CONAMA 2026

STEROPE

Captura y utilización de CO_2 para la producción de combustibles renovables y la descarbonización de sectores de difícil electrificación

STEROPE: captura y utilización de CO_2 para la producción de combustibles renovables y la descarbonización de sectores de difícil electrificación

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor principal de la comunicación: Paloma Pérez. Coordinadora. Bioplat.

Otros Autores:

Dr. José Miguel Campos Martín. Investigador Científico. Instituto de Catálisis y Petroleoquímica,CSIC

Juan Enriquez Paraled. Director. ANÁLISIS-DSC.

Elena Gorostiza Herrero. Técnica de Gestión de Proyectos. Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC.

Dra. Margarita de Gregorio. Secretaria General. Bioplat.

Dra. Silvia Morales de la Rosa. Investigadora. Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC.

Laura Torres Gordo. Responsable de Marketing. ANÁLISIS-DSC.

Índice

1. Resumen 4

2. Introducción 6

3. Metodología 8

4. Avances 10

5. Conclusiones 11

6. Referencias 12

1. Resumen

STEROPE es un proyecto europeo de innovación financiado por el programa Horizonte Europa que busca desarrollar nuevas vías para la valorización del CO_2 procedente de emisiones industriales y su transformación en combustibles renovables para el transporte aéreo y marítimo. La iniciativa aborda uno de los grandes retos de la transición energética: reducir la dependencia de los combustibles fósiles en sectores de difícil desfosilización, donde las alternativas basadas en la electrificación presentan importantes limitaciones. Para ello, propone integrar tecnologías avanzadas de captura y utilización de carbono (CCU), hidrógeno renovable y procesos de conversión catalítica, transformando el CO_2 capturado en una materia prima para la producción de nuevos combustibles y productos de valor añadido.

El proyecto plantea demostrar esta cadena de valor mediante la integración de cuatro unidades tecnológicas dedicadas a la producción de hidrógeno verde, la captura y purificación de CO_2, a su conversión catalítica a e-metanol/e-DME, y a la producción de combustibles sostenibles de aviación (SAF), todas ellas operando conjuntamente en la refinería de Eleusis (Grecia), perteneciente a HELLENiQ ENERGY, entidad coordinadora del consorcio. Esta instalación permitirá validar el funcionamiento conjunto de las tecnologías en un entorno industrial real, con el objetivo de alcanzar un nivel de madurez tecnológica TRL 7. Entre las rutas de conversión contempladas se encuentra la producción de e-metanol y éter dimetílico (e-DME) a partir de CO_2 e hidrógeno renovable, así como el desarrollo de procesos para la obtención de combustibles sostenibles de aviación (SAF) a partir del e-DME.

Coordinado por HELLENiQ ENERGY (Grecia), el consorcio STEROPE reúne a 16 socios de ocho países europeos, combinando la experiencia de empresas industriales, universidades, centros de investigación y entidades especializadas en innovación. Entre sus integrantes se encuentran el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC (CSIC, España), el Centre for Research and Technology Hellas (CERTH, Grecia), el Centre for Renewable Energy Sources and Saving (CRES, Grecia), la Universiteit Gent (Bélgica), la Universidad de Belgrado (Serbia), la Università degli Studi di Genova (Italia) y Cranfield University (Reino Unido). Participan también Bioplat (España), Aegean Airlines (Grecia), DANAOS Shipping Company Limited (Chipre), Maturus OptimiI BV (Países Bajos), ANÁLISIS-DSC (España), Ercros S.A. (España), Moravacem (Serbia) y el Cyprus Marine and Maritime Institute (Chipre).

Esta colaboración multidisciplinar contribuye a avanzar en la integración de las tecnologías desarrolladas en instalaciones industriales existentes, favoreciendo la circularidad del carbono, la simbiosis industrial y un uso más eficiente de los recursos. Asimismo, el proyecto evaluará la sostenibilidad ambiental, la viabilidad técnico-económica y el impacto social de las soluciones desarrolladas, con el fin de determinar su potencial de escalabilidad y replicabilidad en otros entornos industriales europeos.



