



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3 :

OPERACIONES DE SEPARACIÓN



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



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA: Operaciones de Separación
NÚMERO DE CRÉDITOS: 12
CARÁCTER: Obligatoria
MATERIA: Ingeniería de la Producción Química
MÓDULO: Tecnología Química
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE: Anual (tercer curso)
DEPARTAMENTO: Ingeniería Química y de Materiales

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo A	
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: GABRIEL OVEJERO ESCUDERO Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-151 e-mail: govejero@ucm.es
	Profesor: JOSÉ ANTONIO DELGADO DOBLADEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-144 e-mail: jadeldob@ucm.es
	Profesora: LOURDES CALVO GARRIDO Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-111 e-mail: lcalvo@ucm.es
	Profesor: ISMAEL ÁGUEDA MATÉ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-168 e-mail: viam@ucm.es
Prácticas	Coordinador: ISMAEL ÁGUEDA MATÉ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA 168 e-mail: viam@ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este curso es el estudio de las operaciones de separación más utilizadas en la industria química y el diseño del equipo donde se llevan a cabo.



El objetivo general es proporcionar al estudiante un conocimiento extenso y profundo sobre los fundamentos de las principales operaciones de separación, tanto las que se basan en etapas de equilibrio entre fases como aquellas que se diseñan en base a la velocidad de transporte entre las fases. También se pasa revista a los métodos de diseño y cálculo de las dimensiones de los equipos donde se llevan a cabo dichas operaciones.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir los mecanismos de transferencia de materia, incluyendo el efecto del flujo másico global.
- Calcular las velocidades de transferencia de materia y los gradientes de composición en condiciones de difusión equimolar en contracorriente y de difusión unimolecular.
- Calcular las velocidades de transferencia de materia por difusión molecular en un flujo laminar.
- Comprender los grupos adimensionales utilizados en las correlaciones de los coeficientes de transferencia de materia.
- Explicar el papel de las operaciones de separación en los procesos químicos industriales.
- Explicar el uso de un agente energético de separación y/o un agente material de separación en una operación de separación.
- Calcular el número de variables de diseño de un proceso de separación o de cualquier elemento incluido en un proceso y elegir un grupo de especificaciones.
- Calcular las cantidades y composiciones de las fases resultantes de una destilación súbita.
- Calcular las dimensiones del equipo separador de las fases resultantes de una destilación súbita.
- Explicar en destilación la necesidad del condensador para producir el reflujo y de la caldera para producir el vapor ascendente.
- Determinar las cinco líneas de construcción utilizadas en el método de McCabe-Thiele para una destilación de una mezcla binaria.
- Distinguir entre las cinco posibles condiciones térmicas del alimento a una columna de destilación.
- Aplicar el método simplificado de McCabe-Thiele para calcular la razón de reflujo mínima, el número mínimo de pisos de equilibrio, el número de pisos para una razón de reflujo especificada mayor que su valor mínimo y la posición óptima del piso de alimentación, para conseguir una determinada separación entre los dos componentes de la alimentación a una columna de destilación.
- Extender la aplicación del método simplificado de McCabe-Thiele a una columna de destilación con múltiples alimentos, corrientes laterales o inyección directa de vapor.
- Comprender el concepto de polo de cada sector de una columna de destilación.
- Aplicar el método de Ponchon-Savarit para calcular la razón de reflujo mínima, el número mínimo de pisos de equilibrio, el número de pisos para una razón de reflujo especificada mayor que su valor mínimo y la posición óptima del piso de alimentación, para conseguir una determinada separación entre los dos componentes de la alimentación.
- Para una destilación multicomponente, seleccionar los dos componentes clave, la presión de operación y el tipo de condensador.
- Para una separación especificada entre los dos componentes clave en una columna de destilación multicomponente, calcular el número mínimo de pisos de equilibrio



