



NOTA DE ESTUDIO

CONFERENCIA SOBRE LA AVIACIÓN Y LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Ciudad de México, México, 11 a 13 de octubre de 2017

Cuestión 1 del

orden del día: **Avances en materia de investigación y certificación de combustibles de aviación alternativos**

PRECIOS ESTIMADOS DE LOS COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN ALTERNATIVOS

(Nota presentada por la Secretaría de la OACI)

RESUMEN

Los precios de los combustibles de aviación alternativos (AAF) siguen siendo superiores a los precios de los combustibles de aviación convencionales (CAF), pero cuyo diferencial muestra una clara tendencia descendente. Serán necesarios incentivos y políticas de apoyo a corto y mediano plazo para garantizar el desarrollo y crecimiento de instalaciones de producción de este combustible. La presente Nota proporciona información sobre los precios estimados de diversos tipos de AAF recogidos en la bibliografía publicada, así como posibles formas de reducir los costos asociados a la futura producción de combustibles sostenibles para la aviación (SAF).

Las medidas propuestas a la Conferencia figuran en el apartado 4.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Tal como se predijo en la Nota de estudio 12 de la primera Conferencia sobre la Aviación y los Combustibles Alternativos (CAAF/09-WP/12), se ha producido una evolución muy importante en materia de investigación, desarrollo y utilización de combustibles de aviación alternativos (AAF). Desde 2009 ASTM International, una organización de normalización internacional, ha aprobado cinco tipos de procesos de conversión para la producción de AAF, confirmando así la seguridad operacional y la viabilidad de dichas mezclas de combustibles. Los procesos de conversión aprobados por la ASTM para la producción de AAF son los siguientes: queroseno parafínico sintético Fischer-Tropsch (FT-SPK), queroseno parafínico sintético de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados (HEFA-SPK), isoparafinas sintéticas de azúcar fermentada hidroprocesada (SIP-HFS), queroseno parafínico sintético con aromáticos obtenidos mediante la alquilación de aromáticos ligeros de fuentes distintas al petróleo (SPK/A) y queroseno parafínico sintético a base de alcohol para reactores (ATJ-SPK).

1.2 En la Nota CAAF/02-WP/07 se proporciona información adicional sobre los procesos de conversión aprobados, así como sobre procesos de conversión adicionales en fase de aprobación.

1.3 Actualmente, AltAir Fuels, con sede en Los Ángeles, Estados Unidos de América, es la única instalación a escala comercial que produce de forma regular AAF. Esta instalación produce combustible utilizando el proceso de conversión HEFA-SPK. Otros tres productores ha suministrado lotes de AAF a escala comercial: Amyris en Brasil ha producido lotes de AAF utilizando el proceso de conversión SIP-HFS, Gevo en los Estados Unidos de América ha producido lotes de AAF utilizando el proceso de conversión ATJ-SPK y Neste ha producido lotes de AAF utilizando el proceso de conversión HEFA-SPK. Además, están en fase de construcción varias plantas de producción que utilizarán el proceso de conversión Fischer-Tropsch (FT) (por ejemplo, Fulcrum, RedRock y SG Preston).

1.4 A pesar de estas iniciativas, diversos retos aún obstaculizan el crecimiento de la industria de los AAF, tal como se describe en la Nota CAAF/02-WP/11. Entre ellos están unos costos de producción más elevados de los AAF, que dificultan su competitividad frente a combustibles de aviación convencionales (CAF), especialmente teniendo en cuenta los actuales bajos precios del petróleo crudo. Por lo tanto, a corto y mediano plazo serán necesarios incentivos y políticas de apoyo para garantizar la implantación y el crecimiento de instalaciones de producción de AAF. No obstante, es previsible que conforme aumente la producción de AAF se reduzcan los costos.

1.5 En esta Nota se examinan los precios de venta mínimos de los combustibles (MFSP) estimados mediante un estudio bibliográfico de referencias que proporcionan dichos valores a fin de sensibilizar a la Conferencia sobre los costos relativos asociados a la actual producción de AAF.

2. PRECIOS DE VENTA MÍNIMOS ESTIMADOS DE LOS COMBUSTIBLES SOSTENIBLES PARA LA AVIACIÓN

2.1 En la bibliografía existen varios análisis técnicoeconómicos (TEA) sobre precios de venta mínimos estimados de varios tipos de AAF. No obstante, siguen existiendo incertidumbres científicas significativas sobre la aplicabilidad de dichos estudios ya que sus resultados varían notablemente e incluso pueden ser contradictorios. Los retos específicos identificados con relación a los análisis técnicoeconómicos son su completitud y comparabilidad, ya que los supuestos financieros y de disponibilidad tecnológica no se utilizan de forma coherente en la amplia gama de estudios de la bibliografía.

