



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3:

QUÍMICA ORGANOMETÁLICA. APLICACIONES EN CATÁLISIS



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2021-2022



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Química Organometálica. Aplicaciones en catálisis
NÚMERO DE CRÉDITOS:	6
CARÁCTER:	Optativa
MATERIA:	Química Inorgánica Avanzada
MÓDULO:	Avanzado
TITULACIÓN:	Grado en Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Segundo (cuarto curso)
DEPARTAMENTO/S:	Química Inorgánica

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo A	
Teoría Seminarío Tutoría	Profesora: MERCEDES CANO ESQUIVEL Departamento: Química Inorgánica Despacho: QA-207 e-mail: mmcano@ucm.es
Teoría Seminarío Tutoría	Profesor: MARÍA DEL CARMEN TORRALBA MARTÍNEZ Departamento: Química Inorgánica Despacho: QA-138 e-mail: torralba@ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

Se pretende que el alumno adquiera los conocimientos adecuados que le permitan conocer y relacionar la estructura, propiedades, reactividad y aplicaciones de los compuestos organometálicos.

También se pretende que los estudiantes adquieran destreza en la síntesis y manipulación de los compuestos organometálicos, así como en la utilización de las diferentes técnicas para el estudio y la caracterización de dichos compuestos.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer y clasificar los diferentes tipos de compuestos organometálicos.
- Predecir la estabilidad y reactividad de los distintos tipos de compuestos organometálicos, y proponer métodos de síntesis.
- Aplicar las técnicas de caracterización idóneas al análisis de los compuestos organometálicos.



- Demostrar la utilidad de los compuestos organometálicos en distintos aspectos de la Ciencia y Tecnología actuales.
- Describir la utilidad de los compuestos organometálicos como catalizadores en procesos industriales.
- Adquirir destreza en la síntesis, manipulación y caracterización de compuestos organometálicos.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Conocimiento de la química de los compuestos de coordinación: estructura, enlace y reactividad. Técnicas físicas utilizadas en la caracterización de compuestos de coordinación. Procedimientos sintéticos de compuestos de coordinación.

■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber superado las materias *Química Inorgánica* y *Química Orgánica*.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Contenidos teóricos

Fronteras y tendencias actuales de la Química Organometálica. Compuestos organometálicos de los elementos de los grupos principales. Compuestos organometálicos de los elementos de transición: compuestos con ligandos σ -dadores, compuestos con ligandos π -dadores. Conceptos y reacciones básicas en catálisis homogénea. Catálisis homogénea en la industria química. Aspectos interdisciplinarios de la Química Organometálica.

Contenidos prácticos

Síntesis y caracterización de compuestos organometálicos.

■ PROGRAMA:

TEÓRICO:

- 1. Introducción al estudio de los compuestos organometálicos.** Revisión, características y propiedades. Fronteras y tendencias actuales de la Química Organometálica.
- 2. Compuestos organometálicos de los elementos de los grupos principales.** Estabilidad. Reactividad. Descriptiva y principales aplicaciones: compuestos organolíticos, organomagnésicos, organoaluminicos. Compuestos organosilícicos: estudio particular de las siliconas.
- 3. Compuestos organometálicos de los elementos de transición.** Características generales. Tipos de ligandos. Estabilidad.



- 4. Compuestos con ligandos σ -dadores.** Derivados con ligandos alquilo, arilo, hidruro y relacionados. Compuestos con ligandos carbonilo y fosfano. Analogía isolobular. Carbenos y carbinos. Aspectos sintéticos. Reactividad. Aplicaciones.
- 5. Compuestos con ligandos π -dadores.** Ligandos olefina, poliolefina y alquino en Química Organometálica. Derivados con ligandos alilo y enilo. Complejos con ligandos cíclicos C_nH_n (ciclopentadienilo, areno y relacionados). Procesos dinámicos. Reactividad y aplicaciones.
- 6. Aplicaciones catalíticas de los compuestos organometálicos.** Conceptos y reacciones fundamentales en catálisis homogénea. Catálisis homogénea en la industria química. Hidrogenación homogénea. Oxidaciones en fase homogénea. Procesos con participación de CO: síntesis de ácido acético, carbonilación del acetato de metilo, hidroformilación y reacciones relacionadas. Hidrocianación. Polimerización de olefinas. Metátesis de olefinas. Catálisis asimétrica: influencia en farmacología. Hidrodesulfuración. Reacciones de activación: activación de hidrógeno, alcanos, dióxido de carbono.
- 7. Otros temas de interés (*).** Derivados de fullerenos con metales de transición. Materiales moleculares basados en compuestos organometálicos. Química Organometálica e Industria. Química Bioorganometálica.

