



Proyecto/Guía docente de la asignatura				Project/Course Syllabus
Asignatura Course	Tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO ₂ .			
Materia Subject area	Nuevas Tecnologías basadas en termofluidos para la descarbonización.			
Módulo Module	Estrategias y herramientas para el desarrollo de tecnologías de naturaleza térmica y fluidomecánica útiles para la transición energética			
Titulación Degree Programme	Máster Universitario en Energía: Aplicaciones de Termofluidos para la Transición Energética			
Plan Curriculum	728	Código Code	55489	
Periodo de impartición Teaching Period	Primer Cuatrimestre	Tipo/Carácter Type	Obligatoria	
Nivel/Ciclo Level/Cycle	Máster	Curso Course	1º	
Créditos ECTS ECTS credits	4			
Lengua en que se imparte Language of instruction	Castellano			
Profesor/es responsable/s Responsible Teacher/s	Jhon Fredy Velez Jaramillo			
Datos de contacto (E-mail, teléfono...) Contact details (e-mail, telephone...)	jhonfredy.velez@uva.es 983 18 66 77			
Departamento Department	Ingeniería Energética y Fluidomecánica			
Fecha de revisión por el Comité de Título Review date by the Degree Committee	22/06/2026			

En caso de guías bilingües con discrepancias, la validez será para la versión en español.
In the case of bilingual guides with discrepancies, the Spanish version will prevail.

1. Situación / Sentido de la Asignatura**Course Context and Relevance****1.1 Contextualización****Course Context**

La creciente preocupación por el impacto de las emisiones de CO₂ sobre el medio ambiente ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar e implementar estrategias eficaces para su reducción. En este contexto, la Captura, Transporte y Almacenamiento de Carbono (CCS, Carbon Capture and Storage) se ha consolidado como una de las tecnologías con mayor potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático, generando una demanda creciente de profesionales especializados en este ámbito.

Este curso se enfoca en presentar perspectivas actualizadas sobre la captura, transporte y almacenamiento de CO₂ enmarcadas dentro de los objetivos de desarrollo sostenible mundial. En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de generar nuevas estrategias de desarrollo sostenible alrededor del tema de emisiones de CO₂, siendo incentivada la búsqueda de alternativas que mitiguen y/o resuelvan sus impactos.

La tecnología CCS consiste en la captura del dióxido de carbono procedente de procesos industriales y energéticos, seguida de su transporte y almacenamiento seguro en formaciones geológicas profundas, evitando su liberación a la atmósfera. Asimismo, el CO₂ capturado puede ser utilizado en diversas aplicaciones industriales, dando lugar al concepto CCUS (Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono), que engloba procesos como la recuperación mejorada de hidrocarburos y la producción de combustibles, productos químicos y materiales de construcción.

El curso ofrece una visión global de las motivaciones, desafíos y soluciones tecnológicas asociadas a la captura, transporte y almacenamiento de carbono. Se analizan las principales tecnologías de captura de CO₂, los sistemas de transporte y las alternativas de almacenamiento y uso, considerando aspectos técnicos, económicos y medioambientales, así como su grado de desarrollo e implantación.

La formación se complementa con el estudio de casos reales y proyectos en operación, junto con seminarios y conferencias impartidas por especialistas, proporcionando una visión actualizada de las tendencias y avances más relevantes en el sector.

1.2 Relación con otras materias**Connection with other subjects**

- Almacenamiento y transporte de hidrógeno. Tecnologías actuales y futuras: Existen sinergias tecnológicas y conceptuales, por ejemplo, en los materiales de captura y de almacenamiento en cuanto a fundamentos sobre porosidad, reactividad, seguridad, etc.
- Propiedades termofísicas de combustibles y vectores energéticos renovables: Conceptos vistos en esta asignatura son directamente aplicables al almacenamiento y transporte de CO₂.
- Tecnologías para la generación y uso de e-combustibles y bio-combustibles: El CO₂ como insumo clave para la síntesis de e-combustibles (metanol, amoníaco, hidrocarburos sintéticos, etc.), requiere de un almacenamiento y transporte previo en la cadena de producción de estos combustibles sostenibles.