Figura 1: Consorcio STEROPE
Fuente: STEROPE https://sterope-project.eu/consortium/

Palabras clave: captura y utilización de carbono (CCU); CO_2 industrial; combustibles renovables; e-metanol; e-DME; combustibles sostenibles de aviación (SAF); hidrógeno renovable; desfosilización; simbiosis industrial; demostración industrial.

2. Introducción

La transición hacia una economía climáticamente neutra exige transformar los actuales modelos de producción y de consumo energético, especialmente en los sectores industrial y de transporte, cuya dependencia de los combustibles fósiles resulta más difícil de sustituir. En este contexto, la Unión Europea ha situado la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la eficiencia en el uso de los recursos y el desarrollo de tecnologías energéticas innovadoras entre sus principales prioridades. Alcanzar la neutralidad climática en 2050 requiere no solo reducir el consumo de combustibles fósiles, sino también desarrollar nuevas soluciones capaces de integrarse en las infraestructuras industriales existentes y ofrecer alternativas viables a los productos y procesos convencionales.

Uno de los grandes retos de esta transformación se encuentra en los sectores de la aviación y el transporte marítimo, donde la electrificación directa sigue siendo especialmente compleja por sus necesidades energéticas y las exigencias de autonomía y almacenamiento de combustible. En este contexto, el desarrollo de combustibles sostenibles es una de las vías para avanzar en su desfosilización. Esta necesidad ya se refleja en la normativa europea. El Reglamento ReFuelEU Aviation (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2023b) establece porcentajes mínimos de combustibles de aviación sostenibles (SAF) que deben incorporar los proveedores al combustible suministrado en los aeropuertos de la Unión. Estos porcentajes aumentan progresivamente hasta alcanzar el 70 % en 2050, año en el que los combustibles sintéticos para aviación deberán representar, como mínimo, el 35 %. En el caso del transporte marítimo, el Reglamento FuelEU Maritime (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2023a) fija límites cada vez más exigentes a la intensidad media anual de emisiones de gases de efecto invernadero de la energía utilizada a bordo de los buques, con una reducción del 80 % respecto al valor de referencia a partir de 2050.

La captura y utilización de carbono (CCU) permite aprovechar el CO_2 procedente de las emisiones industriales y darle un nuevo uso como materia prima. Estas tecnologías permiten recuperar el CO_2 e incorporarlo como materia prima a nuevos procesos productivos. Cuando se combina con hidrógeno renovable, el CO_2 capturado puede utilizarse para producir combustibles sintéticos, también conocidos como e-fuels, así como otros productos químicos. De este modo, el carbono puede volver a formar parte de la actividad industrial, reduciendo la dependencia de materias primas fósiles y contribuyendo a avanzar hacia un modelo de mayor circularidad. Llevar estas tecnologías a la práctica implica resolver varias cuestiones. No basta con conseguir capturar el CO_2: también hay que purificarlo, transformarlo mediante procesos catalíticos y obtener combustibles que respondan a las exigencias de calidad y seguridad de sectores como la aviación o el transporte marítimo. Para ello, las distintas etapas deben funcionar de forma integrada y ser compatibles entre sí. Otro de los retos es comprobar cómo se comportan estos procesos a escala industrial, más allá de los resultados obtenidos en laboratorio o en plantas piloto. Las pruebas en instalaciones reales permiten analizar su rendimiento, el consumo de energía, la estabilidad de funcionamiento, los costes y los posibles efectos ambientales del proceso completo.

En el panorama actual resulta especialmente importante demostrar que las tecnologías de captura y utilización de carbono pueden funcionar de manera integrada y en condiciones representativas de la actividad industrial, superando las barreras que todavía dificultan su despliegue a gran escala.