2.2 Existen grandes incertidumbres asociadas al fuerte impacto de los productos obtenidos en términos de rentabilidad y sostenibilidad, la protección existente en materia de propiedad intelectual que impide la plena comprensión de los procesos a mayor escala y la comprensión cabal del estado de la técnica. Por ejemplo, algunos estudios han considerado el crecimiento y la racionalización del riesgo suponiendo que se trata de la “n-ésima” planta productora. El análisis de dicho método no describe el caso de una planta pionera, sino el de varias plantas en funcionamiento con la misma tecnología. Por lo tanto, ese enfoque refleja una tecnología madura, pero omite la evaluación de aspectos económicos a corto plazo y propios de los primeros usuarios de una tecnología, que son importantes para identificar los riesgos y retos del crecimiento de una tecnología. Las estimaciones de costos disponibles para plantas pioneras se basan en datos históricos de efectos sobre los ingresos tomados de la industria química, cuya aplicación al caso específico de los AAF no está clara. En consecuencia, es necesario aplicar una metodología coherente en los análisis técnicoeconómicos para que sean adecuados para plantas de carácter pionero, así como brindar orientación y apoyo a estas actividades.

2.3 No obstante, los análisis técnicoeconómicos proporcionan una indicación de precios de venta previsible de los AAF. En la figura 1 se muestran (puntos cuadrados) los MFSP estimados para un conjunto de análisis técnicoeconómicos de diversas formas de producción de AAF y se comparan con el precio promediado a lo largo de tres años del combustible convencional típico para la aviación (línea continua). También se muestra el valor medio de estudios que proporcionan varios MFSP para una forma

de producción. Para la estimación del precio del CAF, se ha utilizado el precio al contado del combustible de tipo queroseno para reactores de la costa estadounidense del Golfo de México, cuyo promedio entre 2013 y 2015 ofrece un resultado aproximado de 0,78 \$/kg¹.

2.4 En la primera Conferencia sobre la Aviación y los Combustibles Alternativos celebrada en 2009, se estimó que, en algunos casos, los costos de producción de los AAF oscilaban entre 2 y 5 veces el costo de los CAF (CAAF/09-WP/12). Los recientes análisis técnicoeconómicos presentados en la figura 1 muestran que actualmente algunas formas de producción se están acercando a la paridad en precio con los CAF. Pese a esta tendencia de costos de producción decrecientes, hasta que no haya disponibles cantidades más significativas de combustible, el costo de los AAF seguirá sujeto a una elevada incertidumbre. Por lo tanto, los subsidios o los incentivos pueden ayudar a un impulso inicial de la producción y superar los riesgos de pasar de un nivel piloto a una comercialización plena. Es previsible que con la puesta en marcha de nuevas instalaciones de producción de carácter comercial se reduzcan los costos. Se identificarán nuevas fuentes más competitivas de materias primas, aumentará el rendimiento de la producción así como el valor de los coproductos conforme se identifiquen nuevos mercados.

2.5 El esfuerzo concertado en materia de investigación y desarrollo constituye uno de los principales factores que impulsan la progresiva mejora del resultado de los análisis técnicoeconómicos. Tal como se muestra en la figura 2, a lo largo de nueve años de actividad de investigación y desarrollo, el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América ha mejorado la tecnología de una de las posibles formas de producción de biocombustible, la pirólisis rápida, de forma que el costo estimado de producir biocombustible a gran escala mediante este técnica se ha reducido un 75%¹². Se espera que esta tendencia general de reducción de costos se extienda a muchas de las formas de producción de AAF descritas en la Nota CAAF/2-WP/7, aunque los aspectos específicos de cada una seguirán siendo distintos.