- y la distribución de los componentes distintos de los clave mediante la ecuación de Fenske, la razón de reflujo mínima por el método de Underwood, el número de pisos de equilibrio para una razón de reflujo mayor que su valor mínimo mediante la correlación de Gilliland y localizar la posición del piso de alimentación.
- Calcular el número de pisos de equilibrio necesarios para una destilación multicomponente mediante el método aproximado de los factores de absorción y desorción efectivos de Kremser.
 - Discutir las situaciones en las que la extracción líquido-líquido puede preferirse a la destilación.
 - Calcular la mínima cantidad de disolvente y para un valor superior a éste, calcular las composiciones y caudales de las corrientes extracto y refinado obtenidas en un sistema de extracción de una o varias etapas de equilibrio de extracción en serie.
 - Para una recuperación especificada de un soluto, calcular el número de etapas de equilibrio necesarios en una cascada de etapas de equilibrio con flujo en contracorriente, con y sin reflujo.
 - Calcular la eficacia global de una columna de pisos y determinar el número de pisos reales a partir del número de pisos teóricos de equilibrio y la altura de la columna de destilación.
 - Determinar el diámetro de una columna de pisos y dimensionar el depósito separador del condensado.
 - Determinar la altura y número de unidades de transferencia en una columna de relleno para la absorción de mezclas binarias, diluidas y concentradas.
 - Calcular la altura de una columna de relleno para un proceso de absorción.
 - Para una columna de relleno, determinar la altura equivalente a un piso teórico de equilibrio.
 - Explicar las diferencias entre punto de carga o arrastre y punto de anegamiento de una columna de relleno.
 - Estimar el diámetro de una columna de relleno y la caída de presión a través del relleno.
 - Conocer los adsorbentes porosos más utilizados y sus propiedades más significativas.
 - Diferenciar entre quimisorción y adsorción física.
 - Comparar las diferentes isotermas de adsorción utilizadas para la correlación del equilibrio de adsorción de un componente.
 - Estimar la velocidad de adsorción global en función del transporte a través de las diferentes etapas de que consta el fenómeno.
 - Explicar los conceptos anchura de la zona de transferencia y de curva de rotura de un lecho fijo de adsorción.
 - Calcular la altura, diámetro y ciclo de tiempo de un lecho fijo de adsorción.
 - Explicar cómo trabajan las resinas intercambiadoras de iones.
 - Conocer las definiciones de las magnitudes que se utilizan en psicrometría.
 - Diferenciar entre temperatura de saturación adiabática y temperatura húmeda.
 - Diseño de un humidificador.
 - Explicar los conceptos de humedad de equilibrio y humedad libre, y agua ligada y no ligada, de un sólido.
 - Describir los diferentes periodos del proceso de secado.
 - Calcular las velocidades de secado en los diferentes periodos.
 - Diseñar un secadero continuo en diferentes condiciones de secado.
 - Explicar cómo crecen los cristales y cómo puede medirse su distribución de tamaños.
 - Diferenciar entre nucleación primaria y secundaria de cristales.



- Aplicar el modelo MSMPR para diseñar un cristizador continuo.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS

■ RECOMENDACIONES

Se recomienda haber cursado la asignatura “*Termodinámica Aplicada*” del 2º curso, 2º semestre (4º semestre).

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS

Mecanismos de transferencia de materia: coeficientes de transporte. Operaciones de separación controladas por la transferencia de materia: destilación, extracción, lixiviación, absorción, adsorción e intercambio iónico. Operaciones de separación controladas conjuntamente por la transferencia de materia y calor: operaciones de interacción aire-agua, secado y cristalización. Equipo para las operaciones de separación.

■ PROGRAMA

BLOQUE 1. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

Tema 1. Mecanismos de transferencia de materia. Coeficientes de transporte.

BLOQUE 2. OPERACIONES DE SEPARACIÓN CONTROLADAS POR LA TRANSFERENCIA DE MATERIA

Tema 2. Introducción a las operaciones de separación. Definiciones y clasificación. Variables de diseño de un sistema de separación.

Tema 4. Destilación súbita. Diseño del equipo para la separación súbita.

Tema 5. Destilación de mezclas binarias. Métodos de cálculo simplificados y rigurosos. Destilación discontinua.

Tema 6. Destilación de mezclas multicomponentes. Métodos de cálculo aproximados y rigurosos.

Tema 7. Extracción de mezclas binarias y multicomponentes. Métodos de cálculo aproximados. Lixiviación.

Tema 9. Absorción. Absorción y desorción de uno o varios componentes.

Tema 11. Adsorción. Equilibrio y cinética. Adsorbentes. Adsorción en lecho fijo. Intercambio iónico.

BLOQUE 3. OPERACIONES DE SEPARACIÓN CONTROLADAS CONJUNTAMENTE POR LA TRANSFERENCIA DE MATERIA Y CALOR

Tema 12. Operaciones de interacción aire-agua. Propiedades del aire húmedo. Humidificación y deshumidificación de aire. Enfriamiento de agua. Diseño de equipos.



Tema 13. Secado. Equilibrio y cinética. Diseño de secaderos.

Tema 14. Cristalización. Equilibrio y cinética. Diseño de cristalizadores.

BLOQUE 4. EQUIPO PARA LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN

Tema 3. Equipo para el contacto entre fases. Columnas de pisos y de relleno. Otros equipos.

Tema 8. Diseño de columnas de pisos. Condiciones fluidodinámicas. Eficacia de pisos.

Tema 10. Diseño de columnas de relleno. Condiciones fluidodinámicas. Eficacia de relleno.

