

Análisis del SAF en España

Impacto económico y ambiental de la incorporación de combustible sostenible de aviación (SAF)



Contenidos

Resumen ejecutivo	3
1. Contexto	5
1.1 Aplicación de los objetivos de ReFuelEU	7
1.2 Impacto de ReFuelEU en las emisiones de CO ₂	8
2. Análisis ambiental de la producción de SAF en España.	9
2.1 Análisis del transporte de UCO para la producción de SAF en España. El caso de Indonesia	9
UCO requerido para alcanzar los objetivos de SAF de ReFuelEU	11
Ruta de importación del aceite de cocina usado (UCO) desde Indonesia a España	11
Emisiones anuales asociadas al transporte de UCO	13
Impacto del transporte de UCO en la reducción neta de emisiones asociada a HEFA	13
2.2 Análisis del transporte de UCO de Indonesia a Canarias y Baleares	14
Islas Canarias	15
Islas Baleares	17
3. Análisis económico de la producción de e-SAF en España	21
3.1. Escenarios de producción de e-SAF	22
Escenario pesimista	23
Escenario neutro	23
Escenario optimista	24
Coste de producción de e-SAF en España según escenario	24
4. Conclusiones	25
5. Recomendaciones	27

Resumen ejecutivo

La aviación representa aproximadamente el 1,2 % de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero, y se prevé un aumento de estas emisiones si no se adoptan medidas sostenibles. Este informe analiza la incorporación del Combustible Sostenible de Aviación (SAF, por sus siglas en inglés) en España, considerando tanto sus implicaciones ambientales como económicas, en el marco del reglamento europeo **ReFuelEU Aviation**.

Dicho reglamento establece objetivos progresivos de uso de SAF, comenzando con un 2 % en 2025 (equivalente a 147.780 toneladas), y alcanzando un 35 % en 2050 (2.586.150 toneladas). Además, fija un subobjetivo específico para el combustible sintético (e-SAF) del 1,2 % en 2030, con un volumen inicial de 88.680 toneladas, y del 35 % en 2050, con 2.586.150 toneladas.

Según las proyecciones, en 2050 la incorporación de combustibles sostenibles podría evitar la emisión de más de 15 millones de toneladas de CO₂ anuales en el sector aéreo, frente a los 23 millones de toneladas que se emitirían en ausencia de medidas.

Desde el punto de vista ambiental, el análisis se centra en los impactos asociados a la importación de materias primas desde terceros países para la producción de SAF a partir de residuos, concretamente el HEFA.

Si bien el HEFA producido en España a partir de residuos puede reducir las emisiones de CO₂ hasta en un 85 %, la importación de aceite de cocina usado (UCO, por sus siglas en inglés) —principal materia prima empleada— desde el Sudeste Asiático puede reducir sustancialmente este beneficio. El transporte desde regiones tan lejanas como Indonesia podría suponer una pérdida de más del 11 % en la reducción de emisiones asociada al uso de HEFA.

En cambio, el e-SAF —producido localmente a partir de electricidad renovable, agua y CO₂ capturado de la atmósfera— ofrece un potencial de reducción de emisiones de hasta el 100% en comparación con el queroseno fósil convencional.

El análisis también centra su atención en la incorporación de SAF en las zonas insulares españolas, y los posibles impactos de la importación de materias primas para la producción de HEFA.



- Los aeropuertos de las **Islas Canarias** concentran alrededor del 20 % del consumo nacional de queroseno y, aunque actualmente no están incluidos en la obligación de cumplimiento del reglamento ReFuelEU, su integración será clave para alcanzar los objetivos nacionales y europeos de descarbonización. De aplicarse esta consideración, y si toda la materia prima proviniera del exterior, serían necesarios 18 barcos, que generarían unas emisiones estimadas de 26.193 toneladas de CO₂ equivalente únicamente por el transporte marítimo del UCO necesario para la producción de HEFA.



- Por otro lado, el consumo de queroseno en las **Islas Baleares** ha sido en torno al 15.65% del total consumido en España en 2024, es decir, 1,156Mt. Abastecer de HEFA, producido con materia prima importada, a los aeropuertos de las Islas Baleares requeriría el uso de 16 barcos y unas emisiones anuales asociadas a su transporte de 20.580 toneladas de CO₂ equivalente.

Desde la perspectiva económica, el informe analiza la viabilidad de producir e-SAF en España mediante tres escenarios (optimista, neutro y pesimista), basados en el coste de producción y las estimaciones de precios según materias primas y tecnologías disponibles.

La producción de e-SAF en España puede representar una ventaja competitiva: El coste de producción puede ser hasta un 32% menor en el escenario optimista que el escenario más pesimista (5631€/tonelada en comparación con 8325€/tonelada), con un precio de hidrógeno verde de 4,86€/kg, debido a la potencial reducción del precio de la electricidad de origen renovable.

No obstante, incluso en el mejor de los casos, el e-SAF sería casi 7 veces más caro que el queroseno fósil actual y el doble que el SAF producido a partir de residuos. Su despliegue efectivo y la posibilidad de aprovechar las ventajas competitivas de España dependerá del impulso de políticas públicas, marcos regulatorios adecuados e inversiones específicas.

En conclusión, para lograr una reducción efectiva de emisiones, la transición hacia combustibles sostenibles en la aviación española debería priorizar el desarrollo del e-SAF (combustible sintético) y evitar trasladar la actual dependencia del queroseno fósil a una nueva dependencia de materias primas importadas para la producción de SAF a partir de residuos.

1. Contexto

La aviación es el medio de transporte más intenso en emisiones. En España, representa el 1,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 3,8% en la Unión Europea. A corto plazo, las emisiones de la aviación no parecen tocar techo en Europa.¹

En su compromiso por reducir las emisiones del transporte aéreo, la Unión Europea ha apostado por los combustibles sostenibles de aviación (SAF por sus siglas en inglés) a través del Reglamento (UE) ReFuelEU Aviation, que establece objetivos obligatorios a partir de 2025 para todos los aeropuertos obligados², que aumenta gradualmente hasta alcanzar el 70% de todo el combustible de aviación utilizado en el año 2050.

Además, ReFuelEU establece un subobjetivo obligatorio para la utilización de e-SAF de al menos el 1,2% a partir del periodo 2030-2031 y un 35% en 2050.

Objetivos obligatorios de combustible de ReFuelEU Aviation

■ Combustible sintético requerido por ReFuelEU (%) ■ Combustible a partir de residuos y sintético requerido por ReFuelEU (%)

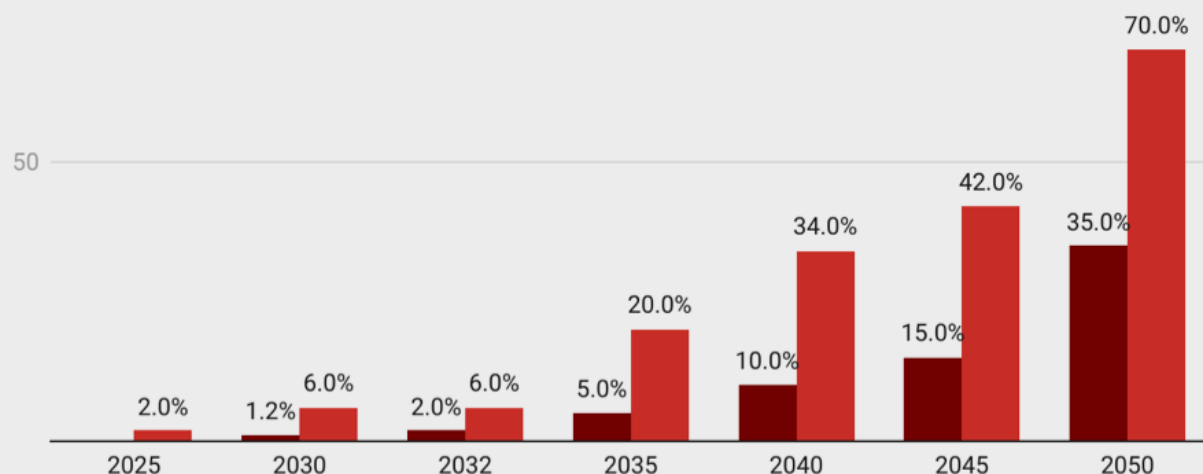


Figura 1. Objetivos vinculantes de combustible sostenible y subobjetivo de combustible sintético de 2025 a 2050.
Fuente: [El futuro verde de la aviación en España](#).