1.3 Prerrequisitos

Prerequisites

Para un adecuado seguimiento de la asignatura, es preciso un dominio suficiente de:

- Fundamentos de Termodinámica y Termofluidos: Primera y segunda ley de la termodinámica, procesos de compresión y expansión de gases, propiedades de gases reales y mezclas, equilibrio de fases (gas-líquido), flujo compresible e incompresible, transporte de calor y masa.
- Química general y fisicoquímica: Reacciones químicas, equilibrio químico y cinética

Así como:

- Capacidad para la resolución de problemas matemáticos.
- Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la física.



2. Resultados del proceso de formación y de aprendizaje (RD 822/2021) o competencias (RD 1393/2007)

Learning outcomes (RD 822/2021) or competences (RD 1393/2007)

2.1 (RD822/2021) Conocimientos o contenidos

Knowledge or content

CO7 - Seleccionar las rutas tecnológicas más adecuadas de captura-transporte-almacenamiento y uso de CO₂ en función del tamaño y tipo de aplicación. Comprender el impacto sobre el efecto invernadero de las fuentes emisoras y conocer el conjunto de tecnologías aplicables y sus aspectos claves. Capacidad para integrar aspectos técnicos, económicos, de sostenibilidad, de impacto medioambiental, de regulación y percepción pública en el desarrollo de un proyecto de captura, transporte y almacenamiento de dióxido de carbono.

2.2 (RD822/2021) Habilidades o destrezas

Skills or abilities

H3 - Saber seleccionar y dimensionar elementos, equipos y sistemas de transformación energética de naturaleza termofluidomecánica para implementarlos en instalaciones energéticas

2.3 (RD822/2021) Competencias

Competences

CT1. Capacidad de comunicación escrita. Ser capaz de expresar conclusiones claras y comprensibles sobre aspectos complejos y especializados construidas a partir de argumentaciones sólidas, adaptadas al tipo de público receptor y ámbito

CT2. Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma. Ser capaz de desarrollar una estrategia personal de formación, evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo.

CT3. Capacidad de resolución de problemas complejos. Ser capaz de aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en entornos nuevos, de alta complejidad o no completamente definidos.

CT4. Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz. Promover una actitud colaborativa con reparto eficaz de actividades y compromisos, transmisión abierta de información, seguimiento colectivo, integración de resultados y resolución consensuada de posibles conflictos.

CT5. Capacidad para la creatividad y la innovación. Ser capaz de percibir las situaciones contextuales como oportunidades de innovación tecnológica y ser capaz de encontrar soluciones creativas para resolver un problema. Desde la exploración crítica de lo que existe, concretar propuestas propias con valor y posibilidades ciertas de llevarse a la práctica.

CT6. Capacidad de evaluar. Ser capaz de analizar el planteamiento y la propuesta presentada, estableciendo razonablemente la valoración de la solución propuesta y comparando el resultado obtenido con el esperado para realizar una valoración de la justificación y un análisis crítico de los resultados.

SC5 - Optimización de la gestión energética e introducción de tecnologías para la descarbonización en sectores industriales grandes consumidores de energía (siderurgia, cemento, cerámica, vidrio, etc.).

3. Objetivos

Course Objectives

- Analizar el papel de las emisiones de gases de efecto invernadero en el cambio climático y evaluar las distintas perspectivas y desafíos asociados a la generación de energía en el contexto actual, así como las principales estrategias de mitigación y descarbonización.
- Comprender los fundamentos científicos y tecnológicos de la captura, acondicionamiento, transporte, utilización y almacenamiento de CO₂, incluyendo los fenómenos fisicoquímicos involucrados en los procesos de captura y las interacciones gas-sólido basadas en fenómenos de superficie.
- Conocer los principales mecanismos de almacenamiento geológico del CO₂ y las rutas de transformación y valorización del carbono capturado dentro de la cadena de valor del CO₂.
- Evaluar y seleccionar las tecnologías y métodos más adecuados de captura, utilización y almacenamiento de CO₂ en función de las características de cada aplicación, escala de operación y sector industrial.
- Identificar oportunidades para la aplicación de materiales avanzados y nanotecnología en procesos de captura, transporte, utilización y almacenamiento de CO₂, valorando su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de estas tecnologías.
- Desarrollar la capacidad de integrar tecnologías emergentes en la cadena de valor del CO₂, con especial atención a su aplicación en sectores industriales y energéticos, incluyendo la industria del petróleo y gas.
- Integrar criterios técnicos, económicos, regulatorios, medioambientales y de aceptación social en el análisis, diseño y evaluación de proyectos de captura, transporte, utilización y almacenamiento de carbono.