(*) Estos temas pueden ser modificables, y opcionalmente utilizados para su elaboración y presentación por parte de los alumnos.

PRÁCTICO:

1. Preparación, propiedades y reactividad del ferroceno.
2. Elucidación espectroscópica de sistemas metal-alilo.
3. Compuestos carbonílicos de metales del grupo 6. Síntesis, reactividad y caracterización espectroscópica.
4. Preparación y caracterización de compuestos organometálicos con ligandos π -dadores.

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **CG1-MA1:** Reconocer y valorar los procesos químicos en la vida diaria.
- **CG2-MA1:** Valorar la importancia de la Química y su impacto en la sociedad industrial y tecnológica.
- **CG2-MA2:** Relacionar áreas interdisciplinarias en plena expansión, y tomar conciencia de la importancia que la investigación interdisciplinaria tiene en el avance de la Ciencia.
- **CG3-MA1:** Demostrar una base de conocimientos y habilidades con las que pueda continuar sus estudios en áreas especializadas de Química o en áreas multidisciplinares.
- **CG4-MA1:** Plasmar los conocimientos específicos de cada materia en el lenguaje científico universal, entendido y compartido interdisciplinariamente.



- **CG7-MA1:** Aplicar conocimientos teóricos y prácticos a la solución de problemas en Química y seleccionar el método más adecuado para resolverlos.
- **CG8-MA1:** Valorar investigaciones y estudios detallados en el campo de la Química.
- **CG11-MA1:** Manejar instrumentación para análisis, síntesis e investigaciones estructurales.
- **CG13-MA1:** Desarrollar buenas prácticas científicas de medida y experimentación.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE9-MAQI5:** Reconocer las diferentes familias de compuestos organometálicos.
- **CE9-MAQI6:** Reconocer la utilidad de los compuestos organometálicos como catalizadores en procesos industriales.
- **CE10-MAQI1:** Predecir la estabilidad y reactividad de los distintos tipos de compuestos organometálicos y proponer métodos de síntesis.
- **CE10-MAQI2:** Aplicar la información de técnicas de caracterización espectroscópica al análisis de los compuestos organometálicos.
- **CE10-MAQI3:** Demostrar destreza en la síntesis, manipulación y caracterización de compuestos organometálicos.

■ TRANSVERSALES:

- **CT1-MA1:** Elaborar y escribir memorias e informes de carácter científico y técnico.
- **CT2-MA1:** Trabajar en equipo.
- **CT3-MA1:** Aprender a tomar decisiones ante un problema real práctico.
- **CT4-MA1:** Seleccionar el método más adecuado para resolver un problema planteado.
- **CT5-MA1:** Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas.
- **CT5-MA2:** Manejar bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet.
- **CT7-MA1:** Usar programas informáticos que sirvan, en el mundo de la Química, para calcular, diseñar, simular, aproximar y predecir.
- **CT8-MA1:** Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales más habituales.
- **CT11-MA1:** Desarrollar trabajo autónomo.
- **CT12-MA1:** Desarrollar sensibilidad hacia temas medioambientales y preservación del medioambiente.

VI.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al final de esta asignatura, el estudiante debe ser capaz de:

- Clasificar los compuestos organometálicos en función del enlace.