STEROPE: una nueva cadena de valor para transformar el CO_2 industrial en combustibles sostenibles

STEROPE (*Synergistic Advanced Carbon Capture Technologies for ConvERsion of Industrially Emitted CO_2 to sustainable Production of biofuels and chEmicals*) tiene como objetivo desarrollar y demostrar una cadena de valor integrada para aprovechar el CO_2 de origen industrial en la producción de combustibles destinados principalmente a la aviación y al transporte marítimo. Para ello, combina tecnologías avanzadas de captura y purificación de CO_2 con procesos de conversión basados en el uso de hidrógeno renovable, con los que se busca obtener productos como e-metanol, e-DME y combustibles sostenibles de aviación (SAF) (Comisión Europea, s. f.).

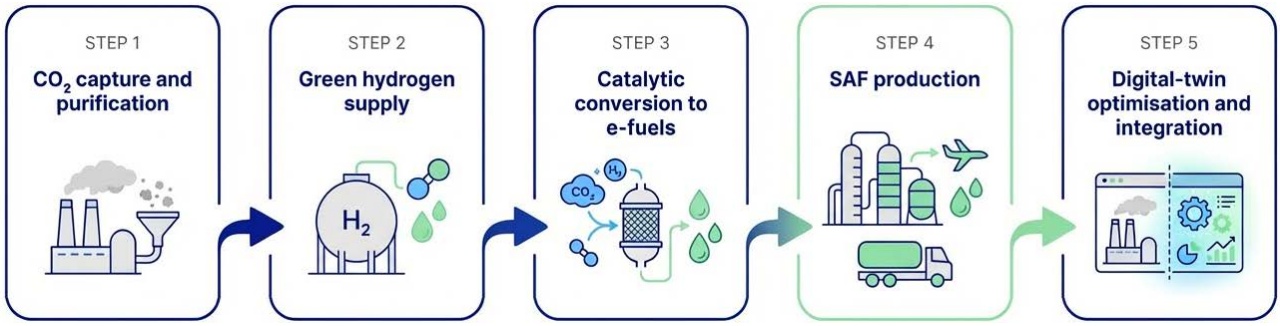


Figura 2: Esquema general de la cadena de valor de STEROPE
Fuente: STEROPE https://sterope-project.eu/project/

Para demostrar la viabilidad de este planteamiento, STEROPE contempla el desarrollo, integración y operación de cuatro unidades piloto complementarias en la refinería de Eleusis (Grecia), perteneciente a HELLENiQ ENERGY, coordinadora del proyecto. La demostración se llevará a cabo en un entorno industrial operativo y permitirá validar la integración de las distintas etapas del proceso, desde la recuperación del CO_2 hasta la producción de combustibles, con el objetivo de alcanzar un nivel de madurez tecnológica TRL 7.

Además, el proyecto contempla la realización de ensayos de los combustibles obtenidos en motores marinos y una turbina de aviación, con el fin de evaluar sus prestaciones y avanzar en su validación para estas aplicaciones (Consejo Superior de Investigaciones Científicas [CSIC], 2026). STEROPE pretende demostrar el potencial de la utilización del carbono industrial como recurso para desarrollar

nuevas cadenas de producción de combustibles renovables, aprovechando las infraestructuras existentes y favoreciendo la simbiosis industrial. Asimismo, incorpora evaluaciones ambientales, técnico-económicas y de impacto social para analizar la sostenibilidad y viabilidad de las soluciones desarrolladas, así como su potencial de escalabilidad y replicabilidad en otras instalaciones industriales europeas (CSIC, 2026).

3. Metodología

La metodología de STEROPE se basa en integrar distintas tecnologías de captura y utilización de carbono (CCU) para transformar el CO_2 procedente de los procesos industriales de una refinería en combustibles renovables. El proceso combina la captura y purificación del CO_2, su conversión mediante procesos catalíticos en presencia de hidrógeno renovable y el posterior procesamiento de los productos obtenidos para su utilización como combustibles destinados al transporte marítimo y aéreo.