¹ Agencia Europea de Medioambiente. [Transport and mobility | European Environment Agency's home page](#).

² Están obligados a cumplir con ReFuelEU todos los aeropuertos de la Unión Europea que transporten, al menos, 800.000 pasajeros o 100.000 toneladas de mercancías al año. Para más información, ver [El futuro verde de la aviación en España](#).

Estos objetivos vinculantes presentan desafíos diferentes en cuanto a materias primas, coste y reducción de emisiones:

- El **combustible sintético (e-SAF)** tiene las mismas características que el queroseno convencional utilizado en los aviones y se produce a partir de agua, CO₂ y electricidad de origen renovable. El e-SAF permite reducir enormemente las emisiones de CO₂, pudiendo llegar a cero si el hidrógeno, clave en la producción de e-SAF, se produce con fuentes de energía renovable y el CO₂ se captura de la atmósfera. Además, utiliza materia prima local y reduce la dependencia energética de terceros países, creando oportunidades de empleo y fomentando la competitividad.
- Por otra parte, **el HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids** por sus siglas en inglés), es un combustible de aviación que se produce actualmente a partir de aceite de cocina usado (UCO por sus siglas en inglés) y puede reducir las emisiones hasta un 85%.³ Sin embargo, la escasez de UCO arroja problemas de fraude, escasez de materia prima y dependencia externa, a menudo con foco en el Sudeste Asiático.

En España, el combustible HEFA es, actualmente, el único SAF producido a partir de residuos y no hay producción de combustible sintético (e-SAF).⁴



³ Según las estadísticas del MITECO, en 2023 en España el HEFA certificado redujo las emisiones un 85%. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Estadísticas de Biocarburantes. 2023 [Estadísticas de biocarburantes](#).

⁴ T&E. Europa se arriesga a perder el liderazgo en electrocombustibles para la aviación, según un estudio de T&E. 16 de junio de 2025. [Europa se arriesga a perder el liderato en electrocombustibles para la aviación](#) y ECODES. enero de 2025. [El futuro verde de la aviación en España](#).

1.1 Aplicación de los objetivos de ReFuelEU

El análisis parte de un escenario basado en el consumo total de queroseno en España en 2024, que ascendió a 7,389 Mt e incluye el uso en todos los aeropuertos del país, incluidas las regiones ultraperiféricas (RUP). Se asume que estas también estarán sujetas a las obligaciones establecidas por el Reglamento ReFuelEU Aviation. Esta proyección se justifica por la tendencia actual de crecimiento sostenido del tráfico aéreo en España, con un aumento anual del 10 % en la demanda.⁵

Cumplir con los requisitos del Reglamento ReFuelEU Aviation en España implicará la incorporación progresiva de combustibles sostenibles de aviación (SAF), comenzando con 147.780 toneladas en 2025 y alcanzando las 2.586.150 toneladas en 2050. Asimismo, se prevé que a partir del periodo 2030-2031 se inicie la introducción de e-SAF, con un volumen estimado de 88.680 toneladas, que también deberá incrementarse hasta alcanzar las 2.586.150 toneladas en 2050, en línea con los objetivos europeos de descarbonización del sector.

Año	Objetivo de SAF (%)	Subobjetivo de e-SAF (%)	Objetivo de SAF sin e-SAF (%)	Total de SAF requerido (t/año)	e-SAF requerido (t/año)	HEFA requerido ⁶ (t/año)
2025	2%	—	2%	147.780	—	147.780
2030 2031	6%	1,20%	4,8%	443.000	88.668	354.672
2032	6%	2%	4%	443.000	147.780	295.560
2035	20%	5%	15%	1.478.000	369.450	1.108.350
2040	34%	10%	24%	2.512.000	738.900	1.773.360
2045	42%	15%	27%	3.104.000	1.108.350	1.994.970
2050	70%	35%	35%	5.172.300	2.586.150	2.586.150

Figura 2.
Cumplimiento de ReFuelEU Aviation en España.

⁵ Según el informe [El futuro verde de la aviación en España](#), los aeropuertos obligados a utilizar SAF a partir de 2025 transportaron el 82% de los pasajeros y al 97% de la mercancía en España en 2023

⁶ El HEFA es el único SAF producido en España y requerido por ReFuelEU sin el subobjetivo de e-SAF.

1.2 Impacto de ReFuelEU en las emisiones de CO₂

Partiendo de las reducciones de emisiones asociadas al uso de SAF producido a partir de residuos (85%) y e-SAF generado con energía renovable, agua y CO₂ capturado de la atmósfera (100%), y tomando como referencia un consumo de 7,389 Mt de queroseno en España en 2024 –con una emisión estimada de 3,16 toneladas de CO₂ por tonelada de queroseno–, se puede calcular el estimado de ahorro total anual de emisiones que implicará el cumplimiento del objetivo de uso de SAF y del subobjetivo de e-SAF establecido por ReFuelEU, en España.

Con la aplicación de ReFuelEU, en el año 2050 se podría evitar la emisión de hasta 15.123.305 toneladas de CO₂ anuales (Figura 3). En caso de no aplicar ReFuelEU, y si la demanda se mantuviera, se continuarían emitiendo 23.349.000 toneladas de CO₂ cada año.

Año	Emisiones evitadas con HEFA (t CO ₂ e)	Emisiones evitadas con e-SAF (t CO ₂ e)	Emisiones evitadas totales (t CO ₂ e)
2025	396.999	–	396.999
2030 2031	951.396	280.191	1.231.588
2032	792.978	446.984	1.259.962
2035	2.973.511	1.167.402	4.140.913
2040	4.770.141	2.501.426	7.106.085
2045	5.357.991	3.501.426	8.859.417
2050	6.951.091	8.173.214	15.123.305

Figura 3.

Ahorro de emisiones con ReFuelEU Aviation en España. **Fuente:** Elaboración propia.

Este análisis tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental y económico de distintas variables clave en la producción de combustibles sostenibles de aviación (SAF). En primer lugar, se analiza el costo ambiental asociado al transporte de materias primas desde terceros países y cómo este factor incide en el balance neto de emisiones atribuible al uso de SAF. En segundo lugar, se examina la sensibilidad del coste de producción de e-SAF frente a variaciones en el precio del hidrógeno, así como su competitividad en España, diferenciando según la fuente de CO₂ empleada en el proceso.

El informe busca así evidenciar los límites del modelo basado en materias primas importadas y, al mismo tiempo, mostrar el potencial transformador de políticas orientadas a reducir los costes del hidrógeno verde, elemento esencial para el despliegue de los e-SAF, y favorecer alternativas de menor huella climática para el sector de la aviación.

2. Análisis ambiental de la producción de SAF en España

Este capítulo analiza el impacto ambiental asociado al transporte internacional de aceites de cocina usados (UCO), utilizados como materia prima en la producción de combustible de aviación sostenible del tipo HEFA en España, con especial atención a las zonas insulares. A pesar de los beneficios climáticos que ofrece el uso de HEFA frente a los combustibles fósiles, una parte significativa de la materia prima se importa desde países del sudeste asiático, lo que implica emisiones adicionales por transporte marítimo de larga distancia. Evaluar estas emisiones es esencial para entender el ahorro neto real de CO₂ equivalente que puede lograrse con la implantación de este biocombustible en el marco del reglamento ReFuelEU. Este análisis permite identificar las limitaciones y retos asociados a la dependencia de materias primas importadas, así como su efecto sobre los objetivos climáticos a corto y largo plazo.