- Identificar los distintos tipos de ligandos y clasificarlos en función de su naturaleza y capacidad coordinativa.
- Describir el enlace M – C de los diferentes tipos de compuestos organometálicos.
- Explicar las diferencias entre los compuestos organometálicos de elementos de grupos principales y de transición.
- Aplicar la teoría de orbitales frontera y la analogía isolobular para interpretar la estructura de compuestos organometálicos.
- Describir las principales reacciones en que participan los diferentes tipos de compuestos.
- Predecir la estabilidad de los compuestos organometálicos.
- Identificar procesos dinámicos de compuestos organometálicos en disolución.
- Describir las principales aplicaciones de los compuestos organometálicos.
- Identificar la utilidad de compuestos organometálicos en procesos catalíticos homogéneos.
- Describir el interés de la catálisis homogénea con catalizadores organometálicos en la industria.
- Analizar diferentes procesos catalíticos.
- Describir y utilizar los principales procedimientos sintéticos de compuestos organometálicos.
- Aplicar técnicas espectroscópicas para caracterizar compuestos organometálicos, e interpretar los resultados obtenidos.
- Reconocer la importancia de los compuestos organometálicos en el mundo actual.

VII. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos (horas)
Clases teóricas	30	50	3,2 (80)
Seminarios (teoría)	7,5	12,5	0,8 (20)
Tutorías/Trabajos dirigidos	5	7,5	0,5 (12,5)
Laboratorios	12	9	0,84 (21)
Preparación de trabajos, conferencias y exámenes	9,5	7	0,66 (16,5)
Total	64	86	6 (150)

VIII.- METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. La asignatura se desarrolla durante el segundo semestre del cuarto curso del Grado. Las actividades presenciales de la asignatura se estructuran en **clases expositivas o magistrales de teoría, clases de seminario, tutorías, actividades dirigidas y clases prácticas.**



Las **clases de teoría** (2 horas/semana) serán expositivas y en ellas el profesor presentará de forma ordenada los conceptos teóricos y hechos experimentales que permitan al alumno obtener una visión global y comprensiva de la asignatura, haciendo énfasis en aquellos aspectos más relevantes a efectos de entender la relación estructura-propiedades-aplicaciones. Así mismo, se presentarán ejemplos que clarifiquen los diferentes tópicos abordados. Al comienzo de cada tema se expondrá su contenido y los objetivos principales que se pretenden alcanzar. Al final del tema se podrán sugerir nuevas propuestas que permitan interrelacionar contenidos ya estudiados con los del resto de la asignatura o con otras asignaturas. Como apoyo a las explicaciones teóricas, se proporcionará a los alumnos el material docente apropiado, bien en fotocopias o bien a través del **Campus Virtual**.

Las **clases de seminarios** (0,5 horas/semana) tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de un conjunto de ejercicios (cuestiones y/o problemas). Con anterioridad se entregará a los estudiantes una relación de los mencionados ejercicios para que intenten su resolución previa a las clases de seminario. El profesor resolverá algunos de los ejercicios propuestos, mientras que los alumnos expondrán los resultados obtenidos de su trabajo personal, lo que permitirá abrir un cierto debate científico. En algunos casos se realizará también una puesta en común de los resultados logrados, para lo cual se debería trabajar previamente en grupos reducidos.

Se podrán realizar **exámenes cortos o plantear resolución de cuestiones** para valorar la evolución de los alumnos y el grado de consecución de conocimientos que van adquiriendo.

Con el objeto de realizar un seguimiento más personalizado de los estudiantes, y potenciar el trabajo autónomo en grupo, se propondrán una serie de **actividades dirigidas**.

Cada grupo de alumnos deberá desarrollar un **trabajo** breve, relacionado con alguno de los temas de la asignatura. Ello permitirá que los estudiantes pongan en práctica sus capacidades en la obtención de información, empleando la bibliografía o recursos adecuados, así como sus habilidades relacionadas con las tecnologías de la información. En la elaboración y presentación de los trabajos se ejercitará la capacidad de explicar, esquematizar y comunicar. El trabajo será entregado a los profesores de la asignatura en el formato que se especificará al inicio del curso.