4. Contenidos y/o bloques temáticos**Course Contents and/or Modules****Bloque 1: Cambio Climático, Transición Energética y Estrategias de Mitigación**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0,5
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación**a. Context and rationale**

Este bloque introduce al estudiante en el marco global y la necesidad técnica de la descarbonización. Este bloque asienta la base científica y motivacional de la asignatura. Se justifica la necesidad de las tecnologías de captura de carbono no como una solución aislada, sino como un pilar crítico e indispensable dentro de un portfolio de estrategias de mitigación para sectores de difícil abatimiento y la generación de energía.

b. Objetivos de aprendizaje**b. Learning objectives**

Al finalizar este bloque, el estudiante será capaz de:

- Demostrar con evidencia científica y conocimiento actualizado la relación existente entre la emisión y acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) de fuentes antropogénicas y el cambio climático.
- Conocer las distintas estrategias de mitigación del cambio climático y la transición energética, situando el papel del CCUS en el marco de las hojas de ruta de descarbonización global y los objetivos de neutralidad climática internacionales.

c. Contenidos**c. Contents**

Tema 1: El sistema energético e industrial actual: emisiones de GEI y cambio climático.

Tema 2: El ciclo del carbono y principales fuentes de emisión de CO₂.

Tema 3: Estrategias globales de mitigación y descarbonización: el papel de las tecnologías CCUS.

Tema 4: Perspectivas y desafíos climáticos y energéticos en el contexto actual.

d. Métodos docentes**d. Teaching and Learning methods**

- Clases teóricas (lecciones magistrales) y de debate (aprendizaje cooperativo): Sesiones presenciales dedicadas a la exposición de los escenarios climáticos, el ciclo del carbono y las políticas de descarbonización. Estas exposiciones se combinarán con la discusión guiada y el análisis de casos globales sobre el papel de las tecnologías CCUS frente a otras alternativas de mitigación.
- Trabajo autónomo: Tiempo dedicado por el estudiante a la lectura analítica de informes sectoriales de referencia (como los del IPCC o la AIE), al estudio de los conceptos clave y a la preparación de las discusiones y debates en el aula.

**e. Plan de trabajo*****e. Work plan***

Semanas: 1-2

Horas de Clase (Teoría/Problemas): Aproximadamente 5 horas.

Horas de Trabajo Autónomo: Aproximadamente 7-8 horas (lectura de bibliografía, preparación de debates, búsqueda de información).

f. Evaluación***f. Assessment***

La evaluación de la materia está recogida en el apartado 7.

g. Material docente***g Teaching material*****g.1 Bibliografía básica*****Required Reading***

Ahmadian, A. (Ed.). Carbon Capture, Utilization, and Storage Technologies: Towards More Sustainable Cities. Springer.

Pereira, E. G., Fossa, A. J., Muinzer, T. (Eds.). Carbon Capture Utilization and Storage: Law, Policy and Standardization Perspectives. Palgrave Macmillan.

g.2 Bibliografía complementaria***Supplementary Reading***

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change: Mitigation of Climate Change.

IEA (International Energy Agency). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. Paris: IEA.

IEA (International Energy Agency). CCUS in Clean Energy Transitions. Paris: IEA.

h. Recursos necesarios***Required Resources***

Aula

i. Temporalización***Course Schedule***

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
0,5	Semanas 1-2

Bloque 2: Fundamentos y Tecnologías de Captura y Acondicionamiento de CO₂

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1,7
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación**a. Context and rationale**

Este bloque se centra en el núcleo ingenieril del proceso de separación y tratamiento del gas. Revisaremos la complejidad de los fenómenos fisicoquímicos involucrados (absorción, adsorción, separación por membranas, interacciones gas-sólido y el potencial de materiales avanzados o nanotecnología). Además, se aborda el acondicionamiento químico de la corriente, paso crítico e intermedio indispensable para garantizar la viabilidad de las etapas posteriores de la cadena de valor.

