



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3:

INGENIERÍA DE BIOPROCESOS



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



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Ingeniería de Bioprocesos
NÚMERO DE CRÉDITOS:	6
CARÁCTER:	Optativa
MATERIA:	Bioprocesos Industriales
MÓDULO:	Tecnología Química
TITULACIÓN:	Grado en Ingeniería Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Primero (4º Curso)
DEPARTAMENTO/S:	Ingeniería Química y de Materiales

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo único	
Teoría Seminario Tutoría	Profesora: MERCEDES MARTÍNEZ RODRÍGUEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B71 e-mail: mmr1@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesora: VICTORIA EUGENIA SANTOS MAZORRA Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-104 e-mail: vesantos@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: JUAN MANUEL BOLIVAR BOLIVAR Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-114 e-mail: juanmbol@ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

Conocer, comprender y diseñar las distintas etapas que constituyen un bioproceso.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer y comprender las distintas etapas que integran un proceso biotecnológico.
- Describir y dimensionar los procesos de esterilización.
- Describir y diseñar las operaciones de separación para el aislamiento de productos insolubles y soluble en un proceso biotecnológico.
- Describir y dimensionar diferentes operaciones básicas para la purificación de productos biotecnológicos, fundamentadas en cromatografía y membranas.



- Describir y comprender diferentes operaciones de acabado como la congelación y la liofilización.
- Describir los métodos de envasado.
- Conocer y comprender el concepto de GMP, calidad y validación de procesos biotecnológicos.
- Identificar los fenómenos y variables determinantes en las velocidades de las biotransformaciones.
- Determinar el modelo cinético adecuado para transformaciones enzimáticas y microbianas.
- Conocer los diferentes métodos de inmovilización de biocatalizadores y sus aplicaciones.
- Conocer la metodología general de desarrollo de bioprocesos.
- Conocer y determinar la velocidad de transferencia de oxígeno en transformaciones aerobias.
- Determinar la velocidad de consumo de oxígeno en transformaciones aerobias.
- Conocer e identificar el fenómeno del estrés celular.
- Conocer los diferentes tipos de biorreactores, sus formas de operación y sus aplicaciones.
- Diseñar biorreactores tanque agitado en operación discontinua, semicontínua y continua.
- Conocer las metodologías de cambio de escala en bioprocesos.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber cursado la asignatura de *Ingeniería de la Reacción Química*.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Teoría y práctica de operaciones típicas de procesos biotecnológicos. Diseño de los equipos donde llevar a cabo dichas operaciones. Análisis de reacciones con biocatalizadores (enzimas y células). Análisis y diseño de biorreactores agitados mecánicamente empleando diversas formas de operación.

**PROGRAMA:**

- Tema 1.** Esquema general de los bioprocesos. Etapas. Clasificación de las operaciones básicas biotecnológicas. Fenomenología de las transformaciones biotecnológicas. Clasificación de las transformaciones biotecnológicas. Tipos de biorreactores. Cambio de escala.
- Tema 2.** Esterilización. Parámetros característicos. Métodos. Diseño de ciclos de esterilización térmica. Cambio de escala. Esterilización por otros medios físicos: filtración, radiación. Esterilización con agentes químicos.
- Tema 3.** Análisis fenomenológico de procesos enzimáticos. Cinética. Métodos de inmovilización.
- Tema 4.** Análisis fenomenológico de procesos con células. Desarrollo del proceso. Modelos cinéticos. Transporte gas-líquido. Stress celular.
- Tema 5.** Análisis y diseño de biorreactores. Tipos. Formas de operación. Cambio de escala.
- Tema 6.** Operaciones de aislamiento. Operaciones mecánicas de separación de productos insolubles. Eficiencia de la separación. Liberación de productos intracelulares, ruptura celular y homogeneización. Aislamiento de productos solubles, precipitación, extracción y lixiviación.
- Tema 7.** Operaciones de purificación. Tipos de cromatografía. Modelado. De la cromatografía preparativa en columna y cambio de escala. Operaciones con membranas. Clasificación. Ultrafiltración, ósmosis inversas, pervaporación y diálisis.
- Tema 8.** Operaciones de acabado. Congelación. Principios, métodos y equipo. Liofilización. Etapas y equipos. Concepto GMP (good manufacturing practice). Control de calidad y validación de procesos biotecnológicos.

V.- 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.
- **CG4-TQ1:** Resolver problemas en el área de la ingeniería química con iniciativa, capacidad de decisión y razonamiento crítico.
- **CG5-TQ1:** Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

ESPECÍFICAS:

- **CE20-BI5:** Explicar la secuencia de etapas de un bioproceso.



