, tecnológicos e industriales, en base a sus propiedades químico-físicas.
RA2	Conocer las ventajas y desventajas de diferentes materiales utilizados en distintos ámbitos científicos, tecnológicos y/o industriales.

Destrezas y habilidades

RA12	Dominar los fundamentos teóricos y prácticos de técnicas para la caracterización de materiales.
------	---

Competencias

RA22	Integrar conocimientos teórico-prácticos para evaluar y caracterizar materiales en función de su estructura, propiedades y funcionalidad.
RA23	Diseñar soluciones innovadoras que optimicen la funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad de los materiales en diversas aplicaciones.
RA24	Analizar conceptos avanzados de química relacionados con la síntesis, caracterización y aplicación de materiales.
RA25	Evaluar y gestionar eficazmente bibliografía, información científica, bases de datos y software tanto en castellano como en inglés.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencia I (horas)	Trabajo autónomo	Créditos (ECTS)
Clases teóricas	19	41	2,4
Seminarios	2	2	0,16
Prácticas	3	4	0,24
Preparación de exámenes	2	3	0,2
Total	26	50	3

7. METODOLOGÍA

Se impartirán, clases magistrales dirigidas a explicar al alumno una serie de conceptos generales que deberá profundizar con ayuda de la bibliografía. Dichos conceptos se abordarán debidamente a partir de clases teórico/prácticas y de laboratorio donde el alumno deberá preparar un informe de cada una de las practicas realizadas. Asimismo, algunas clases tendrán carácter de seminarios sobre temas avanzados y alguna técnica más específica de caracterización. Dichos seminarios serán empleados para conocer las capacidades de los alumnos en la adquisición de conocimientos y competencias de la materia. Además, en las clases de teoría, prácticas y seminarios se tenderá al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como los medios audiovisuales, cuando con ello mejore la claridad de la exposición en clase, y se promoverá el uso del campus virtual como medio principal para gestionar el trabajo de los estudiantes, comunicarse con ellos, distribuir material de estudio, etc. Finalmente, se utilizarán recursos informáticos para ilustrar algunas técnicas y se manejarán programas que permiten la interpretación y cuantificación de los resultados obtenidos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Además del material que por parte del profesor se pondrá a disposición del alumno, se recomiendan los siguientes libros:

- “*Láminas delgadas y recubrimientos: Preparación, propiedades y aplicaciones*”, José M. Albella. Biblioteca de Ciencias: 11, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2003).
- “*Ciencia e Ingeniería de la Superficie de los Materiales Metálicos*”. Alfonso J. Vázquez Vaamonde, Juan J. De Damborenea González. Colección Textos Universitarios: 31. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2000).

- “*Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy*”. D.Briggs, J.T.Grant (ed.), IM Publication and Surface Spectra (2003).
- “*Practical surface analysis*”, Vol.1, Auger and X-ray photoemission spectroscopy, 2nd ed., D.Briggs, M.P.Seah (ed.), J. Wiley & S. (1990).
- “*Coatings Tribology: Properties, Techniques and Applications in Surface Engineering*”, K. Holmberg, A. Matthews. Tribology Series: 28. Elsevier (1998).

9. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final, y el trabajo y los informes correspondientes a las sesiones prácticas, así como mediante la evaluación tanto de la asistencia a las actividades programadas y cuestiones teóricas como de ejercicios y/o problemas facilitados por el profesor para adquirir la formación básica en distintos ámbitos de la materia, de acuerdo a los siguientes porcentajes:

❖ **EXAMEN FINAL: 70%**

Correspondiente a los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura.

❖ **SEMINARIOS/SESIONES PRÁCTICAS: 20%**

Se evaluará el trabajo personal, la actividad práctica durante las sesiones, incluyendo la elaboración de las correspondientes memorias.

❖ **TRABAJO PERSONAL Y ASISTENCIA: 10%**

Se evaluará el trabajo personal en la resolución de las cuestiones, ejercicios y/o problemas propuestos por el profesor, así como la asistencia a las actividades programadas.

Las calificaciones de cada apartado estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003. Para poder ser evaluado globalmente, se requerirá al alumno una calificación mínima de 4/10 en cada uno de los apartados. Además, para poder ser evaluado, el estudiante deberá haber participado, al menos, en el 70 % de las actividades programadas.