b. Objetivos de aprendizaje**b. Learning objectives**

Al finalizar este bloque, el estudiante será capaz de:

- Identificar, describir y explicar los principios fundamentales, fundamentos fisicoquímicos y las aplicaciones industriales de las tecnologías de captura y separación de CO₂.
- Seleccionar las tecnologías de captura óptimas para una planta de generación de potencia o una industria difícil de descarbonizar por otros métodos (como cementeras o siderúrgicas), evaluando sus ventajas, penalizaciones energéticas y limitaciones.
- Interpretar el papel de las impurezas en la corriente de CO₂ tras la captura y su influencia en el acondicionamiento, así como en el proceso global de la cadena.

c. Contenidos**c. Contents****Tema 1: Introducción a la captura de carbono y análisis sectorial**

Aplicaciones del CCUS en la generación eléctrica y en las industrias de difícil descarbonización (cemento, siderurgia, refino).

Tema 2: Fundamentos fisicoquímicos de los procesos de captura

Termodinámica de la separación de gases. Fenomenología involucrada e interacciones gas-sólido basadas en fenómenos de superficie.

Tema 3: Procesos de separación y captura basados en fases líquidas y sólidas

Sistemas de absorción química y física (solventes). Procesos de adsorción y equilibrio de fases en sólidos porosos.

Tema 4: Sistemas avanzados de separación y configuraciones de planta

Separación mediante membranas poliméricas e inorgánicas. Configuración de procesos de postcombustión, precombustión y oxidación.

Tema 5: Acondicionamiento de la corriente de CO₂ e impacto de impurezas

Requerimientos técnicos de pureza según el destino. Procesos de compresión inicial, deshidratación y efecto de los componentes minoritarios en la corriente.

Tema 6: Frontera tecnológica y aplicaciones de la nanotecnología

Potencial de la nanotecnología en la captura de carbono. Nuevos materiales adsorbentes, membranas avanzadas y fluidos funcionales.

d. Métodos docentes***d. Teaching and Learning methods***

- Clases teóricas (lecciones magistrales): Sesiones presenciales focalizadas en la transferencia sistemática de los fundamentos termodinámicos, los fenómenos de transporte y los principios físico-químicos (como los fenómenos de superficie y equilibrio de fases) que gobiernan las distintas tecnologías de separación y acondicionamiento de CO₂.
- Clases prácticas y de resolución de problemas: Sesiones de aula dedicadas a la aplicación de modelos matemáticos para el cálculo, dimensionamiento conceptual y evaluación de penalizaciones energéticas en plantas de captura. Se trabajará de forma directa en la resolución de balances de materia y energía aplicados a sistemas de absorción, adsorción y membranas.
- Trabajos guiados (Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Cooperativo): Actividades tutorizadas en grupo donde los estudiantes resolverán retos reales de ingeniería. Esto incluirá la selección e integración de tecnologías de captura idóneas para un sector industrial específico (cemento, siderurgia o generación), considerando tanto las restricciones técnicas de las corrientes gaseosas como el impacto de las impurezas en el acondicionamiento del fluido.
- Trabajo autónomo: Tiempo de estudio individual dedicado a la asimilación de los modelos teóricos, la resolución independiente de los problemas numéricos propuestos y el desarrollo de los informes técnicos asociados a los trabajos guiados.

e. Plan de trabajo***e. Work plan***

Semanas: 3-8

Horas de Clase (Teoría/Problemas): Aproximadamente 13 horas.

Horas de Trabajo Autónomo: Aproximadamente 30 horas (preparación trabajo guiado, búsqueda bibliográfica, etc.).

f. Evaluación***f. Assessment***

La evaluación de la materia está recogida en el apartado 7.

g Material docente***g Teaching material***

g.1 Bibliografía básica

Required Reading

Rackley, S. A. Carbon Capture and Storage. Butterworth-Heinemann.

Metz, B., Davidson, O., de Coninck, H., Loos, M., Meyer, L. (Eds.). IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Cambridge University Press.

Wang, M., Lawal, A., Stephenson, P., Yeung, H., Ramshaw, C. Post-combustion CO₂ Capture Technology in Electricity Generation and Industry. Elsevier.