- **CE20-BI6:** Diseñar los equipos donde llevar a cabo las etapas de separación típicas de un proceso biotecnológico aplicando los fundamentos de la transferencia de materia, transmisión de calor y flujo de fluidos.
- **CE20-BI7:** Formular y calcular los parámetros cinéticos de los modelos cinéticos de sistemas que emplean biocatalizadores.
- **CE20-BI8:** Calcular los parámetros básicos de diseño de biorreactores.
- **CE20-BI9:** Analizar el comportamiento de los biorreactores.

■ **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.
- **CT8-TQ1:** Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.
- **CT11-TQ1:** Aprender de forma autónoma.
- **CT12-TQ1:** Desarrollar sensibilidad hacia la repercusión social y medioambiental de las soluciones ingenieriles.

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	30	50	3,2
Seminarios	15	15	1,2
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Laboratorios	10	7,5	0,7
Preparación de trabajos y exámenes	5	10	0,6
Total	63	87	6



VII.- 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 la dirección y supervisión del progreso de los estudiantes en su trabajo personalizado, así como en la resolución de las dudas planteadas.

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. 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 desarrollen procesos biotecnológicos.

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.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

■ BÁSICA:

- VERRALL, M.S. (Ed.): “*Downstream Processing of Natural Products*”, John Wiley, Nueva York, 1996.
- DORAN, P.M.: “*Principios de Ingeniería de bioprocesos*”, Acribia, 1998.
- GODIÁ, CASASBLANCAS, F. Y LÓPEZ SANTÍN, J. (Eds.): “*Ingeniería Bioquímica*”, Síntesis, 1998.
- GOLDBERG, E. (Ed): “*Handbook of Downstream Processing*”, Blackie Academic & Professional. Londres, 1997.
- AIBA, S; HUMPHREY, A.E. y WILLIS, N.F.: “*Biochemical Engineering*”. 2ª Ed., Academic Press, Nueva York, 1973.
- WANG, D.I.C. y col.: “*Fermentation and Enzyme Technology*”, John Wiley, Nueva York, 1979.
- WINSTON, W.S., KAMALESH, H., SIRKAR, K. (Ed): “*Membrane Handbook*”, Van Nostrand Reinholds, Nueva York, 1992.



■ 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 procesamiento de alimentos”, Síntesis, Madrid, 2002.
- ASENJO, J.A. Y MERCHUCK, J.C.: “Bioreactor System Design”, Marcel Dekker, 1994.
- BAILEY, J.E. Y OLLIS, D.F.: “Biochemical Engineering Fundamentals”, 2ª Ed., McGraw-Hill, 1986.
- BLANCH H.W. Y CLARK, D.S.: “Biochemical Engineering”, Marcel Dekker, 1996.
- GARCÍA-OCHOA, F., GÓMEZ, E., SANTOS, V. E.: “Stirred Tank Bioreactors” en “Comprehensive Biotechnology”, 2nd edition, Volume 2: “Engineering Fundamentals of Biotechnology. Bioreactors: A. Design” Murray Moo-Young (ed.), pp: 179-198.

IX.- EVALUACIÓN

La participación en tutorías dirigidas y sesiones de laboratorio es obligatoria, así como al menos la asistencia al 70% de las actividades presenciales de 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. Estos criterios se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

■ EXÁMENES ESCRITOS

70%

Se realizarán dos exámenes parciales escritos, de carácter principalmente práctico, que representarán el 70% de la evaluación global, siendo necesario obtener una calificación mínima de 4 en cualquiera de ellos para hacer media entre los exámenes parciales. En la convocatoria extraordinaria se realizará un único examen de todo el temario. Será necesario obtener una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en esta actividad (tanto si se realiza por parciales como en un examen global). Se evaluarán las competencias CG1-TQ1, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-BI5, CE20-BI6, CE20-BI7, CE20-BI8, CE20-BI9, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1.

■ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS (TRABAJOS)

15%

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 15% de la evaluación global. Esta actividad permitirá evaluar las competencias CG1-TQ1, CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-TQ1.

■ 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. La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT4-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-TQ1.

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 ésta u otras asignaturas.

En especial, las notas de los exámenes parciales se comunicarán en un plazo máximo de 20 días, salvo en el caso del segundo parcial, en el que el plazo puede ser menor para adaptarse al examen final.