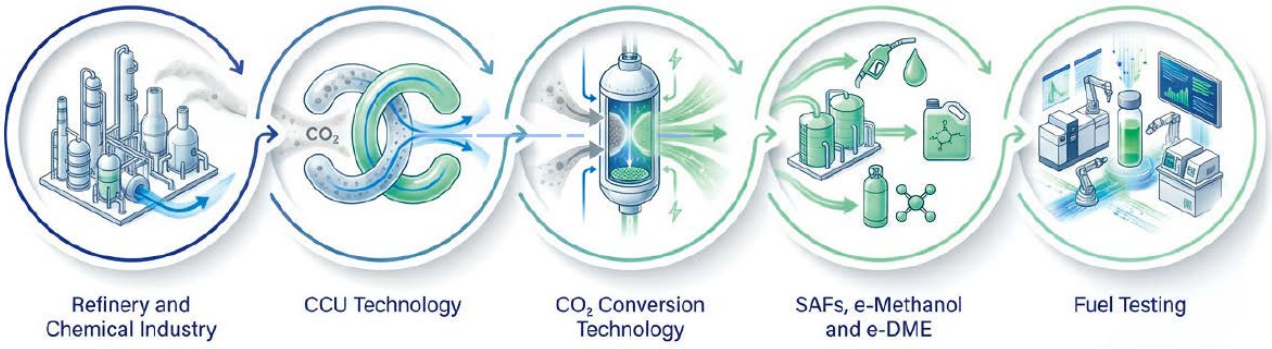


Figura 3: Esquema general de la cadena de producción y validación de combustibles de STEROPE
Fuente: STEROPE https://sterope-project.eu/project/

El proceso se inicia con la captura del CO_2 generado en las operaciones de la refinería de HELLENiQ ENERGY, incluidos los procesos asociados a la producción de hidrógeno. Una vez recuperado, el gas se somete a una etapa de purificación para adecuarlo a las necesidades de los procesos posteriores. Esta primera fase se llevará a cabo mediante una unidad piloto específica, diseñada para suministrar CO_2 con las características de pureza necesarias para las etapas posteriores de conversión (STEROPE, s.f.).

Una vez capturado y purificado, el CO_2 se combina con hidrógeno renovable para su conversión mediante procesos catalíticos. Esta etapa contempla la producción de e-metanol y éter dimetílico (e-DME), dos productos incluidos en las rutas de valorización del carbono que desarrolla el proyecto. Para llevar a cabo estos procesos, STEROPE incorpora tecnologías catalíticas y de membrana.

El e-metanol obtenido puede utilizarse directamente como combustible para el transporte marítimo o emplearse como producto intermedio para producir combustible de aviación. Para esta segunda aplicación, se transforma en olefinas que posteriormente se unen para formar cadenas de hidrocarburos más largas. Estas se someten finalmente a procesos de hidrogenación y refino hasta obtener moléculas dentro del intervalo correspondiente al queroseno de aviación.

Las diferentes etapas del proceso se integrarán en cuatro unidades piloto complementarias, dedicadas a la producción de hidrógeno verde, la captura y purificación del CO_2, su conversión catalítica y la producción de combustible sostenible de aviación (SAF). Estas unidades se instalarán en la refinería de Eleusis, en Grecia, y se conectarán con las infraestructuras y los servicios existentes. La integración y operación conjunta de estas unidades permitirá evaluar el funcionamiento de la cadena de valor en condiciones industriales reales, con el objetivo de alcanzar un nivel de madurez tecnológica TRL 7.