Stylianou, K. C., Smit, B., Long, J. R. (Eds.). Metal-Organic Frameworks for Carbon Capture. Royal Society of Chemistry.

Wilcox, J. Carbon Capture. Springer.

g.2 Bibliografía complementaria

Supplementary Reading

Leeson, D., N. mac Dowell, N. Shah, C. Petit, and P. S. Fennell. 2017. "A Techno-Economic Analysis and Systematic Review of Carbon Capture and Storage (CCS) Applied to the Iron and Steel, Cement, Oil Refining and Pulp and Paper Industries, as Well as Other High Purity Sources." International Journal of Greenhouse Gas Control 61: 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.03.020>.

Chiquier, Solene, Piera Patrizio, Mai Bui, Nixon Sunny, and Niall mac Dowell. 2022. "A Comparative Analysis of the Efficiency, Timing, and Permanence of CO₂ Removal Pathways." Energy & Environmental Science. <https://doi.org/10.1039/D2EE01021F>.

Rodriguez Acevedo, E., Cortés, F. B., Franco, C. A., Carrasco-Marín, F., Pérez-Cadenas, A. F., Fierro, V., ... & Cardona Molina, A. (2019). An enhanced carbon capture and storage Process (e-CCS) applied to shallow reservoirs using nanofluids based on nitrogen-rich carbon Nanospheres. Materials, 12(13), 2088.

Rodriguez Acevedo, E., Franco, C. A., Carrasco-Marín, F., Pérez-Cadenas, A. F., & Cortés, F. B. (2020). Biomass-Derived carbon molecular sieves applied to an Enhanced Carbon Capture and Storage process (e-CCS) for flue gas streams in shallow reservoirs. Nanomaterials, 10(5), 980.

Cao, C., Zhu, H., & Hou, Z. (2024). Advances in carbon capture, utilization and storage (CCUS). Energies, 17(19), 4784.

Giraldo, L. J., Medina, O. E., Ortiz-Perez, V., Franco, C. A., & Cortes, F. B. (2023). Enhanced carbon storage process from flue gas streams using rice husk silica nanoparticles: An approach in shallow coal bed methane reservoirs. Energy & Fuels, 37(4), 2945-2959.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Aula

i. Temporalización

Course Schedule

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
1,7	Semanas 3-8

Bloque 3: Cadena de Valor del CO₂: Transporte, Almacenamiento Geológico y Valorización

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1,8
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación***a. Context and rationale***

Este bloque abarca el tramo final, logístico y de cierre de ciclo del carbono, requiriendo un enfoque multidisciplinar y de integración de sistemas. Conecta los aspectos puramente tecnológicos del transporte (ductos, barcos) y la ingeniería geológica del almacenamiento seguro con los vectores emergentes de transformación y valorización química del carbono. Este bloque integra la viabilidad económica, el marco regulatorio, el análisis ambiental de ciclo de vida y la aceptación social indispensables para el diseño integral de proyectos a escala industrial.

b. Objetivos de aprendizaje***b. Learning objectives***

Al finalizar este bloque, el estudiante será capaz de:

- Comprender los procesos y tecnologías asociadas al acondicionamiento avanzado y transporte seguro del CO₂.
- Definir los principales mecanismos geológicos de confinamiento (estructural, residual, por disolución y mineral) y estimar la capacidad de almacenamiento, riesgos e incertidumbres asociados a diferentes formaciones geológicas, garantizando su seguridad a largo plazo mediante estrategias de monitorización y verificación.
- Conocer las rutas de transformación, utilización y valorización del carbono capturado dentro de la nueva economía del CO₂.
- Integrar criterios técnicos, económicos, de sostenibilidad, impacto ambiental, marco regulatorio y percepción social en el análisis, diseño y evaluación de proyectos de cadena completa de CCUS en los sectores industrial y energético.

c. Contenidos***c. Contents*****Tema 1: Logística y transporte de CO₂**

Diseño y operación de sistemas de transporte por tubería (ductos) y transporte marítimo. Propiedades del fluido y control de condiciones operativas.

Tema 2: Mecanismos geológicos de confinamiento y almacenamiento

Mecanismos de entrapamiento estructural, residual, por disolución y por mineralización. Influencia de los fenómenos de superficie y capilaridad en el subsuelo.

