



ANÁLISIS DE IMPACTO NORMATIVO (AIN)

EXPEDICIÓN DE REGLAMENTO TÉCNICO PARA DEFINIR LOS REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES SOSTENIBLES DE AVIACIÓN PARA MOTORES TIPO TURBINA.

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presentado a: Departamento Nacional de Planeación (DNP)

2025

TABLA DE CONTENIDO

ANTECEDENTES Y CONTEXTO	¡Error! Marcador no definido.
1.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO	4
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: El sector aéreo requiere avanzar en su descarbonización; sin embargo, Colombia carece actualmente de un marco regulatorio para los combustibles sostenibles de aviación (SAF), lo que limita su desarrollo e implementación.	10
2. DEFINICION DE OBJETIVOS	17
2.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS	¡Error! Marcador no definido.
a. Establecer parámetros de calidad para los componentes sintéticos de mezcla en SAF utilizados en motores tipo turbina.	21
c. Implementar mesas técnicas multisectoriales para la elaboración participativa del reglamento.	22
4. IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCION	23
4.1. Alternativas regulatoria:	23
4.2. Alternativa no regulatoria.	24
4.3. Alternativa statu quo:	25
5. METODOLOGIA Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS	26
6. ELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA	29
Justificación	29
7. IMPLEMENTACION Y MONITOREO	31
7.1. Implementación y cumplimiento	¡Error! Marcador no definido.
8. CONSULTA PÚBLICA	35
8.1. Resultados de las consultas publicas	35
9. Referencias Bibliográficas	36
10. ANEXOS	38
10.1. Priorizaciones alternativas en la metodología AHP.	38

AHP: Proceso de Análisis Jerárquico

CR: Coeficiente de consistencia

DNP: Departamento Nacional de Planeación

GEI: Gases de efecto invernadero

IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

OMC: Organización mundial del Comercio.

SAF: Combustibles Sostenibles de Aviación

CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

TEJ: Transición Energética Justa

1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

Campo	Descripción
Nombre de la entidad	Ministerio de Minas y Energía – Dirección de Hidrocarburos
Para resolver la problemática identificada, ¿ya existe alguna regulación? ¿Cuál o cuáles?	No existe regulación. Actualmente existen normas marco que reconocen la importancia del desarrollo de combustibles sostenibles como el SAF (Combustible Sostenible de Aviación), como la Ley 1715 de 2014 que regula la integración de las energías renovables no convencionales, y 2169 de 2021 que impulsa el desarrollo bajo en carbono, así como la Ley 2294 de 2023 o Ley del Plan Nacional de Desarrollo (PND), entre otras; documentos de política como el CONPES 4075 de política de transición energética y el CONPES 4129 de política nacional de reindustrialización que prevé el sector de hidrocarburos y las mezclas. Sin embargo, no existe una regulación técnica específica de calidad que defina las características fisicoquímicas, métodos de ensayo, procesos de certificación y condiciones para la mezcla de SAF y componentes sintéticos (SBC) con Jet A1, lo cual limita su producción, distribución, comercialización e importación en Colombia.
¿la regulación existente es un reglamento técnico?	No. Las disposiciones existentes son normativas de carácter legal o lineamientos de política pública. No se ha expedido aún un reglamento técnico en los términos del Decreto 1074 de 2015 ni de la Decisión Andina 827, que establezca requisitos obligatorios de calidad para el SAF en Colombia.
¿Las intervenciones pensadas para solucionar la problemática tienen algún impacto sobre la economía, la sociedad o el medio ambiente?	Sí. La expedición de un reglamento técnico de calidad para SAF tiene impactos positivos sobre: • La economía, al fomentar la producción nacional de nuevos combustibles, atraer inversión y generar empleo calificado. • El medio ambiente, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte aéreo, alineándose con CORSIA. • La sociedad, al dinamizar procesos de reindustrialización sostenible, generación de capacidades locales e innovación tecnológica.
¿Las intervenciones pensadas para solucionar la problemática incrementan los costos administrativos o de cumplimiento de las empresas, organizaciones	Sí. Los actores del sector deberán asumir costos asociados a: • Certificación de calidad de los productos. • Adecuación de procesos de mezcla, logística y trazabilidad.