2.1 Análisis del transporte de UCO para la producción de SAF en España. El caso de Indonesia

Para ilustrar el recorrido que realiza la materia prima necesaria para producir el combustible de aviación HEFA, se ha tomado como referencia el caso del transporte de UCO desde Indonesia, el único país del que se cuenta con datos oficiales de importaciones destinadas específicamente para su utilización en la producción de combustibles para el sector de la aviación en España.⁷

Resulta relevante destacar que, según las Estadísticas de Comercio Exterior de la Agencia Tributaria,⁸ la importación de UCO desde el sudeste asiático ha aumentado notablemente desde la puesta en funcionamiento de la planta de combustible HEFA en Cartagena en 2024, propiedad de REPSOL. Sobresalen notablemente las importaciones procedentes de China y Malasia, con entregas de hasta 20.000 toneladas de UCO en un mes (ver Figura 4).⁹ No obstante, los datos de la Agencia Tributaria no especifican el uso final del UCO importado. Por esta razón, el análisis se basa en los certificados oficiales de biocarburantes del MITECO —actualizados por última vez en 2023— que recogen las cantidades de UCO empleadas específicamente en la producción de HEFA, y asume que se mantiene el porcentaje de importaciones desde Indonesia, con la finalidad de tomar una referencia hasta tanto se cuenten con los nuevos certificados oficiales.

⁷ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Estadísticas de Biocarburantes. 2023 [Estadísticas de biocarburantes](#).

⁸ Agencia Tributaria. Estadísticas de Comercio Exterior. [Agencia Tributaria: Estadísticas de Comercio Exterior](#).

⁹ Se han descartado las importaciones inferiores a 1000 toneladas en total.

Importaciones de aceite de cocina usado (UCO) en España 2023-2025

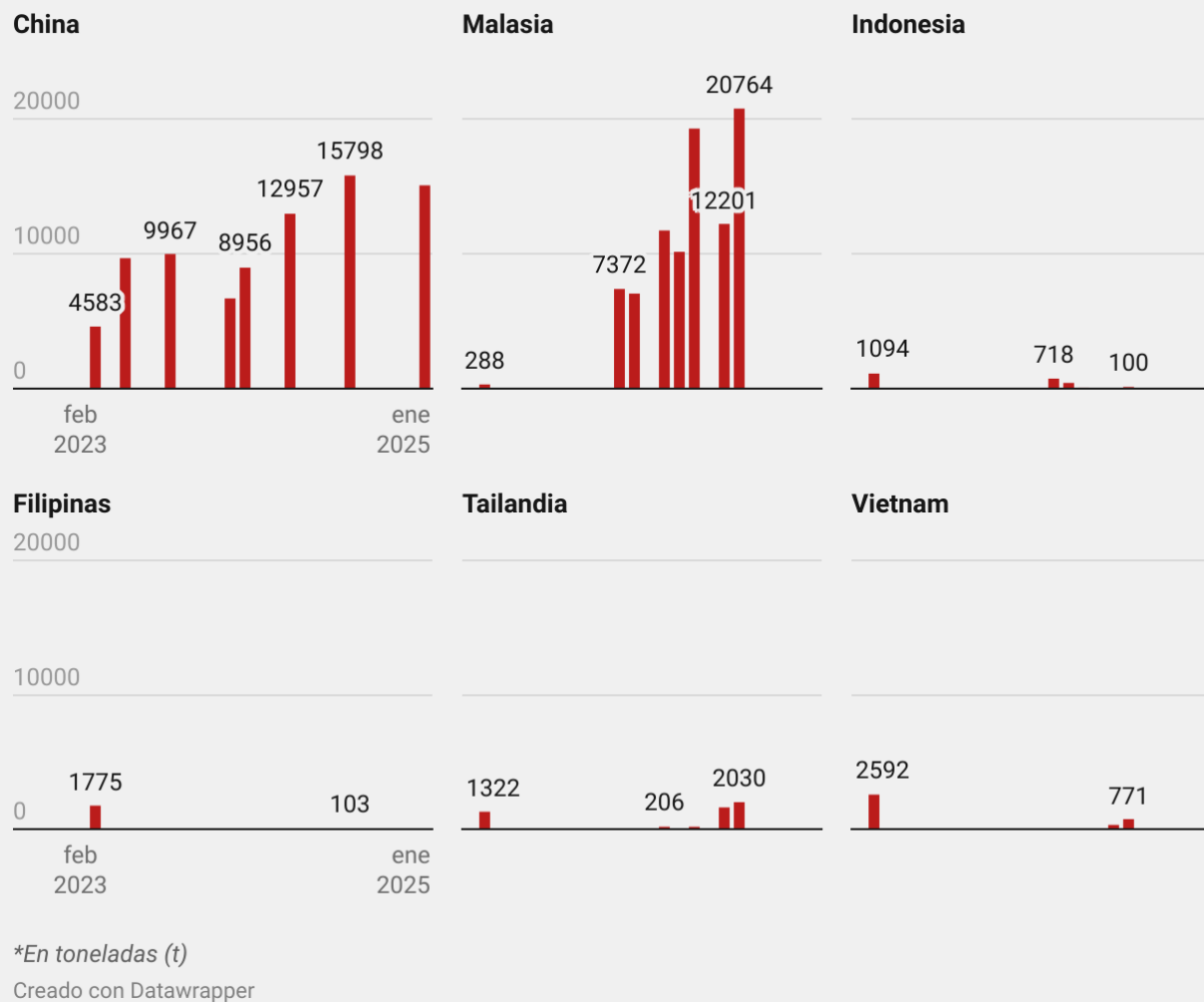


Figura 4. Importaciones de UCO a España 2023-2025. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Tributaria.

Para producir 2.000 toneladas de combustible HEFA, se necesitan unas 10.000 toneladas de aceite de cocina usado.¹⁰ Es decir, se requieren cinco litros de UCO para fabricar un litro de HEFA.

A partir del objetivo obligatorio de 2025 establecido por el Reglamento ReFuelEU Aviation, y considerando el volumen de queroseno consumido en España en 2024, se estima que será necesario un mínimo de 147.780 toneladas de HEFA, lo que equivale a 738.900 toneladas de UCO, materia prima necesaria para su producción.¹¹

¹⁰ Ecologistas en Acción, enero de 2022. [Los biocombustibles para aviación en el Estado español.](#)

¹¹ Se trata de un escenario demasiado optimista, ya que la demanda aérea crece en torno al 10% cada año. Sin embargo, no todos los aeropuertos están obligados a suministrar SAF. Según el informe [El futuro verde de la aviación en España](#), los aeropuertos obligados transportaron el 82% de los pasajeros y al 97% de las mercancías en España en 2023.

Teniendo en cuenta que una parte de la materia prima utilizada en la producción de HEFA proviene de terceros países, se han analizado las emisiones asociadas al transporte de UCO desde Indonesia a España. En 2023, el 36 % del UCO importado tenía como origen dicho país, por lo que, de mantenerse esa proporción, se requeriría transportar aproximadamente 265.004 toneladas desde Indonesia en 2025 para satisfacer la demanda estimada de materias primas para producción de HEFA (véase Figura 5).

Año	% SAF requerido por ReFuelEU	SAF (HEFA) requerido (t)	UCO requerido (t)	UCO de Indonesia (36%) (t)	UCO de España (64%) (t)
2025	2 %	147.780	738.900	266.004	473.896
2030 2031	4,8 %	354.672	1.773.360	638.410	1.134.950
2032	4 %	295.560	1.477.800	532.008	945.792
2035	15 %	1.108.350	5.541.750	1.995.030	3.546.720
2040	24 %	1.773.360	8.866.800	3.192.048	5.674.752
2045	27 %	1.994.970	9.974.850	3.590.946	6.383.904
2050	35 %	2.586.150	12.930.750	4.654.070	8.276.680

Figura 5. Requerimientos de UCO y HEFA en España a partir de 2025 con un consumo de queroseno constante en España (2024) y con todos los aeropuertos obligados. **Fuente:** Elaboración propia a partir de ReFuelEU Aviation y CORES.



Ruta de importación del aceite de cocina usado (UCO) desde Indonesia a España

Para analizar la cantidad de barcos necesarios para realizar el transporte de la materia prima, se ha tomado la ruta desde el puerto de Yakarta (Indonesia) a Algeciras (España) a través del Canal de Suez. Los cálculos se han realizado tomando como referencia un 36 % de importaciones procedentes de Indonesia, porcentaje obtenido a partir de las certificaciones oficiales más recientes y considerado representativo de la proporción de aceite de cocina usado (UCO) que sería transportado desde dicho país.