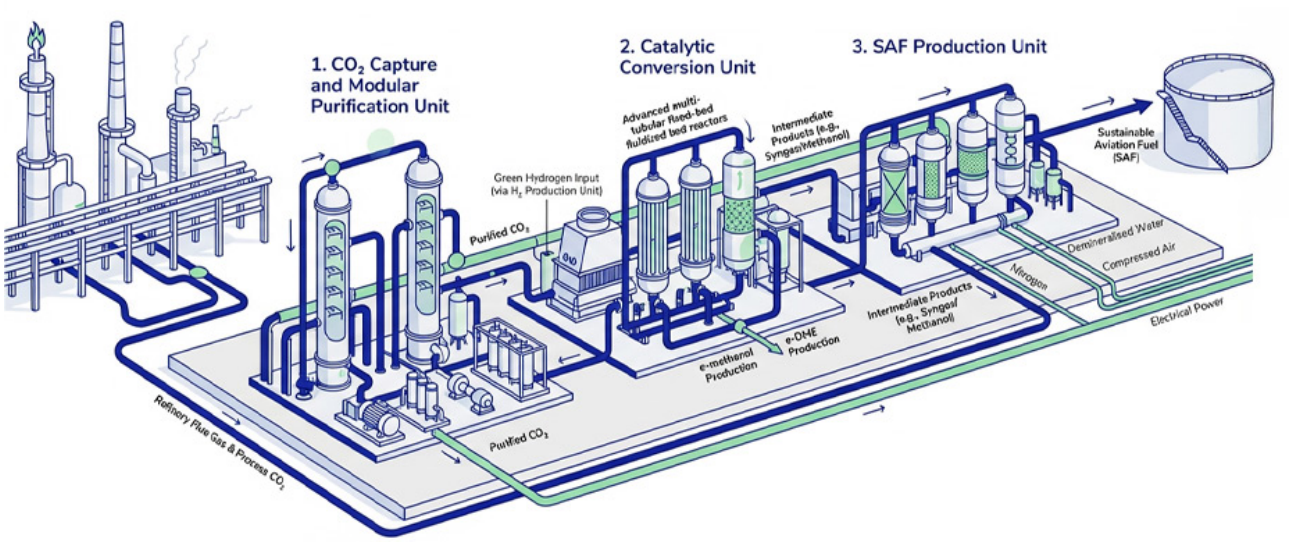


Figura 4: Esquema de integración de las unidades tecnológicas de STEROPE en la refinería de Eleusis, Grecia.
Fuente: STEROPE https://sterope-project.eu/demo-site/

El proyecto también contempla el uso de un gemelo digital para optimizar el funcionamiento del sistema y mejorar su eficiencia operativa y energética, y la simulación del escalado a una planta de tamaño comercial (TRL9). La validación incluirá ensayos de los combustibles obtenidos en motores marinos y una turbina de aviación, con el fin de evaluar sus prestaciones y su adecuación a estas aplicaciones. Además, se realizarán análisis de ciclo de vida (LCA), análisis tecnoeconómicos (TEA) y evaluaciones de impacto social para estudiar la sostenibilidad ambiental, económica y social de las soluciones desarrolladas.

4. Avances

STEROPE, iniciado en octubre de 2025 y con una duración prevista de cuatro años, ha completado su primer año de ejecución. Durante este periodo, los socios del consorcio han avanzado en el desarrollo de las tecnologías previstas y en la preparación de las unidades piloto que posteriormente se integrarán en la refinería de Eleusis para su demostración en condiciones industriales reales.

Uno de los hitos alcanzados es la instalación de una planta piloto en el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC, en Madrid, destinada a la conversión de CO_2 en e-metanol o e-DME. Por su parte, HELENIiQ, la Universidad de Génova y la Universidad de Gante trabajan en el desarrollo de las otras tres instalaciones experimentales, centradas, respectivamente, en la producción de hidrógeno verde, la captura y purificación de CO_2 y en la producción de combustible sostenible de aviación (SAF).