Por otra parte, los contenidos básicos y fundamentales del trabajo serán utilizados en la elaboración de un póster a efectos de su presentación en un minisimposio organizado por los profesores de la asignatura. Se realizará una sesión de apertura y otra de clausura del minisimposio. Adicionalmente, también se llevará a cabo una sesión para la discusión y debate de los pósters, en la que cualquier estudiante podrá preguntar sobre los contenidos de los trabajos.

El profesor programará **tutorías dirigidas** (5 horas/semestre) en grupos reducidos de alumnos sobre cuestiones planteadas, por ellos o por el profesor, relacionadas con el temario de la asignatura. Ellas servirán para conocer las capacidades de los alumnos en la adquisición de conocimientos y competencias de la materia, así como para el asesoramiento en la realización de las diferentes actividades propuestas en el desarrollo de la asignatura. También se dispone de la posibilidad de utilizar las **tutorías individuales** (programadas dentro de la actividad docente del profesor) con el fin de resolver dudas, cuestiones, etc., u otros aspectos relacionados con la asignatura.

Como actividades adicionales para lograr los objetivos propuestos, se podrán programar **conferencias** impartidas por profesores de otras universidades o centros de investigación sobre temas de máxima actualidad o interés, de las que los alumnos tendrán que presentar un resumen y/o responder a un breve cuestionario.



También es previsible programar **visitas a industrias o laboratorios** relacionados con Química Organometálica, a efectos de identificar relaciones entre los contenidos teóricos adquiridos y la aplicabilidad industrial de los compuestos organometálicos.

Se desarrollarán **prácticas de laboratorio** con contenidos directamente relacionados con los teóricos y que servirán de complemento y apoyo a las clases magistrales y seminarios. El trabajo experimental de laboratorio se realizará en cuatro sesiones de 3 horas. En cada una se llevarán a cabo experimentos seleccionados entre los propuestos en el programa práctico de la asignatura. Estas sesiones permitirán al alumno conocer las técnicas de síntesis y caracterización de los compuestos organometálicos, y adquirir destrezas y habilidades experimentales.

Para la realización de las prácticas se proporcionará a los alumnos un guion que recoja la propuesta experimental, así como los aspectos teóricos básicos para su desarrollo. Previamente a la realización de las prácticas los estudiantes deberán completar la información que se les suministra, adquiriendo a través de la bibliografía todos aquellos datos e información que sea necesaria. A continuación, llevarán a cabo el trabajo práctico e irán desarrollando paralelamente una memoria de su trabajo, que refleje de manera detallada cada una de las operaciones realizadas. El profesor lo supervisará y discutirá con el estudiante, resolviendo las dudas que se le hayan presentado durante el desarrollo del trabajo. La memoria de laboratorio se entregará al profesor al final de las sesiones de prácticas.

IX.- BIBLIOGRAFÍA

■ BÁSICA:

Al principio de curso se comentará la bibliografía recomendada, indicando los aspectos más relevantes de cada texto y el grado de adecuación a la asignatura. A continuación se relacionan textos recomendados de carácter general.

- Astruc, D.: *“Organometallic Chemistry and Catalysis”*, Springer, Heidelberg, 2007.
- Elschenbroich, Ch.: *“Organometallics”*, 3rd ed., VCH Publishers, Nueva York, 2006.
- Crabtree, R. B.: *“The Organometallic Chemistry of the Transition Metals”*, 6th ed., Wiley, Nueva York, 2014. (Traducción al castellano de la segunda edición, 1997).