Figura 6. Ruta marítima desde Yakarta (Indonesia) a Algeciras (España).
Fuente: Elaboración propia a partir de Marine Traffic.

En caso de mantenerse el porcentaje de importaciones procedentes de Indonesia (o de otro país del sudeste asiático) en 2025, se estima que se necesitarán 15 barcos anuales¹² para transportar las más de 266.004 toneladas de UCO requeridas para cumplir con los objetivos establecidos por ReFuelEU (Figura 7). Este volumen de transporte generaría unas emisiones aproximadas de 45.485 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) en 2025.

Considerando el incremento gradual del objetivo de ReFuelEU, y manteniendo el porcentaje de importación del 36% de UCO de Indonesia, se estima que, para 2050, se necesitarán un total de 252 barcos anuales para satisfacer la demanda de UCO en España, lo que supondría emisiones de hasta 795.990 toneladas de CO₂e al año (Figura 7).

¹² Para el traslado del producto por vía marítima, se escogen los buques tipo chemical tanker, cuya carga suele variar entre 5.000 y 25.000 toneladas y algunos cuentan con una capacidad de 50.000 toneladas. Realizando una media ponderada, se fija una capacidad media de 18.500 toneladas por buque, con un 90% de los buques en la media (15.000 t) y un 10% de buques con 50.000 t.

Año	UCO de Indonesia (t)	Barcos necesarios (capacidad media 18,500 t)	tCO ₂ e	tCO ₂ e/barco
2025	266.004	15	45.485	3.032
2030 2031	638.410	35	109.164	3.119
2032	532.008	29	90.970	3.136
2035	1.995.030	108	341.138	3.158
2040	3.192.048	173	545.637	3.154
2045	3.590.946	194	613.711	3.163
2050	4.654.070	252	795.990	3.158

Figura 7. Cálculo de barcos y emisiones en el transporte de UCO desde Indonesia conforme al requerimiento de SAF de ReFuelEU Aviation con una demanda de queroseno constante (2024) y todos los aeropuertos obligados. **Fuente:** Elaboración propia.



Impacto del transporte de UCO en la reducción neta de emisiones asociada al HEFA

El uso de HEFA en España en 2025 permitiría evitar 396.999 toneladas de CO₂ equivalente, según se recoge en la Figura 8. No obstante, este ahorro podría reducirse de forma significativa —hasta 351.514 toneladas— si se emplea UCO procedente de Indonesia, lo que implicaría una disminución del 11,45 % en las emisiones evitadas (véase Figura 8). Del mismo modo, el ahorro potencial anual del HEFA de 6.951.091 toneladas de CO₂ anuales en 2050 disminuiría hasta las 6.155.101 toneladas.

Año	Ahorro bruto HEFA (t CO ₂ e)	Emisiones transporte UCO desde Indonesia (t CO ₂ e)	Ahorro neto (t CO ₂ e)	Disminución del ahorro de emisiones
2025	396.999	45.485,18	351.514	-11,45 %
2030 2031	951.396	109.164	842.232	-11,48 %
2032	792.978	90.970	702.008	-11,48 %
2035	2.973.511	341.138	2.632.373	-11,47 %
2040	4.770.141	545.637	4.224.504	-11,44 %
2045	5.357.991	613.711	4.744.280	-11,46 %
2050	6.951.091	795.990	6.155.101	-11,45 %

Figura 8.

Disminución del ahorro de emisiones al transportar la materia prima (UCO) de Indonesia.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Análisis del transporte de UCO de Indonesia a Canarias y Baleares

El transporte aéreo en las zonas insulares de España no solo facilita la movilidad de pasajeros, sino que también es esencial para el suministro de productos, servicios y recursos, lo que aumenta la demanda y la complejidad logística. Además, la distribución de combustibles sostenibles a estos territorios implica rutas adicionales y desafíos específicos en el transporte, que pueden influir en las emisiones totales asociadas a su uso.

Dada la gran importancia del transporte aéreo para las Islas Canarias y Baleares, tanto por su papel clave en la conectividad, la economía y el abastecimiento, se ha realizado un análisis específico del combustible HEFA y el UCO correspondiente requerido en los aeropuertos de estas regiones. Para el caso de las Islas Canarias, se han asumido los mismos objetivos que para el resto de los “aeropuertos de la Unión Europea” sujetos a la normativa ReFuelEU, reconociendo así la necesidad de integrar estas particularidades en el análisis global de la transición hacia combustibles más sostenibles.

Islas Canarias

Canarias forma parte de las Regiones Ultraperiféricas (RUP), regiones de algunos Estados miembros de la Unión Europea que enfrentan desafíos específicos debido a su lejanía, insularidad, reducida superficie, orografía y condiciones climáticas adversas. Debido a esta condición, los aeropuertos situados en las RUP no se consideran “aeropuertos de la Unión” a efectos del Reglamento ReFuelEU Aviation, por lo que quedan excluidos de su aplicación y no están obligados a utilizar SAF. En el caso de Canarias, esto afecta a los aeropuertos de Gran Canaria, Tenerife Sur, Tenerife Norte, Lanzarote, Fuerteventura, La Palma, El Hierro y La Gomera. Sin perjuicio de ello, ReFuelEU establece que, una vez consultado el aeropuerto, los Estados Miembros pueden decidir que un aeropuerto situado en su territorio y no incluido en la definición de “aeropuerto de la Unión”, sea tratado como tal.¹³

Los aeropuertos de las Islas Canarias representan aproximadamente el 20 % del consumo anual de queroseno en España. Considerando que en 2024 se consumieron 7,389 Mt de queroseno a nivel nacional, el consumo atribuible a Canarias ascendería a unas 1,48 Mt.

Partiendo de la hipótesis de que el 100 % de la materia prima utilizada proviene de Indonesia, los aeropuertos Canarios consumen el 20% del combustible y están incluidos en la definición “Aeropuertos de la Unión”, esto supondría 147.780 toneladas de UCO, o 10.600 toneladas de HEFA. Desde otra perspectiva, el abastecimiento de los aeropuertos Canarios representaría el 56% de toda la materia importada de Indonesia, es decir 147.780 de las 266.004 toneladas de UCO.

Para calcular las emisiones de su transporte desde Indonesia, se toma como premisa que las 147.780 toneladas de UCO se transportarían en primer lugar del puerto de Yakarta al puerto de Algeciras (Figura 6), para luego transportarlo a la refinería de CEPSA en el Parque Energético La Rábida (Huelva) para la producción de HEFA (Figura 9).

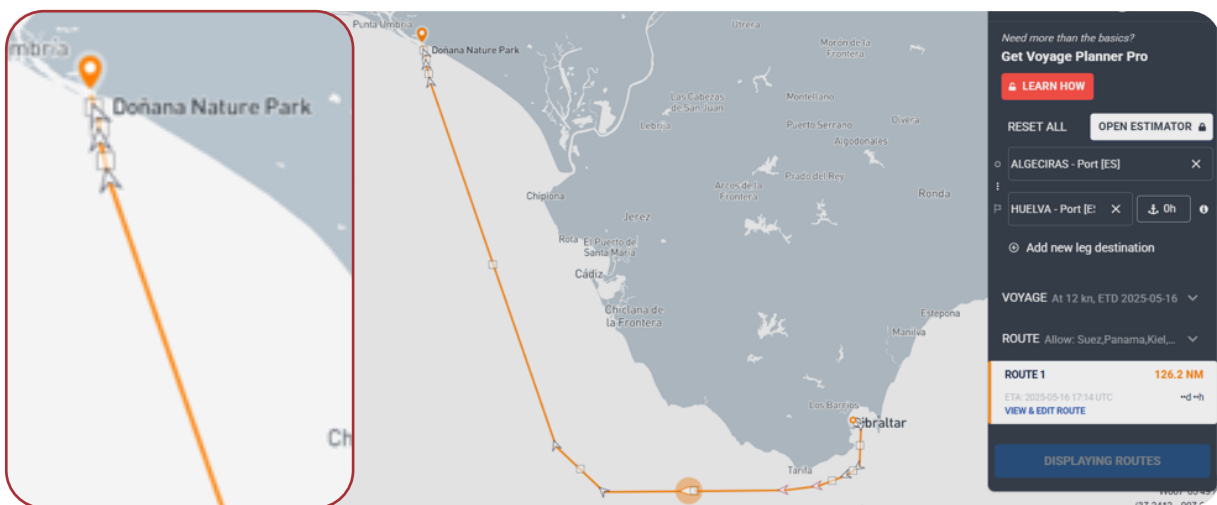


Figura 9. Ruta del transporte de UCO Algeciras - Huelva. **Fuente:** Elaboración propia a partir de MarineTraffic.