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.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Tema 1	Teoría	1	1	1ª Semana	
Tema 2	Teoría	4	1	1ª Semana	2ª Semana
	Seminario	1	1	2ª Semana	
Tema 3	Teoría	3	1	3ª Semana	3ª Semana
	Seminario	3	1	4ª Semana	4ª Semana
Tema 4	Teoría	4,5	1	5ª Semana	6ª Semana
	Seminario	3	1	6ª Semana	7ª Semana
Tema 5	Teoría	4,5	1	7ª Semana	8ª Semana
	Seminario	3	1	9ª Semana	9ª Semana
Tema 6	Teoría	4	1	10ª Semana	11ª Semana
	Seminario	1	1	11ª Semana	11ª Semana
Tema 7	Teoría	5	1	11ª Semana	13ª Semana
	Seminario	2	1	13ª Semana	13ª Semana
Tema 8	Teoría	4	1	14ª Semana	15ª Semana
	Seminario	2	1	15ª Semana	15ª Semana
Temas 1 a 8	Tutoría	3	1	12ª Semana	15ª Semana
Temas 1 a 8	Laboratorio	10	2 ó 3	6ª Semana	14ª Semana



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Teoría	CE20-BI5, CE20-BI6, CE20-BI7, CE20-BI8, CE20-BI9, CT1-TQ1	Exposición verbal de las líneas maestras de cada tema del programa	Atención y participación activa en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos	30	50	80	---
Seminarios	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-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	15%
Tutorías/Trabajos dirigidos	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-B19, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-TQ1, 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	
Prácticas de laboratorio	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-B17, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-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.	10	7,5	17,5	15%
Exámenes	CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Diseño y corrección del examen. Calificación del alumno	Realización del examen	Examen	5	10	15	70%

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

Si el desarrollo del curso 2020-21 se viese afectado por medidas conducentes a la no presencialidad, se procederá a la adaptación de la Guía Docente para su tránsito a la docencia y evaluación en línea, adoptando medidas similares a las recogidas en las Adendas de las asignaturas del Título del curso 2019-20.



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VII.- 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 con antelación 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 mantener 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 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.
 - Se pedirá a los estudiantes que asistan a los laboratorios con mascarilla y que la utilicen durante toda la sesión. Utilizarán además la pantalla de protección facial indicada en las normas generales.
 - El grupo de estudiantes se organizará en dos subgrupos A y B, cada uno de ellos con un máximo de 10 estudiantes
 - Cada grupo tendrá su correspondiente Profesor Responsable.
 - En el laboratorio tendrá una duración de 5 sesiones. Los tres primeros días se dedicarán a la realización de la práctica en el laboratorio manteniendo las medidas sociosanitarias. En el cuarto y quinto día se realizan los cálculos en un aula de informática de la Facultad, en un aula reservada del edificio B donde cada estudiante lleve su portátil, preferiblemente con la batería cargada. Habría que disponer de algún portátil de reserva por emergencias. Finalmente, y como último recurso si no hubiera disponibilidad de aulas ni de espacio, se podrían hacer los cálculos online con el profesor (sesión de Microsoft Teams o Google Meet).
- **Tutorías individuales**
Se realizarán por videoconferencia 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.

IX.- EVALUACIÓN

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



ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminario** que serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b) asíncronas.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en los Escenarios 1 y 2, presentaciones PowerPoint acompañadas de grabaciones de voz donde se incluyen las explicaciones necesarias como si fuese una clase presencial, 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 estará con antelación 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 o Zoom.
- **Prácticas de laboratorio** que se desarrollarán como en el Escenario 2, pero el procedimiento experimental presencial será reemplazado por distintas posibles alternativas: material escrito a modo de tutorial donde se describa detalladamente el procedimiento, grabaciones previas de los experimento y videos de experiencias similares que garanticen la adquisición de las habilidades y competencias que se pretende.
- **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.

IX.- EVALUACIÓN

- **Conexión, Identificación y firma comportamiento ético**
La identificación de los alumnos que realicen el examen deberá ser llevada a cabo a través de:
 - i. Su acceso al Campus Virtual (usuario y contraseña UCM), el cual queda registrado.
 - ii. El envío de su DNI, pasaporte, o carné de estudiante UCM (escaneado o foto).
 - iii. Su imagen de video a través de Google Meet o Microsoft Teams (desde la cámara del ordenador o del móvil).La identificación debe realizarse antes del inicio del examen. Así, se convocará con suficiente tiempo para que puedan acceder al campus virtual (usuario y contraseña



UCM), lo cual queda registrado. También se programará una TAREA en el espacio del Campus virtual de la asignatura para que los estudiantes envíen una imagen escaneada o una foto de su carnet de estudiante UCM, del DNI, NIE o PASAPORTE junto a una declaración manuscrita y firmada indicando que su comportamiento durante el examen va a ser ético aceptando las normas a tener en cuenta respecto a la utilización o cooperación en procedimientos fraudulentos. El profesor incluirá en la tarea el texto del documento que tienen que escribir y firmar. El documento enviado por los estudiantes para la identificación se albergará en el Campus Virtual bajo la protección legal de la UCM y, transcurrido el plazo legalmente establecido, se procederá a su borrado permanente. Adicionalmente podrán realizarse comprobaciones telemáticas a lo largo del examen por parte del profesor mediante la cámara y en cualquier momento el profesor podrá requerir a cualquier estudiante que identifique su presencia mediante voz y vídeo.