■ COMPLEMENTARIA:

- Bochmann, M.: *“Organometallics and Catalysis: An Introduction”*, Oxford University Press, Oxford, 2014.
- Hartwig, J.: *“Organotransition Metal Chemistry: From Bonding to Catalysis”*, University Science Books, Sausalito, California, 2010.
- Hill, A. F.: *“Organotransition Metal Chemistry”*, Royal Society of Chemistry, Londres, 2002.
- Kegley, S. E.; Pinhas, A. E.: *“Problems and Solutions in Organometallic Chemistry”*, University Science Books, Sausalito, California, 1986.
- Oro, L. A.; Solá, E.: *“Fundamentos y Aplicaciones de la Catálisis Homogénea”*, Universidad de Zaragoza, 2000.
- Spessard, G. O.; Miessler, G. L.: *“Organometallic Chemistry”*, 3rd ed., Oxford University Press, Nueva York, 2015.



- Van Leeuwen, P. W. N. M.: *“Homogeneous Catalysis: Understanding the Art”*, Kluwer, Dordrecht, 2004.
- Whyman, R.: *“Applied Organometallic Chemistry and Catalysis”*, Oxford University Press, Oxford, 2001.

Además de los textos básicos y complementarios, puntualmente, se podrá indicar a los estudiantes bibliografía específica para cada tema.

X.- EVALUACIÓN

Para la evaluación final es obligatoria la participación en las diferentes actividades propuestas. Es obligatorio asistir a todas las tutorías dirigidas así como a todas las sesiones de laboratorio. Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales.

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. Todas las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos, y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

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

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

■ EXAMEN FINAL: 40%

La evaluación de las competencias adquiridas en la parte teórica de la asignatura (CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, CT3-MA1, CT4-MA1) se llevará a cabo mediante la realización de un examen final. Será necesario obtener una puntuación mínima de 3,5 en el examen final para acceder a la calificación global de la asignatura.

■ TRABAJO PERSONAL: 30%

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el alumno se lleva a cabo teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Destreza en la resolución de los problemas y ejercicios propuestos, que se recogerán periódicamente.
- Valoración del trabajo realizado en los seminarios.
- Evaluación de las tutorías programadas en grupo, de asistencia obligatoria.
- Resolución de cuestionarios tipo test o preguntas cortas realizadas al final de cada bloque de contenidos de la asignatura.



- Presentación de resúmenes o cuestionarios relacionados con las conferencias que se programen.

La evaluación de estos aspectos permitirá conocer el grado de consecución de las competencias generales CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, de las específicas CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, y de las transversales CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1.

■ ACTIVIDADES DIRIGIDAS: 15%

Los alumnos desarrollarán, en grupos reducidos, un trabajo seleccionado y relacionado con la asignatura. Cada grupo, a través de la entrega de dicho trabajo, así como del póster elaborado en relación con el mismo, se someterá a la evaluación del profesor. El trabajo realizado se discutirá y debatirá en una sesión que se llevará a cabo en la semana del minisimposio, donde cada estudiante podrá preguntar sobre los contenidos de cualquiera de los pósteres presentados. El profesor valorará tanto el conjunto del trabajo como la claridad y contenidos recogidos en el póster, así como el análisis crítico efectuado por los compañeros en la sesión de debate.

La evaluación de estos aspectos permitirá conocer el grado de consecución de las competencias generales CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, de las específicas CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, y de las transversales CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1.

■ PRÁCTICAS DE LABORATORIO: 15%

La asistencia a las sesiones experimentales de laboratorio es **obligatoria**. Sólo podrán realizarse cambios de grupo por causas justificadas.

El trabajo en el laboratorio será evaluado mediante la valoración de los procedimientos experimentales utilizados, de la aptitud y actitud del alumno en las sesiones y del progreso observado en el alumno.

Se valorará también la memoria del laboratorio realizada por cada alumno durante el período de prácticas. El profesor evaluará la elaboración, presentación e interpretación de los resultados obtenidos así como la capacidad de síntesis.

Esta actividad reforzará los conocimientos adquiridos por el alumno, tanto en las clases presenciales de teoría y seminarios, como en las restantes actividades del curso, lo que redundará en el afianzamiento de todas las competencias generales, específicas y transversales.