¹³ Art. 2.2 del Reglamento ReFuel EU Aviation. [Regulation \(EU\) 2023/2405](#)

Tras la transformación del UCO en HEFA, se enviaría a Las Palmas de Gran Canaria para abastecer a los aeropuertos canarios (Figura 10).



Figura 10. Ruta del transporte de HEFA Huelva-Las Palmas de Gran Canaria. **Fuente:** Elaboración propia a partir de MarineTraffic.

Como puede verse en la figura 11, se necesitarían un total de 18 barcos en 2025 para el transporte de UCO desde Indonesia a Canarias, de los cuales 7 barcos transportarían UCO desde Yakarta hasta Algeciras,¹⁴ y 7 barcos desde Algeciras a La Rábida. Una vez transformado, se necesitarían 2 barcos para transportar las 29.556 toneladas de HEFA a Las Palmas de Gran Canaria, emitiendo un total de 26.193 tCO₂e.

Parámetros

Canarias

Porcentaje de queroseno consumido en España	20%
SAF requerido (incluyendo RUP) en 2025	2%
Cantidad de UCO requerida (t)	147.780
Cantidad UCO (t) de Indonesia (36%)	53.000
Cantidad UCO (t) de España (64%)	94.779
Cantidad HEFA (t) de Indonesia	10.600
Cantidad HEFA (t) de España	18.955
Cantidad HEFA (t)	29.556
tCO ₂ e	26.193
Nº Barcos	18
tCO ₂ e/barco	1.455

Figura 11. Visualización de emisiones, UCO y HEFA requerido por Canarias en un escenario en el que los aeropuertos de las RUP están obligados a utilizar SAF. **Fuente:** Elaboración propia.

¹⁴ Incluyendo el UCO que transporta a otras refinerías.

Islas Baleares

En el caso de los aeropuertos de las Islas Baleares, a partir de los datos de mercancías y pasajeros, se puede asumir un consumo de queroseno en torno al 15.65% del total consumido en España en 2024, es decir, 1,156Mt. Es importante destacar que exceptuando el aeropuerto de Son Bonet, con apenas pasajeros, la mayoría de los aeropuertos de Islas Baleares, Palma de Mallorca, Ibiza y Menorca, sí están incluidos en la definición de aeropuertos de la Unión, y, por lo tanto, obligados a utilizar SAF.

Partiendo de la hipótesis de que el 100% de la materia prima utilizada proviene de Indonesia, en 2025 se requerirían 115.637,85 toneladas de UCO (aceite de cocina usado), o su equivalente en HEFA, estimado en 23.127 toneladas, para cumplir con los objetivos establecidos. Desde otra perspectiva, el abastecimiento de los aeropuertos de Baleares representaría el 43% de toda la materia importada de Indonesia, es decir 115.637 de las 266.004 toneladas de UCO.

Para calcular las emisiones del transporte de las 115.637 toneladas de UCO desde Indonesia, necesarias para cumplir con el objetivo establecido, se toma como premisa que el UCO se transportaría en primer lugar del puerto de Yakarta al puerto de Algeciras (Figura 6) y de Algeciras a la refinería de REPSOL en Cartagena para producir HEFA (Figura 12).

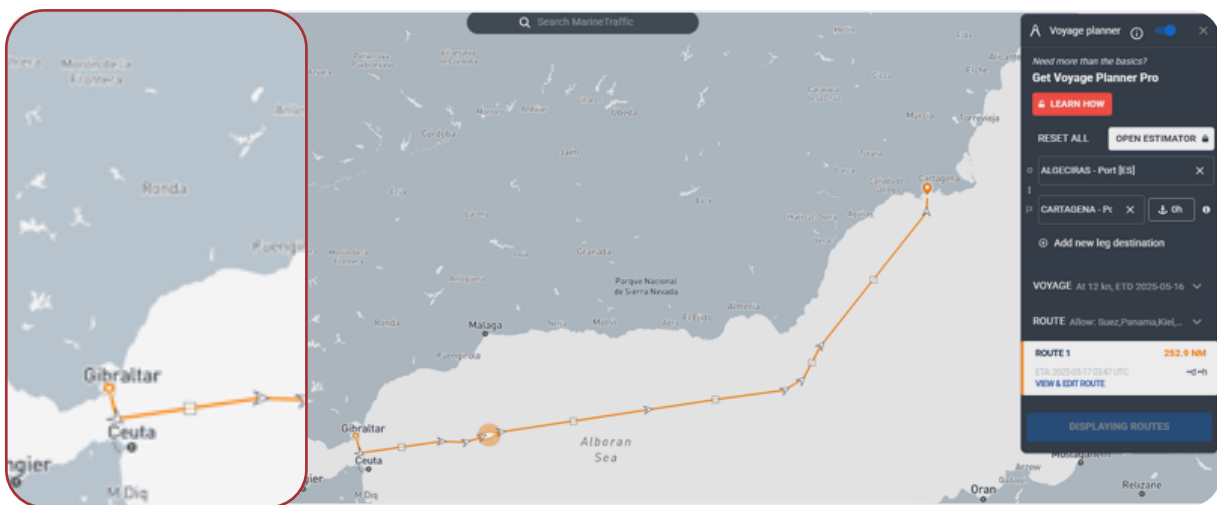


Figura 12. Ruta del transporte de UCO Algeciras - Cartagena. **Fuente:** Elaboración propia a partir de MarineTraffic.

Una vez transformado en HEFA, las 23.127 toneladas de combustible HEFA se transportan de Cartagena a Palma de Mallorca para abastecer a los aeropuertos baleares y cumplir con ReFuelEU (Figura 13).

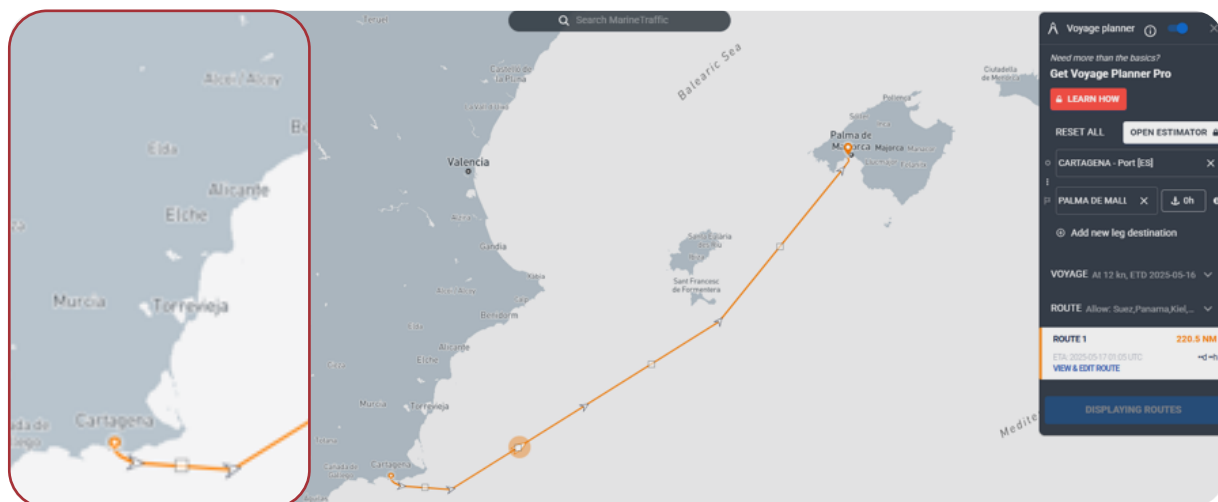


Figura 13.
Ruta del transporte de HEFA Cartagena-Palma de Mallorca.
Fuente: Elaboración propia a partir de MarineTraffic.