En este periodo antes del examen el profesor recordará en qué va a consistir el examen y como pueden contactar los estudiantes si hay eventualidades: por correo electrónico o a través del chat de Moodle.

- **Tipo de examen**

Los profesores subirán con antelación suficiente al Campus Virtual de su asignatura, las instrucciones detalladas en las que se informe correctamente a los estudiantes del formato de examen a utilizar. Además, deberá indicar los recursos y material necesario, así como el tipo de identificación antes y durante el examen y cómo debe realizarse la entrega. Se podrá llevar a cabo un Simulacro telemático, utilizando las mismas herramientas que en el examen final, en fecha anterior a la del examen, de carácter explicativo, a fin de que se puedan adelantar y solucionar distintos problemas técnicos que los alumnos puedan encontrar durante el desarrollo de la prueba. El propósito del simulacro es que los estudiantes comprendan y se familiaricen con la metodología con la que se realizará el examen y comprueben que todo funciona.

El examen virtual tendrá distintos formatos dependiendo de la actividad y de las competencias a evaluar y se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) a través de las herramientas que esta plataforma ofrece:

- Cuestionarios de preguntas multi-opción, de desarrollo o de respuesta corta, utilizando las distintas herramientas que ofrece el Campus Virtual.
- Tareas secuenciales, con un único envío por tarea. Cuando se trate de tareas que requieran de cálculos y planteamientos, el estudiante debe enviar la solución manuscrita con la justificación de todos los cálculos y razonamientos hechos en formato pdf o jpg. Los ficheros han de estar ordenados, han de poder verse de forma clara, las páginas tienen que estar numeradas y con la orientación adecuada, habiendo firmado e incluido el DNI o el documento de identificación utilizado en cada una de las hojas.
- Pruebas orales grabadas en sesiones de Microsoft Teams (o en Google Meet).

En cualquier caso, el tiempo máximo por examen es de 3 horas.

- **Seguimiento de estudiantes durante la prueba**

El seguimiento de estudiantes durante la prueba se podrá efectuar tanto de forma sincrónica mediante conexión abierta de Microsoft Teams en Moodle o mediante



Google Meet, así como de forma asincrónica, comprobando el correcto desarrollo de la prueba mediante la sección de registros de actividad de la asignatura en el Campus Virtual. Google Meet dispone de dos extensiones que pueden resultar de utilidad y se instalan en el navegador con facilidad: Grid View (para poder ver un mosaico en pantalla con todos los que están conectados) y Meet Attendance (para obtener un Excel con la lista de asistentes). Los alumnos podrán dirigir al profesor sus dudas y preguntas durante la realización del examen por vía telemática utilizando el chat o el correo electrónico del Campus Virtual.

- **Revisión de exámenes**

Consistirá en revisiones síncronas previa solicitud razonada de los estudiantes, asignando un espacio de tiempo a cada uno; el estudiante tiene el derecho a revisar todas las evidencias que se hayan usado para decidir su calificación. Para ello, se creará la pertinente actividad en el Campus Virtual haciendo uso de Microsoft Teams o Google Meet compartiendo los documentos necesarios. Si ha sido necesaria la realización de alguna prueba oral a algún estudiante, se dispondrá de la correspondiente grabación. Las videoconferencias de las revisiones serán grabadas.

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

Los exámenes y demás evidencias utilizadas para la evaluación se grabarán y almacenarán en el Campus Virtual, de manera que sean accesibles para todos los profesores de la asignatura. Dichas grabaciones no se podrán utilizar para fines distintos que la identificación de los estudiantes o el seguimiento de la realización de los exámenes. Las grabaciones realizadas durante la entrevista para la revisión de las calificaciones solicitada por un estudiante sólo podrán utilizarse para este fin. Todas las sesiones grabadas se mantendrán únicamente durante el tiempo previsto en la normativa académica para la conservación de las pruebas de evaluación y para futuras auditorías externas y serán almacenadas en los servidores de la UCM con las medidas de seguridad adecuadas, nunca en dispositivos privados.

Con carácter general, la referencia de actuación será recogida en la página web de la Facultad.