Tema 3: Selección de emplazamientos y estrategias de inyección

Identificación, caracterización y criterios técnicos de selección de formaciones geológicas (acuíferos salinos profundos, yacimientos de hidrocarburos agotados). Ingeniería y estrategias de inyección profunda.



Tema 4: Monitorización, seguridad y verificación (MVA)

Estrategias de seguimiento y control de proyectos de almacenamiento en el subsuelo. Cuantificación de incertidumbres, mitigación de riesgos de fuga y garantía de permanencia a largo plazo.

Tema 5: Rutas de transformación y valorización del carbono

Utilización del CO₂ (CCU) dentro de la cadena de valor: usos directos y conversión química/biológica en combustibles sintéticos, materiales y productos de valor añadido.

Tema 6: Integración de la cadena de valor, costes y regulación

Análisis técnico-económico de proyectos a escala industrial. El vector del hidrógeno azul con CCUS. Marco regulatorio, directivas de seguridad, fiscalidad del carbono y aceptación social.

d. Métodos docentes

d. Teaching and Learning methods

Lecciones magistrales y debates técnico-económicos: Sesiones dedicadas a la exposición de los fundamentos del transporte de fluidos densos, la física de medios porosos (fenómenos capilares y de superficie en el subsuelo), las tecnologías de monitorización geológica (MVA), las rutas de valorización química del CO₂ y la viabilidad del hidrógeno azul.

Resolución de problemas y casos prácticos: Sesiones de aula enfocadas al cálculo aplicado de pérdidas de carga en tuberías, estimación de capacidades de almacenamiento en acuíferos salinos y análisis de costes de la cadena de valor (enfoque de "Hubs y Clusters").

Estudio individual y resolución de problemas: Tiempo dedicado a la asimilación de los conceptos de ingeniería geológica y económica, así como a la resolución independiente de los ejercicios prácticos propuestos.

Desarrollo de informes técnicos: Preparación y redacción del análisis crítico de viabilidad de un proyecto integrado de la cadena de valor del CO₂, basado en los escenarios y datos discutidos en las clases presenciales.

e. Plan de trabajo

e. Work plan

Semanas: 9-14

Horas de Clase (Teoría/Problemas): Aproximadamente 13-14 horas.

Horas de Trabajo Autónomo: Aproximadamente 30 horas (Elaboración de proyecto final y su presentación).

f. Evaluación

f. Assessment

La evaluación de la materia está recogida en el apartado 7.

g Material docente

g Teaching material

g.1 Bibliografía básica

Required Reading

Rackley, S. A. Carbon Capture and Storage. Butterworth-Heinemann.



Stefan Bachu. Geological Storage of Carbon Dioxide: Systems, Sealing, and Monitoring. Springer.

Styring, P., Quadrelli, E. A., Armstrong, K. (Eds.). Carbon Dioxide Utilisation: Closing the Carbon Cycle. Elsevier.

g.2 Bibliografía complementaria

Supplementary Reading

Frailey, S., Koperna, G., & Tucker, O. (2018, October). The CO₂ storage resources management system (SRMS): Toward a common approach to classifying, categorizing, and quantifying storage resources. In 14th Greenhouse Gas Control Technologies Conference Melbourne (pp. 21-26).

Munkejord, Svend Tollak, Morten Hammer, and Sigurd W. Løvseth. 2016. "CO₂ Transport: Data and Models – A Review." Applied Energy 169: 499–523. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.100>.

Alcalde, J., Flude, S., Wilkinson, M., Johnson, G., Edlmann, K., Bond, C., Scott, V., Gilfillan, S., Ogaya, X., Haszeldine, R. 2017. "Quantifying Geological CO₂ Storage Security to Deliver on Climate Mitigation." Nature Communication, Currently in Review 9 (1). <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/X59QG>.

Sun, X., J. Alcalde, M. Bakhtbidar, J. Elío, V. Vilarrasa, J. Canal, J. Ballesteros, et al. 2021. "Hubs and Clusters Approach to Unlock the Development of Carbon Capture and Storage – Case Study in Spain." Applied Energy 300. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117418>.