Realizando la transposición de datos, en Baleares se necesitarían 16 barcos provenientes de Indonesia para satisfacer el objetivo de SAF (HEFA) requerido en 2025, de los cuales 7 barcos transportarían 115.637 toneladas de UCO desde Jakarta a Algeciras¹⁵ y de ahí otros 7 de Algeciras a la refinería de REPSOL en Cartagena. Una vez procesado, 2 barcos transportarían 23.127 toneladas de HEFA de Cartagena a Mallorca para cumplir con ReFUELEU en 2025.

El transporte total de UCO y HEFA de Indonesia a los aeropuertos de las Islas Baleares emitiría 20.580 tCO₂ e anuales en 2025 (Figura 14).

¹⁵ Incluyendo el UCO que transporta a otras refinerías.

Parámetros

Baleares

Porcentaje de queroseno consumido en España	15,65%
SAF requerido (incluyendo RUP) en 2025	2%
UCO requerido (t) en Baleares	115.637
UCO de Indonesia (t)	41.523
UCO de España (t)	74.164
HEFA de Indonesia (t)	8.302
HEFA (t) de España	14.833
HEFA (t) total en Baleares	23.127
tCO₂e	20.580
Nº Barcos	16
tCO₂e/barco	1.286

Figura 14.

Visualización de emisiones, UCO y HEFA requerido por los aeropuertos de Baleares a partir de 2025.

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, el transporte aéreo en las regiones insulares de España, especialmente en Canarias y Baleares, desempeña un papel crucial tanto en la conectividad de los ciudadanos como en el abastecimiento de bienes y servicios esenciales. Esta dependencia refuerza la necesidad de incorporar las particularidades de estos territorios en el análisis de la transición hacia combustibles sostenibles en la aviación.

En el caso de Canarias, aunque sus aeropuertos no están obligados a cumplir con el Reglamento ReFuelEU Aviation por su condición de Región Ultraperiférica (RUP), su elevado consumo de queroseno —equivalente al 20 % del total nacional— implicaría un impacto considerable en la demanda de SAF en caso de ser incluidos como “aeropuertos de la Unión”. De aplicarse esta consideración, se requerirían 147.780 toneladas de UCO. Este transporte generaría unas emisiones estimadas de 26.193 toneladas de CO₂ equivalente, únicamente asociadas al traslado marítimo de la materia prima necesaria para la producción de HEFA.

Por otro lado, los aeropuertos de las Islas Baleares —ya incluidos en el ámbito del Reglamento—, con un consumo del 15,65% del combustible nacional, tendrían en 2025 una demanda de 115.637 toneladas de UCO, equivalentes a 23.127 toneladas de HEFA. Abastecer de HEFA de Indonesia a las Islas Baleares implicaría el uso de 16 barcos y unas emisiones anuales asociadas a su transporte de 20.580 toneladas de CO₂ equivalente.

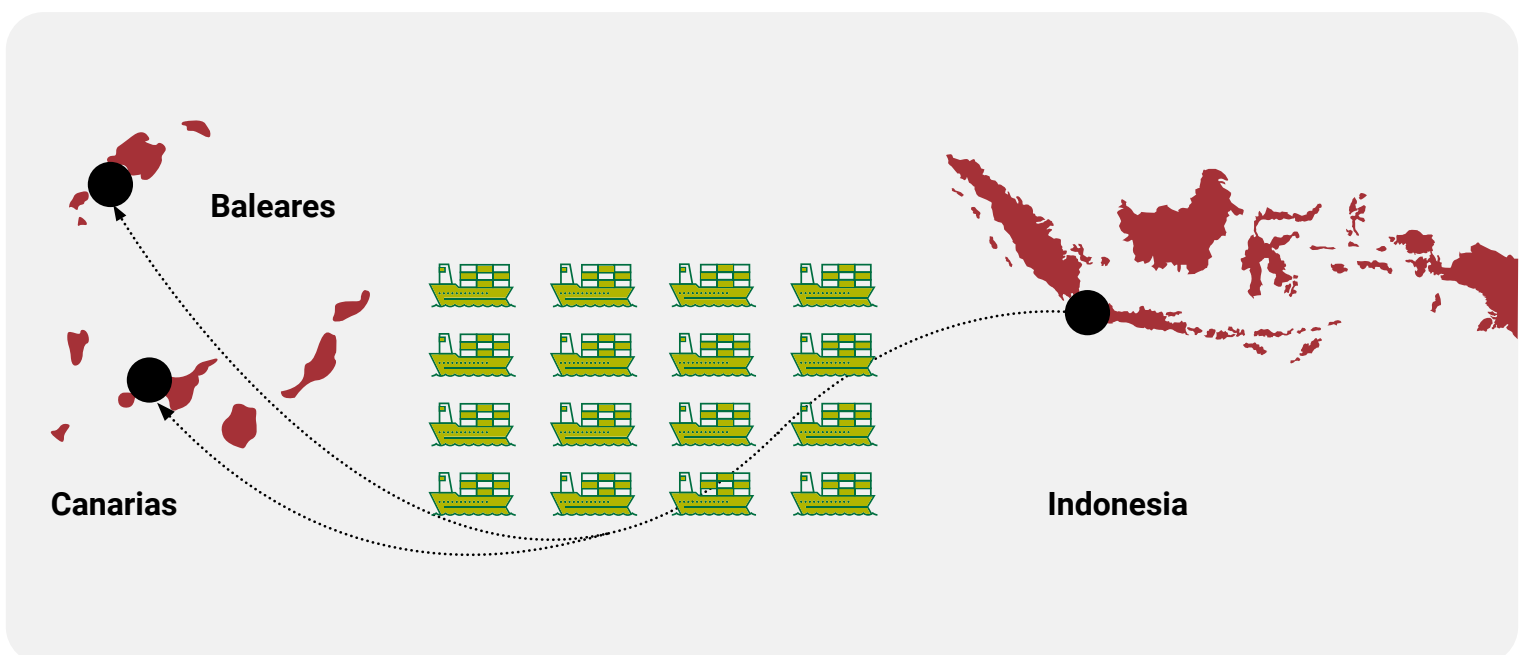
Estos datos revelan que el transporte internacional del UCO desde Indonesia u otros países del sudeste asiático, supone una carga significativa en términos de emisiones

indirectas, alcanzando en total cerca de 45.485 toneladas de CO₂ equivalente sólo para que la materia prima llegue a un puerto de España. Esta situación plantea interrogantes sobre la sostenibilidad integral del sistema y la necesidad de estrategias que reduzcan su huella ambiental.

Cabe señalar que, bajo la hipótesis de que el 36 % del UCO utilizado para la producción de HEFA proviene de Indonesia u otros países del sudeste asiático, y que el 64 % restante se logra recoger localmente, el volumen total de materia prima importada—estimado en 266.004 toneladas— apenas sería suficiente para cubrir las necesidades conjuntas de Canarias y Baleares, cuya demanda asciende a 263.417 toneladas. Sin embargo, esta proporción de recogida local no se corresponde con la tendencia observada en los datos recientes de la Agencia Tributaria, que reflejan un gran incremento en las importaciones de UCO, en particular, de Malasia y China.

Esta discrepancia evidencia la fragilidad del actual modelo de abastecimiento, que se incrementará a medida que aumenten los objetivos a lo largo de los años, y refuerza la necesidad de implementar estrategias más ambiciosas para fomentar la recolección interna, a la vez que se incentiva la producción de otras alternativas como los e-SAF, para las cuales España tiene un gran potencial debido a sus características geográficas, entre otras.

Esto permitiría reducir la dependencia de importaciones de terceros países, mejorar la eficiencia logística, disminuir las emisiones asociadas al transporte de las materias primas y reforzar la seguridad del suministro energético en el sector aéreo.



3. Análisis económico de la producción de e-SAF en España

El presente apartado evalúa tres escenarios —optimista, neutro y pesimista— para la producción de e-SAF en España, tomando como base la descomposición de sus costes de producción. Esta estructura de costes se basa en el informe publicado por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA por sus siglas en inglés)¹⁶ en diciembre de 2024, el cual analiza los precios estimados de diversos tipos de SAF en función de las materias primas utilizadas.