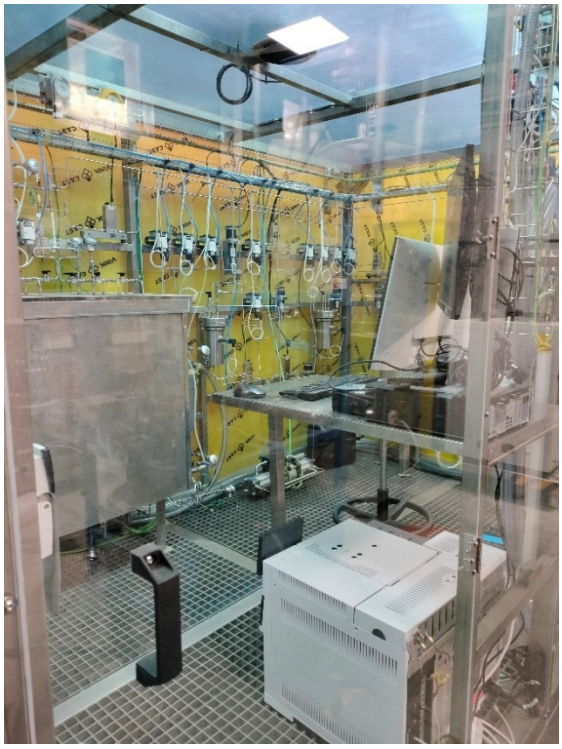


Figura 5: Planta piloto del CSIC para la conversión de CO_2 en e-metanol e-DME, instalada en Madrid. Fuente: CSIC

5. Conclusiones

El principal valor añadido de STEROPE reside no solo en el desarrollo de tecnologías para aprovechar el CO_2 industrial, sino también en su integración y demostración conjunta en una instalación industrial existente. La planta de demostración prevista en la refinería de Eleusis permitirá evaluar el funcionamiento de esta cadena de valor en condiciones reales, con el objetivo de alcanzar un nivel de madurez tecnológica TRL 7 y generar conocimiento para su posible implantación en otros entornos industriales.

STEROPE busca contribuir a la aplicación de los principios de economía circular y simbiosis industrial mediante el aprovechamiento del CO_2 como materia prima para nuevos procesos productivos. Asimismo, pretende impulsar alternativas a los combustibles fósiles para la aviación y el transporte marítimo, dos sectores en los que el desarrollo de soluciones energéticas sostenibles resulta especialmente relevante.

Para favorecer la aplicación de estas soluciones más allá de la fase de demostración, el proyecto contempla evaluar su sostenibilidad ambiental, viabilidad técnico-económica e impacto social, así como avanzar en la validación de los combustibles obtenidos frente a los requisitos aplicables. Estos trabajos permitirán identificar las condiciones necesarias para su futura adopción en el mercado y valorar las posibilidades de replicar el modelo en otras instalaciones industriales europeas.

En definitiva, STEROPE pretende demostrar el potencial de la captura y utilización de CO_2 para desarrollar nuevas cadenas de valor industrial basadas en la producción de combustibles renovables, contribuyendo a reducir la dependencia de los recursos fósiles y a avanzar hacia un modelo energético e industrial más circular y sostenible.

6. Referencias

Comisión Europea. (s. f.). *STEROPE: Synergistic Advanced Carbon Capture Technologies for ConvERsion of Industrially Emitted CO_2 to sustainable Production of biofuels and chEmicals*. CORDIS. https://cordis.europa.eu/project/id/101235659

Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2026). *Un proyecto europeo convertirá emisiones de CO_2 en combustibles sostenibles para barcos y aviones*. https://delegacion.madrid.csic.es/un-proyecto-europeo-convertira-emisiones-de-co2-en-combustibles-sostenibles-para-barcos-y-aviones/

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023a). *Reglamento (UE) 2023/1805, de 13 de septiembre de 2023, relativo al uso de combustibles renovables y combustibles hipocarbónicos en el transporte marítimo y por el que se modifica la Directiva 2009/16/CE*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 234, 48–100. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81311

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023b). *Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, relativo a garantizar unas condiciones de competencia equitativas para un transporte aéreo sostenible (ReFuelEU Aviation).* Diario Oficial de la Unión Europea. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81529

STEROPE. (s. f.). *STEROPE project: From industrial CO_2 to clean fuels for aviation and maritime transport*. https://sterope-project.eu/

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

2026

CONAMA 2026

STEROPE: captura y utilización de CO_2 para la producción de combustibles renovables y la descarbonización de sectores de difícil electrificación