Con esta actividad se evalúan las competencias generales CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CG11-MA1, CG13MA1, las específicas CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, CE10-MAQI3, y las transversales CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. Introducción al estudio de los compuestos organometálicos	Teoría	1	1	1ª Semana	1ª Semana
2. Compuestos organometálicos de los elementos de los grupos principales	Teoría	4	1	1ª Semana	3ª Semana
	Seminario	1	1		
	Tutoría programada*	1	2	4ª Semana	
3. Compuestos organometálicos de los elementos de los grupos de transición	Seminario	1,5	1	3ª Semana	3ª Semana
4. Compuestos con ligandos σ -dadores	Teoría	4	1	4ª Semana	5ª Semana
	Seminario	1	1		
	Tutoría programada*	1	2	7ª Semana	
5. Compuestos con ligandos π -dadores	Teoría	8	1	6ª Semana	9ª Semana
	Seminario	2	1		
	Tutoría programada*	1	2	10ª Semana	
6. Aplicaciones catalíticas de los compuestos organometálicos	Teoría	13	1	10ª Semana	15ª Semana
	Seminario	2	1		
	Tutoría programada*	2	2	12ª y 15ª Semanas	
7. Otros temas de interés	Elaboración y presentación trabajos			(**)	
Prácticas de laboratorio	4 Sesiones de laboratorio	3	4	4 días (3 h./día)	

PLANIFICACIÓN POR GRUPO DE TEORÍA

* Las tutorías programadas están sujetas a posibles modificaciones según la planificación del resto de asignaturas del curso.

** Grupos de 3-5 alumnos en función del número de alumnos matriculados.



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Teoría	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG7-MA1, CG8-MA1, CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT11-MA1, CT12-MA1	<ul style="list-style-type: none"> Exposición de conceptos teóricos. Planteamiento de cuestiones y nuevas propuestas. 	<ul style="list-style-type: none"> Toma de apuntes. Resolución de cuestiones. Ampliación de los aspectos tratados. Consulta bibliográfica. Desarrollo de nuevas propuestas. Formulación de preguntas y dudas. 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación de las respuestas realizadas a preguntas relacionadas con los conceptos teóricos. 	30	50	80	30 %
Seminarios	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de la teoría a la resolución de ejercicios y problemas y al desarrollo de los métodos experimentales. Planteamientos de nuevas cuestiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Toma de apuntes. Resolución de ejercicios y cuestiones. Formulación de preguntas y dudas. 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas para la resolución de cuestiones 	7,5	12,5	20	
Tutorías	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG7-MA1, CG8-MA1, CE9-MAQI5, CE9-MAQI6, CE10-MAQI1, CE10-MAQI2, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	<ul style="list-style-type: none"> Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. Planteamiento de cuestiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Consulta al profesor sobre las dificultades que encuentra en el estudio y preparación de la materia. Resolución de las cuestiones planteadas. 		5	7,5	12,5	



Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Conferencias	CG2-MA1, CG2-MA2, CG4-MA1, CG8-MA1, CE9-MAQ15, CE9-MAQ16, CE10-MAQ11, CE10-MAQ12, CT1-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA1	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del conferenciante y del tema de la conferencia. • Planteamiento de cuestiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de resúmenes de las conferencias. • Resolución de cuestiones planteadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración de los resúmenes o cuestiones planteadas en relación con las conferencias. 	2	3	5	
Actividades dirigidas	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CE9-MAQ15, CE9-MAQ16, CE10-MAQ11, CE10-MAQ12, CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta y valoración crítica de trabajos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperación con los compañeros y análisis crítico de los trabajos de otros grupos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración del trabajo y de los análisis realizados. 	1,5	4	5,5	15 %
Exámenes	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CE9-MAQ15, CE9-MAQ16, CE10-MAQ11, CE10-MAQ12, CT3-MA1, CT4-MA1	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta, vigilancia y corrección del examen. • Calificación del alumno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación y realización de los exámenes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrección y valoración de los exámenes. 	6	--	6	40 %
Laboratorios	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CG11-MA1, CG13MA1, CE9-MAQ15, CE9-MAQ16, CE10-MAQ11, CE10-MAQ12, CE10-MAQ13, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación y supervisión del procedimiento experimental. • Enseñanza de la interpretación y discusión de las experiencias realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización y análisis de los experimentos. • Elaboración de la memoria del laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación continua de la actitud y aptitud del alumno en el laboratorio. • Valoración de la memoria. 	12	9	21	15 %

P : presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VIII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminarios** impartidos por el profesor en el régimen habitual, como en el Escenario 1, y con el mismo contenido. Atendiendo al principio de *máxima presencialidad* aprobado por el Rectorado de la UCM, la sesión será seguida presencialmente por los alumnos en el aula, hasta aforo completo considerando distancia social. Los alumnos ubicados en aulas provistas de cámaras, y que no quepan en el aula, seguirán la sesión virtualmente, bien desde su domicilio o en las zonas de uso público habilitadas por la Facultad para este fin, que estarán debidamente publicitados en el CV. Para las aulas que no tienen cámara, se establecerá un turno rotatorio de alumnos presenciales en el aula, atendiendo a la numeración del DNI. Este procedimiento podrá ser modificado por el profesor a lo largo del curso, según considere oportuno, para ir ajustando el aforo del aula con los estudiantes asistentes a su clase.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en el Escenario 1, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Todo el material estará a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados para que los alumnos sin presencialidad en el aula sigan virtualmente las sesiones serán las plataformas:–Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet o Zoom. El profesor mantendrá abierta una sesión de este tipo para establecer una relación directa y fluida con los estudiantes que asisten virtualmente, pudiendo así proyectarse simultáneamente la presentación .ppt y seguir las tradicionales explicaciones que se den en la pizarra.

- **Prácticas de laboratorio** previstas con una presencialidad general mínima del 60% para poder cumplir con la distancia social necesaria. Atendiendo a las particularidades de cada práctica, si es posible en algún caso la presencialidad podrá verse modificada ligeramente. La organización docente experimental se sustenta en los siguientes aspectos:
 - La impartición de cada sesión de prácticas se estructura en tres partes: introducción teórico-práctica, procedimiento experimental y tratamiento de resultados.
 - El procedimiento experimental se desarrollará de forma presencial. En los casos en los que esto no pueda ser viable se prevé la utilización de material grabado o de vídeos comerciales.
 - Las otras dos partes serán impartidas atendiendo a alguno de estas situaciones, o combinaciones entre ellas:
 - (a) Presenciales en un aula, manteniendo así mayor distancia social.
 - (b) Virtuales en sesiones síncronas.
 - (c) Virtuales en sesiones asíncronas.
 - El material docente empleado será el mismo que el utilizado en el Escenario 1, además de material escrito en forma de manuales, resultados numéricos y gráficos y/o presentaciones en PowerPoint acompañadas de explicaciones.
 - Todo el material estará a disposición de los alumnos con antelación a través del Campus Virtual.

- **Tutorías Individuales**
Se realizarán, principalmente, por video conferencia y/o correo electrónico.



- **Seguimiento del alumnado**

En la parte de docencia que se realiza de forma presencial se seguirán las mismas técnicas empleadas de forma tradicional.

En la parte de docencia virtual el seguimiento se realizará por diversas técnicas, según considere el profesor: mediante la herramienta de registro de actividades de cada sesión (Microsoft Teams), el nombre de los asistentes (Google meet), hoja de firmas habilitada en el CV a modo de cuestionario, análisis de descargas efectuadas por los alumnos en el CV, etc.

X.- EVALUACIÓN

Se realizarán exámenes presenciales con el procedimiento descrito en el Escenario 1.



ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VIII.- METODOLOGÍA

Se utilizarán las siguientes herramientas para que el alumno disponga del material necesario para su aprendizaje, utilizando principalmente el Campus Virtual (CV):

- **Clases de teoría y seminario** que serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b) asíncronas. Se utilizarán para ello las herramientas Microsoft Teams, Google Meet o Zoom.
 - El material docente utilizado puede ser variable según la consideración particular de cada profesor. Puede incluir las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en los Escenarios 1 y 2 o adaptadas, provistas de notas y/o de audios explicativos del profesor, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Como en los Escenarios anteriores, todo el material necesario estará a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams o Zoom.
- **Tutorías virtuales** para la resolución de dudas se programarán y llevarán a cabo de forma individual o en grupos reducidos que se podrán realizar en horas diferentes al horario de clases establecido empleando distintas plataformas como Microsoft Teams, Skype, Zoom o mediante correo electrónico del campus virtual o dirigido directamente al profesor.
- **Las prácticas de laboratorio** se desarrollarán como en el Escenario 2, pero el procedimiento experimental presencial será reemplazado por distintas posibles alternativas que garanticen la adquisición de las habilidades y competencias que se pretende. Se podrán hacer **sesiones síncronas** virtuales apoyadas por presentaciones explicativas. Se empleará el material que esté disponible en el CV, que puede incluir videos explicativos, presentaciones, datos experimentales y la bibliografía que se considere necesaria.
- **Las tutorías individuales** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

X.- EVALUACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Identificación de estudiantes:**
Se realizará a través de su acceso al Campus Virtual con su usuario y contraseña personal e intransferible. Además, se identificará mediante la utilización de la webcam del ordenador o la cámara de un teléfono móvil mostrando su DNI, NIE o pasaporte. Adicionalmente, se podrá realizar la identificación a través de la herramienta Tarea del Campus enviando un documento de compromiso aceptando las normas para la realización de la prueba. En dicho documento se deberá hacer constar: nombre y apellidos, firma, lugar y copia del DNI. Esta identificación comenzará media hora antes del examen y finalizará antes del comienzo del mismo.



- **Tipo de examen:**

Se llevará a cabo mediante preguntas, cuestiones o problemas de respuesta abierta, aunque una parte puede ser en forma de cuestionarios. El examen se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) a través de la herramienta de Tareas o Cuestionarios, de tal manera que diferentes estudiantes pueden acceder a exámenes diferentes, pero de la misma complejidad.

- **Seguimiento de estudiantes durante la prueba:**

Se realizará a través de Google Meet o Microsoft Teams. Durante la realización de la prueba, los alumnos deberán tener conectada una cámara (del ordenador o del móvil) que haga posible la comprobación por parte del profesor del cumplimiento del compromiso firmado por el alumno para realizar el examen de forma individual y con los medios indicados. Los estudiantes se comunicarán con su profesor a través del correo electrónico o utilizando el chat del Campus Virtual.

- **Revisión de exámenes:**

Los estudiantes que deseen revisión se pondrán en contacto con los profesores de su grupo mediante correo electrónico y se establecerá el horario de revisión individual o grupos de trabajo mediante Microsoft Teams/Google Meet. El estudiante conservará copia de los ficheros PDF enviados como respuesta del examen para facilitar la revisión. Por otra parte, el profesor podrá requerir del alumno la revisión y discusión interactiva de su examen dentro del plazo que se establezca para la revisión de los mismos que se notificará en el CV.

- **Mecanismo empleado para la documentación/grabación de las pruebas de evaluación para su posterior visualización y evidencia:**

Los documentos enviados por los alumnos para su identificación, así como el examen de cada alumno quedarán guardados en el Campus Virtual para su posterior visualización y evidencia.

El profesor conservará los ficheros (en el formato electrónico que se especifique) del ejercicio de examen enviados por el estudiante, con las calificaciones parciales que estime oportunas. Además, si se estima oportuno, se podrá proceder a la grabación de la sesión del examen, con las limitaciones establecidas por la UCM, para posterior revisión si fuera necesario. Dicha grabación, de efectuarse, se almacenará con las medidas de seguridad necesarias en equipos de UCM y será eliminada pasado el tiempo de revisión.