Según dicho informe, el precio medio del queroseno fósil se sitúa en 816 €/t, mientras que el SAF producido a partir de residuos alcanza los 2.675 €/t. En el caso del combustible sintético (e-SAF), el coste medio estimado asciende a 7.500 €/t, aunque varía en función de la fuente de CO₂ empleada: biogénico, industrial o capturado directamente de la atmósfera. Para cada tipo de CO₂, el informe detalla una distribución específica de los costes de producción.

Tal como se observa en la figura 15, la producción de e-SAF a partir de CO₂ biogénico o industrial presenta una estructura similar: el 77 % del coste corresponde a la producción de hidrógeno, el 14 % al CAPEX (inversiones en infraestructura, materiales y costes financieros), el 1 % a costes fijos (personal, seguros, impuestos) y el 8 % a costes variables (agua, electricidad, gas natural). En cambio, cuando el CO₂ procede de captura directa de la atmósfera, el peso del CAPEX se incrementa al 17 %, mientras que el hidrógeno representa el 70 % del coste, los costes fijos aumentan al 3 % y los variables al 9 %.

Distribución de coste de producción de combustible sintético en España según procedencia del CO₂

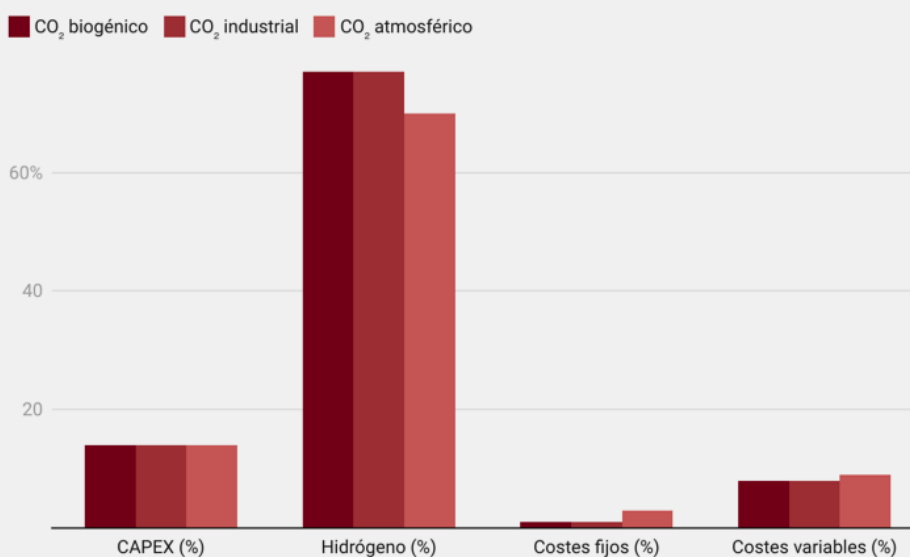


Gráfico: Raufast (2025) • Fuente: EASA • Creado con Datawrapper

Figura 15. Distribución de coste de producción de combustible sintético (e-SAF) en España según la procedencia del CO₂.
Fuente: Elaboración propia a partir de EASA.

¹⁶ Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA). State of the EU SAF market in 2023. Diciembre, 2024. [EASA publishes report on the European Union Sustainable Aviation Fuels \(SAF\) market.](#)

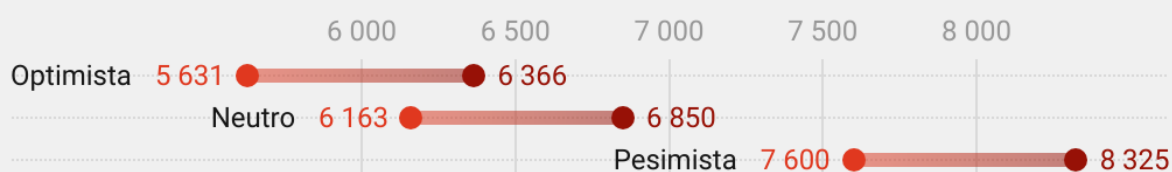
3.1 Escenarios de producción de e-SAF

El presente apartado analiza cómo las variaciones en el precio del hidrógeno afectan al coste final de producción del e-SAF, así como su viabilidad económica en el contexto español. Para ello, se diferencia el impacto según la fuente de CO₂ empleada en el proceso de producción —biogénico, industrial o capturado directamente de la atmósfera—, dado que cada una implica una estructura de costes distinta.

Este análisis de sensibilidad contempla tres escenarios posibles para la producción de e-SAF en España —optimista, neutro y pesimista—, contruidos a partir de un precio indicativo del hidrógeno verde. Dichos escenarios se fundamentan en el potencial del país para generar electricidad renovable y asequible, un factor clave en la competitividad del e-SAF. La figura 16 ilustra cómo estos precios proyectados del hidrógeno inciden en el coste total del combustible sintético, en función del tipo de CO₂ utilizado.

Este Análisis de Sensibilidad propone tres escenarios de producción de e-SAF en España: optimista, neutro y pesimista, basados en un precio indicativo del hidrógeno verde según el potencial de España de generación de electricidad renovable y barata para la producción de e-SAF, tal y como expone la figura 15.

Escenarios de producción de combustible sintético para aviación en España (€/tonelada)



Creado con Datawrapper

Figura 16.

Escenarios de producción de combustible sintético (e-SAF) para aviación en España según el origen del CO₂ y el coste del hidrógeno verde. **Fuente:** Elaboración propia.



Escenario pesimista

Este escenario utiliza el precio propuesto por EASA y S&P Global Commodity Insights para España de 7,05€/kg de hidrógeno verde, que supone un coste final de **7.600€/t** de e-SAF a partir de CO₂ biogénico/industrial y **8.325€/t** por tonelada de e-SAF a partir de CO₂ capturado de la atmósfera.¹⁷

En este escenario, el coste del e-SAF en el escenario más pesimista es **más de 10 veces superior** que el coste actual del queroseno fósil y **3 veces superior** que el SAF a partir de residuos.

Escenario neutro

En el escenario neutro se emplea el precio reflejado en el primer índice ibérico del hidrógeno renovable MIBGAS IBHYX de 5,85€/kg (148,36 €/MWh).¹⁸ Con este valor, el coste de producción del e-SAF a partir de CO₂ biogénico o industrial se sitúa en torno a **6.163 €/t**. En el caso del CO₂ atmosférico —con una distribución ajustada— el coste se eleva a **6.850 €/t**.

Así, el e-SAF en este escenario representa un coste aproximadamente **8 veces superior** al del queroseno fósil y **más de 2 veces superior** que el coste del SAF a partir de residuos.

Escenario optimista

Finalmente, el escenario optimista utiliza un precio indicativo de 4,68€/kg de hidrógeno verde, calculado a partir de estimaciones del Observatorio Europeo del Hidrógeno, el Banco de España, de MIBGAS y del Operador del Mercado de la energía en Portugal y España (OMIE). Así, el coste de producir e-SAF a partir de CO₂ biogénico y a partir de CO₂ industrial sería de **5.631€/t**. En la distribución de la producción de e-SAF a partir de CO₂ atmosférico el coste sería de **6.366€/t**.

¹⁷ Argus Media and Platts, S&P Global Commodity Insights. Precio del hidrógeno renovable mediante la producción por medio de electrólisis alcalina con un contrato de compraventa de energía (PPA) en España según Platts. Extraído de EASA.

¹⁸ MIBGAS IBHYX. Índice ibérico del precio del hidrógeno renovable. <https://greenenergy.mibgas.es/>

El coste del e-SAF en el escenario más optimista es casi 7 veces superior al coste del queroseno fósil actual y 2 veces superior al coste medio del SAF a partir de residuos.

Sin embargo, el precio de 4,68€/kg de hidrógeno verde permitiría una reducción de más del 32% del coste de e-SAF en comparación con el escenario más pesimista.