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 las operaciones de transferencia de materia.
- **CG4-TQ1:** Aplicar conceptos de transferencia de materia y operaciones de separación. Diseñar los equipos de transferencia de materia.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE20-IP8:** Explicar los mecanismos y las leyes básicas del transporte de materia.
- **CE20-IP9:** Identificar los principios en que se basan las diferentes operaciones de separación.
- **CE20-IP10:** Diseñar los equipos en que llevar a cabo las diferentes operaciones de separación.
- **CE22-IP2:** Medir los parámetros técnicos en equipos e instalaciones de operaciones de separación basadas en la transferencia de materia y para su interpretación técnica.
- **CE23-IP2:** Utilizar los programas comerciales de simulación en ingeniería química.

■ TRANSVERSALES:

- **CT1-TQ1:** Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
- **CT2-TQ1:** Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
- **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 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.



VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Teoría	68	82	6
Seminarios	33	37	2,8
Tutorías	4	11	0,6
Laboratorio	25	19	1,76
Exámenes	6	15	0,84
Total	136	164	12

VII.- METODOLOGÍA

El tiempo lectivo del curso se divide en clases teóricas, seminarios y tutorías.

La **teoría** se desarrollará en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. Las clases teóricas consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán los conocimientos teóricos necesarios para resolver los ejemplos prácticos que se ven durante el curso.

Los **seminarios** se desarrollarán en dos grupos, formado cada uno de ellos por la mitad de los estudiantes matriculados en la asignatura. En estas clases se abordará tanto la resolución de problemas previamente propuestos como algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos.

Las **tutorías** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. En las tutorías se supervisará el progreso de los estudiantes en su trabajo personal.

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.

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 y de seminario, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

■ BÁSICA:

- SEADER, J.D., HENLEY, E.J., “*Separation Process Principles*”, 2ª Ed., John Wiley; New Jersey, 2006.
- WANKAT, P.C., “*Equilibrium-Stage Separations*”, Prentice Hall PTR; Englewood Cliffs, NJ, 1988.



- WANKAT, P.C., “*Rate-Controlled Separations*”, Blackie Academic & Professional; Glasgow, UK, 1996.
- RICHARDSON, J.J., HARKER, J.H., BACKHURST, J.R., “*Coulson and Richardson’s Chemical Engineering*”. Vol. 2”, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.

■ COMPLEMENTARIA:

- KISTER, H.Z., “*Distillation Design*”, McGraw Hill, New York, 1992.
- KING, C.J., “*Procesos de separación*”, Repla, México. 1988.
- TREYBAL, R.E., “*Operaciones de transferencia de masa*”, McGraw-Hill, México, 1988.

IX.- EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiante, así como la calificación final de la asignatura se obtendrá de forma ponderada atendiendo a los porcentajes que se expresan a continuación y que se mantendrán en todas las convocatorias.

■ EXÁMENES ESCRITOS

70%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP8, CE20-IP9, CE20-IP10, CE23-IP2, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1) se realizará mediante dos exámenes parciales escritos, de carácter principalmente práctico, que representan el 70% de la evaluación global. Uno de los exámenes se programará a la mitad del curso, aproximadamente, y el otro al finalizar éste. Los estudiantes que superen los dos exámenes parciales, con una nota de al menos 4,0 sobre 10,0 en cada uno de ellos y que la nota media sea al menos de 5,0 sobre 10,0, no estarán obligados a presentarse al examen final escrito (convocatorias ordinaria y extraordinaria). Será necesario obtener una puntuación mínima de 5,0 puntos sobre 10,0 en el examen final escrito para acceder a la calificación global de la asignatura. Este último criterio se mantendrá para la convocatoria extraordinaria.

■ TRABAJO PERSONAL

10%

El trabajo personal realizado por el estudiante se evaluará teniendo en cuenta su destreza en la resolución de problemas modelo mediante controles escritos o su entrega personalizada.

La evaluación del trabajo personal permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG4-TQ1, CE20-IP10, CT2-TQ1, CT8-TQ1 y representa el 10% de la evaluación global.

■ LABORATORIO

20%

La asistencia del estudiante a las sesiones prácticas del laboratorio será obligatoria. La evaluación se realizará teniendo en cuenta la calidad de la memoria técnica de cada una de las prácticas, las respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor durante el desarrollo del laboratorio y un examen escrito.



La evaluación del trabajo personal permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG1-TQ2, CE22-IP2, CE23-IP2, CT8-TQ1 y representa el 20% de la evaluación global.

■ ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura, en cualquiera de las convocatorias, el estudiante debe haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría, seminarios y tutorías), siendo además obligatoria la asistencia al laboratorio.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes parciales, laboratorios, tutorías, y 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 siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

BLOQUE	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Bloque 1. Mecanismos de transferencia de materia.	Teoría	4	1	1ª Semana	
	Seminario/Tutoría	2	2	2ª Semana	
Bloque 2. Operaciones de separación controladas por la transferencia de materia	Teoría	43	1	2ª, 4ª a 10ª, 12ª, 14ª a 22ª Semana	
	Seminario/Tutoría	19	2	2ª, 4ª a 10ª, 12ª, 14ª a 22ª Semana	
Bloque 3. Operaciones de separación controladas conjuntamente por la transferencia de materia y calor	Teoría	12	1	22ª a 30ª Semana	
	Seminario/Tutoría	13	2	22ª a 30ª Semana	
Bloque 4. Equipo para las operaciones de separación	Teoría	9	1	3ª, 11ª y 13ª Semana	
	Seminario/Tutoría	3	2	3ª, 11ª y 13ª Semana	
Bloques 1 a 4	Laboratorio	25	2	17ª y 26ª Semana	



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad estudiante	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Teoría	CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP8, CE20-IP9, CE20-IP10	Exposición verbal de las líneas maestras de cada tema del programa	Atender y participar activamente en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos	68	82	150	
Seminarios	CG4-TQ1, CE20-IP10, CE23-IP2, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1	Planteamiento y resolución de cuestiones y problemas de carácter numérico	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos	Exámenes escritos	33	37	70	
Tutorías	CG4-TQ1, CE20-IP10, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Supervisión del progreso de los estudiantes. Corrección de los controles escritos	Desarrollo de su trabajo personal y realización de controles escritos	Controles escritos y entrega de problemas resueltos	4	11	15	10%
Laboratorio	CG1-TQ2, CE22-IP2, CE23-IP2, CT8-TQ1	Diseño de las prácticas de laboratorio y corrección del examen escrito	Obtención e interpretación de los datos experimentales, realizando una memoria técnica de cada práctica. Realización del examen escrito	Evaluación de las memorias técnicas de cada práctica, respuesta a las cuestiones del profesor y examen escrito	25	19	44	20%
Exámenes	CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP10, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Diseño y corrección del examen. Calificación del estudiante	Realización del examen	Exámenes escritos	6	15	21	70%

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 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: Google Meet, Microsoft Teams 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:
 - Se tiene previsto la resolución de un test antes del inicio de cada sesión.
 - La impartición de cada sesión prácticas se estructura en dos partes: 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.
 - El tratamiento de resultados será impartido atendiendo a alguna 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 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, 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

- **Clases de teoría virtual** para cada grupo se realizarán publicando en el Campus archivos con el contenido teórico del tema y presentaciones de Power Point provistas de notas y/o de audios explicativos del profesor. Asimismo, se impartirán algunas clases online mediante el empleo de plataformas como Google Meet que permiten la participación de los alumnos y la interacción de los alumnos con el profesor.
- **Seminarios virtuales** consistirán en el desarrollo completo y detallado de un conjunto de problemas seleccionados, cuyos enunciados ya se han distribuido para que el estudiante los intente resolver por su cuenta una vez impartido el tema. Las soluciones de dichos problemas se les facilitará a los alumnos perfectamente explicados a través del Campus Virtual.
- **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 Skype, Zoom o bien a través del chat del Campus virtual o mediante correo electrónico dirigido directamente al profesor.
- Las **prácticas de laboratorio** serán sustituidas por **sesiones síncronas** virtuales apoyadas por presentaciones explicativas.
 - Se emplea el material que se detalla a continuación y que está disponible en el CV de cada grupo de prácticas:
 - Guion de la práctica.
 - Presentación explicativa del fundamento teórico.
 - Vídeo explicativo del procedimiento experimental.
 - Datos experimentales
 - 1 sesión síncrona con Google Meet.
 - Grabación de la sesión síncrona
- **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

- **Antes del examen: Conexión, Identificación y firma comportamiento ético.**

La identificación de los alumnos que realicen el examen deberá ser llevada a cabo a través de:

- su acceso al Campus Virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado.
- envío de DNI, pasaporte, o carnet de estudiante UCM (escaneado o foto).
- imagen de video a través de Google Meet (desde la cámara del ordenador o del móvil).

La identificación debe realizarse antes del inicio del examen. Así, se les debe convocar con suficiente tiempo para que puedan acceder al campus virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado. También puede programarse 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 pueden 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 recomienda 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.

- **Durante el examen: Seguimiento de la prueba**

El seguimiento de estudiantes durante la prueba se podrá efectuar tanto de forma sincrónica mediante conexión abierta 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 no presencial**

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 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 podrán ser grabadas.

- **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.