Metz, B., Davidson, O., de Coninck, H., Loos, M., Meyer, L. (Eds.). IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Cambridge University Press.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Aula

i. Temporalización

Course Schedule

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
1,8	Semanas 9-14

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Instructional Methods and guiding methodological principles

Clases de Teoría (Aula Teórica): Sesiones presenciales dedicadas a la exposición sistemática de los escenarios climáticos, fundamentos termodinámicos de la separación y la cadena de valor del CO₂. Cada lección se articula partiendo de la activación de conocimientos previos, el desarrollo de un mapa conceptual claro y un cierre de síntesis. Se prioriza la deducción guiada y el debate sobre informes sectoriales para afianzar los conceptos.

Clases de Problemas (Aula de Problemas): Sesiones de aula orientadas a la aplicación analítica mediante la resolución de ejercicios numéricos y balances de materia y energía. Se busca el trabajo participativo en el aula, potenciando la capacidad de razonamiento del estudiante al confrontar de forma conjunta diferentes vías de resolución técnica.

Trabajos Guiados y Proyectos (Aprendizaje Basado en Problemas): Actividades tutorizadas fuera del aula enfocadas a retos de ingeniería reales (análisis de casos industriales y diseño de "Hubs"). Los proyectos integran los objetivos técnicos requeridos junto con la evaluación de escenarios alternativos para promover la innovación y el pensamiento analítico. Según las necesidades del curso, se dará prioridad al desarrollo individual de estos proyectos o a la colaboración en grupos muy reducidos, impulsando en cualquier caso la elaboración de informes técnicos y la comunicación.

Estudio Autónomo: Tiempo dedicado por el estudiante a la asimilación conceptual, la resolución independiente de problemas, la profundización bibliográfica y la preparación de los entregables de la asignatura.

Tutorías y Seminarios de Conexión Profesional: Atención personalizada orientada a la resolución de dudas específicas y al seguimiento de los proyectos guiados. Complementariamente, se contempla la organización de seminarios con profesionales o investigadores especialistas para aproximar al estudiante al despliegue comercial real del CCUS.

6. Tabla de dedicación del estudiantado a la asignatura

Student Workload Table

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES o A DISTANCIA⁽¹⁾ <i>FACE-TO-FACE/ ON-SITE or ONLINE ACTIVITIES⁽¹⁾</i>	HORAS <i>HOURS</i>	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES <i>INDEPENDENT / OFF-CAMPUS WORK</i>	HORAS <i>HOURS</i>
Clases de Aula Teóricas (T)	23	Estudio y trabajo autónomo individual	12
Clases de Aula de Resolución de problemas (A) por grupo docente	3	Estudio y trabajo autónomo grupal e individual.	58
Seminarios (S)	4		
Total presencial <i>Total face-to-face</i>	30	Total no presencial. <i>Total non-face-to-face</i>	70
TOTAL presencial + no presencial <i>Total</i>			100

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sentado en un aula del campus sigue una clase por videoconferencia de forma síncrona, impartida por el profesor. *Distance face-to-face activity refers to a situation in which a group of students, seated in a classroom on campus, attends a class via live videoconference delivered by the instructor in real time.*

7. Sistema y características de la evaluación**Assessment system and criteria**

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO <i>ASSESSMENT METHOD/PROCEDURE</i>	PESO EN LA NOTA FINAL <i>WEIGHT IN FINAL GRADE</i>	OBSERVACIONES <i>REMARKS</i>
Examen escrito	50%-70%	Cuestiones y/o problemas sobre la materia.
Trabajo y presentación de este	30%-50%	Trabajo y presentación de un tema propuesto al alumno o alumnos.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN ASSESSMENT CRITERIA

- **Convocatoria ordinaria. First Exam Session (Ordinary)**
 - Ver tabla anterior
- **Convocatoria extraordinaria^(*) Second Exam Session (Extraordinary / Resit) ^(*):**
 - Examen escrito, 100% de la nota.

8. Consideraciones finales**Final remarks**

La programación en semanas y la carga en ECTS debe considerarse como una aproximación.

Se usará el Campus Virtual para proporcionar al alumno materiales y recursos, de considerarlo necesario.

Se permite el uso de herramientas de inteligencia artificial generativa para la ayuda en la preparación de trabajos.