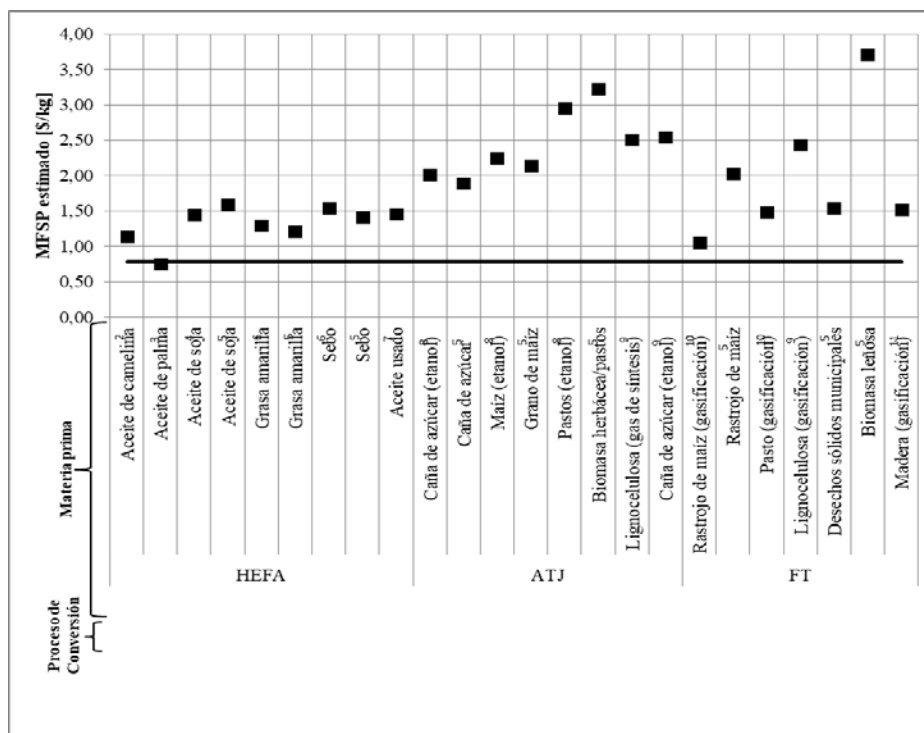


Figura 1: Precios de venta mínimos de combustible (MFSP) estimados para diversas formas de producción de AAF (puntos cuadrados), en comparación con el precio medio de un periodo de tres años del combustible de tipo queroseno para reactores con origen en la costa estadounidense del Golfo de México (línea continua)¹.

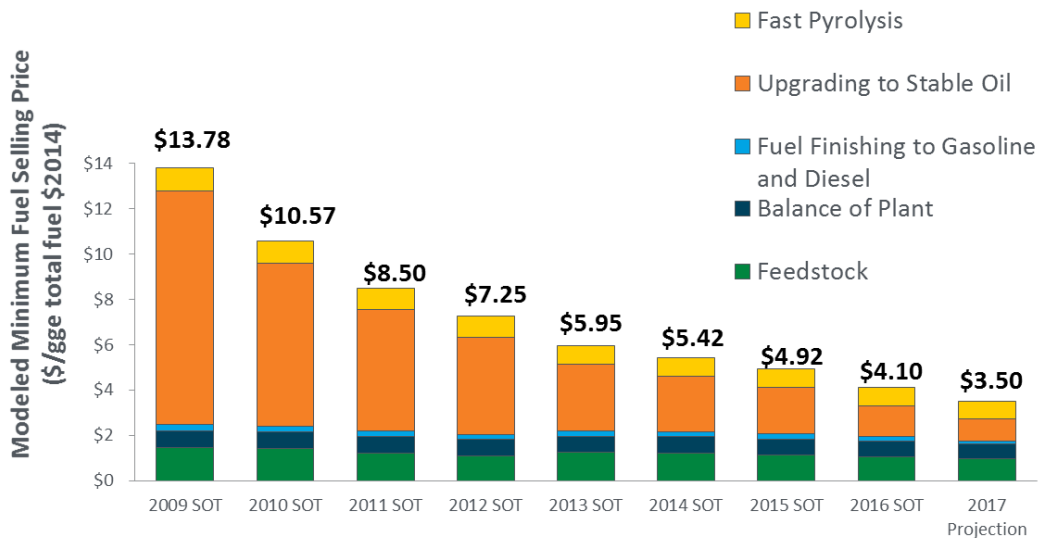


Figura 2: Modelado del precio de venta mínimo (MFSP) del combustible para uso comercial basado en pirólisis rápida teniendo en cuenta el estado de la tecnología (SOT) en cada año, desde 2009 a 2017¹³.