Escenario	Precio del H ₂ verde (€/kg)	Coste del e-SAF a partir de CO ₂ biogénico / industrial (€/tonelada)	Coste a partir de CO ₂ atmosférico (€/tonelada)	Coste medio en comparación con el queroseno fósil (816€/t)
Optimista	4,68€/kg	5.631€	6.366€	7 veces superior
Neutro	5,85€/kg	6.163€	6.850€	8 veces superior
Pesimista	7,05€/kg	7.600€	8.325€	10 veces superior

Figura 17. Tabla resumen del coste de producción de e-SAF en España según escenario. **Fuente:** Elaboración propia.

¹⁹ Basándonos en el precio medio de la electricidad en España en 2024, 63.19 €/MWh, y asumiendo que representa un 40% del coste total de la producción de hidrógeno verde, según el Levelised Cost of Hydrogen (LCOH) calculator from the European Hydrogen Observatory, aplicamos el modelo propuesto por el Banco de España, que estima un descenso de hasta un 50% del precio en 2030 y hallamos que el coste del hidrógeno verde podría reducirse hasta en 1,4€/kg desde los 5,85€/kg iniciales.

²⁰ Banco de España. Septiembre de 2024. [El impacto de las energías renovables sobre el precio mayorista de la electricidad. BOLETÍN ECONÓMICO.](#)

²¹ MIBGAS IBHYX. Índice ibérico del precio del hidrógeno renovable. <https://greenenergy.mibgas.es/>

²² OMIE. Precio medio del mercado mayorista de electricidad en España en 2024. [Precio del mercado diario | OMIE](#)

4. Conclusiones

- **El sector de la aviación representa el 1,2% de las emisiones de España y el 3,8% en la Unión Europea.**
- El consumo total de queroseno en España en 2024, ascendió a 7,389 Mt en todos los aeropuertos del país, incluidas las regiones ultraperiféricas (RUP). **Los aeropuertos de Canarias consumen un 20% del queroseno en España y no están obligados a utilizar SAF de ningún tipo.**
- Cumplir con los requisitos del Reglamento ReFuelEU Aviation en España implicará la incorporación progresiva de combustibles sostenibles de aviación de origen biogénico, comenzando con 147.780 toneladas en 2025 y alcanzando las 2.586.150 toneladas en 2050. Asimismo, se prevé que a partir del periodo 2030-2031 se inicie la introducción de e-SAF, con un volumen estimado de 88.680 toneladas, que también deberá incrementarse hasta alcanzar las 2.586.150 toneladas en 2050, en línea con los objetivos europeos de descarbonización del sector.
- **Con la aplicación del Reglamento europeo ReFuelEU Aviation, en el año 2050 se podrían ahorrar hasta 15,123 millones de toneladas de CO₂ anuales en España.**
- **En 2023, un 64% del aceite de cocina usado (UCO) utilizado en la producción de combustible de aviación a partir de residuos (HEFA) provino de España, o recogida local, y un 36% de Indonesia. Sin embargo, en 2024 y 2025 y a partir de la puesta en marcha de la planta de HEFA de REPSOL en Cartagena, hay un aumento significativo de la importación de UCO de China y Malasia según los datos oficiales de importaciones de la Agencia Tributaria.** En esta línea, en dichos datos no se especifica el uso final que se le dará a la materia prima, por lo que en este punto es esencial la publicación de los certificados oficiales de biocarburantes de 2024 y 2025 que clarificará y actualizará el origen real de las materias primas utilizadas para el sector de la aviación.
- Siguiendo la hipótesis de que el 36 % del UCO utilizado para la producción de HEFA proviene de Indonesia u otros países del sudeste asiático, y que el 64 % restante se recoge de forma local, **el volumen total de materia prima importada –estimado en 266.004 toneladas– apenas sería suficiente para cubrir las necesidades conjuntas de Canarias y Baleares, cuya demanda asciende a 263.417 toneladas.**
- **La reducción del 85% de las emisiones del combustible de aviación HEFA puede ser aproximadamente de un 11,4% menor debido a las emisiones del transporte de la materia prima desde Indonesia u otro país del sudeste asiático.**
- **La reducción de emisiones de e-SAF puede ser de un 100%, sin embargo esta reducción puede ser menor si no se cumplen los requisitos de electricidad renovable y/o CO₂ capturado de la atmósfera.**
- **El coste del e-SAF es actualmente casi 7 veces superior al queroseno fósil en el escenario más optimista, 8 veces superior en el escenario neutro y más de 10 veces en el escenario más pesimista.**
- **El coste del e-SAF es 2 veces superior al SAF a partir de residuos en el escenario más optimista, más de 2 veces superior en el escenario neutro y más de 3 veces en el escenario más pesimista.**

- **El coste de producir combustible sintético puede reducirse enormemente en España.** El escenario más optimista, con un precio de 4,68€/kg de hidrógeno verde y un precio de 5631€ por tonelada de combustible, permitiría una reducción de más del 32% del coste de e-SAF en comparación con el escenario más pesimista (7,05€/kg de hidrógeno verde y 8325€ por tonelada de combustible), y casi 2000€ de reducción por tonelada en comparación con la media europea.
- **El precio del hidrógeno verde es fundamental.** La reducción del precio del hidrógeno verde 7,05€/kg a 4,68€/kg provoca una reducción potencial del 32% del coste de producir una tonelada de e-SAF en comparación con el escenario más pesimista.
- **El coste de captura de CO₂ de la atmósfera es aún elevado.** La producción de e-SAF en sentido estricto requiere de la utilización de CO₂ capturado de la atmósfera. De media, es un 10,7% más caro en los tres escenarios.

5. Recomendaciones

1 Utilizar las líneas de financiación existentes y crear nuevas para la producción de e-SAF. Aún con la reducción del coste del hidrógeno verde, la diferencia de coste entre el queroseno convencional, el combustible a partir de residuos y el combustible sintético es sustancial. Si no se consigue reducir el coste, podría peligrar el subobjetivo de ReFuelEU Aviation y la reducción efectiva de emisiones. La Estrategia de Inversiones 2024-2026 del IDAE dispone de una dotación de 100 millones de euros “para invertir, como socio minoritario, en proyectos empresariales emergentes que impliquen soluciones tecnológicas innovadoras, startups o modelos de negocio útiles dentro del proceso global de descarbonización de la economía española”.

2 Aplicar un modelo de contrato por diferencia (CfD) para reducir el riesgo inversor en combustibles sintéticos, al proporcionar un retorno seguro, predecible y limitado. El Estado actúa como intermediario, si el precio de mercado supera el precio acordado, la diferencia positiva va al gobierno, y si el precio de mercado es inferior al coste de producción, el gobierno cubre la diferencia.

3 Utilizar los ingresos del Sistema de Comercio de Derechos de Emisión (ETS) para apoyar proyectos de e-SAF e hidrógeno renovable para aviación a través del Fondo de Innovación.

4 Incluir a los aeropuertos canarios de Gran Canaria, Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna y Tenerife-Sur en la clasificación “Aeropuertos de la Unión”.

5 Priorizar el uso de combustibles renovables de origen no biológico en la aviación. El uso de e-SAF en la aviación permitirá reducir las emisiones significativamente y para ello, debe ponerse el foco en su desarrollo. Esto podría establecerse mediante cálculos diferenciados en función del sector de aplicación, a diferencia de lo previsto actualmente en el artículo 12 de la Orden TED/728/2024, que no contempla distinción alguna según el uso sectorial.

6

Impulsar que los buques marítimos que suministran tanto materia prima para la producción de biocombustibles de aviación como queroseno o SAF a territorio español cuenten con un porcentaje mínimo de combustible sostenible. De esta manera, el aceite de cocina usado (UCO) proveniente del Sudeste Asiático (China, Malasia e Indonesia) podría contrarrestar o, al menos, minimizar, el 11,4% de reducción del ahorro de emisiones provocado por el transporte de UCO en barco.

7

La transparencia y la rendición de cuentas deben ser una prioridad, exigiendo a las partes interesadas que proporcionen información completa sobre el combustible suministrado y consumido, la procedencia de la materia prima y qué prácticas se están implementando para avanzar hacia un sector más respetuoso con el medio ambiente.

Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES)

—

Plaza San Bruno 9, 1º oficinas
50001 - Zaragoza, Aragón, España

—

ecodes.org

ecodes
tiempo de actuar