2.6 Pese a las incertidumbres que reflejan los análisis técnicoeconómicos, la idea generalizada es que los principales factores de costo de los AAF son: el costo y composición de la materia prima, el costo de capital del proceso de producción, el rendimiento general de la conversión, la calidad y composición del AAF, los gastos de explotación, los requisitos financieros, la logística, los recursos iniciales y los costos actuales de la forma de producción¹³ del AAF. Algunos de esos costos pueden reducirse directa o indirectamente mediante las siguientes iniciativas relacionadas con la tecnología:

- a) utilización de instalaciones preexistentes, es decir, infraestructura existente que no se utiliza o está infrautilizada, como por ejemplo, refinerías de petróleo antiguas o instalaciones de producción de combustible alternativo existentes;
- b) coubicación con infraestructura existente, por ejemplo, situar la producción de AAF cerca de instalaciones de producción de combustibles convencionales para aprovechar la producción de hidrógeno y las instalaciones para la mezcla;
- c) explorar exhaustivamente e identificar recursos de materias primas con el objetivo de aumentar el volumen disponible de combustibles sostenibles para la aviación (SAF);
- d) mejorar la recuperación de aceites renovables y los procesos de conversión;
- e) crear coproductos de mayor valor;
- f) mejorar la eficiencia de los procesos que convierten materia prima y productos intermedios en SAF;
- g) desarrollar tecnologías avanzadas para la producción de SAF;
- h) reducir la distancia y el número de las rutas de transporte;
- i) continuar realizando estudios de rendimiento, ensayos de combustibles y ensayos en vuelo.

3. CONCLUSIÓN

3.1 Para aumentar la producción comercial de SAF es necesario aproximarse a la paridad de precios con los CAF, ya que el combustible es el principal costo operacional de los explotadores comerciales de líneas aéreas. Sin embargo, el bajo precio actual del petróleo crudo dificulta la competencia de los SAF con los CAF. Por lo tanto, es probable que sean necesarios mecanismos financieros para alcanzar el objetivo de paridad en precios de los SAF, ya que éstos reducen los riesgos

asociados a la volatilidad del precio del petróleo. En la Nota in CAAF/2-WP/10 se presentan posibles mecanismos financieros para el desarrollo de proyectos sobre SAF.

3.2 A fin de avanzar en el objetivo de la paridad de precios de los SAF, es importante que se realicen análisis para evaluar las distintas opciones políticas de estímulo a la producción de SAF. El costo y la eficacia de las distintas opciones políticas pueden ser significativamente diferentes y, por lo tanto, es importante identificar la opción política que puede estimular la producción de SAF de la forma más económica posible para los Estados. El conjunto de métricas cualitativas presentadas en la Nota de Estudio CAAF/2-WP/11 puede servir de base para evaluar la viabilidad, eficacia y practicidad de las políticas en contextos y condiciones nacionales específicas.

4. **MEDIDAS PROPUESTAS A LA CAAF/2**

4.1 Se invita a la CAAF/2 a:

- a) reconocer la reducción de los costos de producción de los AAF experimentada desde la CAAF/1 en 2009;
- b) acordar la necesidad de continuar los esfuerzos en aras de la paridad de precios entre los SAF y los CAF;
- c) recomendar a los Estados que promuevan iniciativas de colaboración mutua y con la industria a fin de apoyar los esfuerzos globales para la reducción de los precios de los SAF, incluidas las iniciativas relacionadas con la tecnología identificadas en el párrafo 2.6; y
- d) acordar la necesidad de mecanismos financieros y de políticas para garantizar la competitividad de los SAF, en particular durante periodos de bajos precios del petróleo crudo.

— FIN —

REFERENCIAS**(English only)**

1. U.S. gulf coast kerosene-type jet fuel spot price FOB, available at https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer_epjk_pf4_rgc_dpg&f=a
2. Natelson, R.H. et al., Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil, *Biomass and Bioenergy*, 75:23-34 (2015).
3. Hilbers, T.J., et al., Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study, *Chemical Engineering & Technology*, 38(4): 651-657 (2015).
4. Pearlson, M. et al., A techno-economic review of hydroprocessed renewable esters and fatty acids for jet fuel production, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(1): 89-96 (2013).
5. Bann, S.J. et al., The costs of production of alternative jet fuel: A harmonized stochastic assessment, *Biosource Technology*, 227:179-187 (2017).
6. Seber G. et al., Environmental and economic assessment of producing hydroprocessed jet and diesel fuel from waste oils and tallow, *Biomass and Bioenergy*, 67: 108-118 (2014).
7. de Jong, S. et al., The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(6):778-800 (2015).
8. Staples, M.D. et al., Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies, *Energy & Environmental Science*, 7: 1545-1554 (2014).
9. Diederichs, G.W. et al., Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice, *Bioresource Technology*, 216: 331-339 (2016).
10. Agusdinata, D.B. et al., Life Cycle Assessment of Potential Biojet Fuel Production in the United States, *Environmental Science & Technology*, 45(21): 9133-9143 (2011).
11. Zhu, Y. et al., Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels, 2011, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, USA.
12. https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp_march2016.pdf
13. Public workshop sponsored by EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.-1. (2016). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*. Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.