civiles, u otros actores relacionados con la regulación?	• Cumplimiento de requisitos documentales y técnicos exigidos por la regulación. Estos costos son proporcionales a la naturaleza técnica del producto, están en línea con estándares internacionales y son compensados por los beneficios ambientales y económicos generados.
¿Las intervenciones pensadas buscan implementar mecanismos más flexibles para atender la problemática identificada?	Sí. Su adopción se estructura mediante fases de implementación que permitan una adaptación escalonada del sector a los nuevos requisitos de calidad, promoviendo así su cumplimiento técnico y operativo. La inclusión de normas técnicas internacionales como la ASTM D7566, es un insumo técnico para la definición de los requisitos de calidad en la reglamentación nacional. La posibilidad de realizar pilotos regulados y validaciones técnicas de nuevas rutas de producción. La inclusión de criterios de sostenibilidad ajustados al contexto nacional. La coordinación interinstitucional para facilitar la implementación sin duplicar cargas.

1.2 CONTEXTO

Actualmente la crisis climática ha generado diferentes retos a nivel global. Colombia, dentro de estas necesidades busca asegurar un suministro energético seguro y sostenible. En respuesta, el país ha adoptado un enfoque de la Transición Energética Justa (TEJ) como política de Estado, establecida en el programa de gobierno “*Colombia: Potencia Mundial de la Vida*”. Esta estrategia busca diversificar la matriz energética, estabilizar la oferta y la demanda, cerrar brechas de productividad y avanzar hacia una economía más sostenible e incluyente (DNP, 2023b).

En este contexto, el sector transporte se identifica como uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI). De acuerdo con el último inventario nacional de emisiones (1990–2021), el sector energético aportó el 30,24 % de las emisiones nacionales, siendo el transporte responsable del 13,92 % de ese total (IDEAM, 2022). Dentro de esta categoría, el transporte aéreo representa un segmento estratégico con alto potencial de transformación.

Descarbonización del transporte aéreo:

La hoja de ruta de la TEJ prioriza el impulso a combustibles sostenibles de aviación (SAF, por sus siglas en inglés) como una herramienta clave para reducir emisiones, promover reindustrialización y fortalecer la soberanía energética. Esta iniciativa se alinea con compromisos internacionales como el Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), del cual Colombia es Estado miembro.

Los SAF son definidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), en el marco del esquema CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), como combustibles derivados de fuentes renovables o residuos que cumplen con estrictos criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica (OACI, 2023).

De acuerdo con la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), los SAF presentan tres características fundamentales:

1. Contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo de su ciclo de vida, en comparación con los combustibles fósiles convencionales.
2. Se producen a partir de materias primas alternativas al petróleo, como aceites usados, residuos agrícolas, residuos sólidos urbanos o biomasa lignocelulósica.
3. Son totalmente compatibles con la infraestructura existente y cumplen con los estándares técnicos y de seguridad establecidos para su uso en aeronaves, lo que permite su mezcla con combustibles tradicionales sin necesidad de modificar motores o sistemas de almacenamiento.

Estos combustibles representan una de las principales estrategias del sector aéreo para avanzar hacia la descarbonización de la aviación internacional, en línea con los objetivos climáticos globales, como el Acuerdo de París.

Los SAF son combustibles producidos a partir de materias primas no fósiles —como residuos agrícolas, biomasa, aceites reciclados o tecnologías sintéticas— que pueden reducir hasta en un 80 % las emisiones netas de CO₂ respecto al Jet A1 convencional, evaluando el ciclo de vida completo (IATA, 2024). Pueden utilizarse directamente en aeronaves certificadas bajo normas internacionales como ASTM D1655 y D7566, sin requerir cambios en motores ni infraestructura.

No obstante, en 2024 la participación del SAF en el consumo mundial de aviación sigue siendo marginal (0,53 %), aunque con altas expectativas de crecimiento. Se estima que hacia 2030 podrían existir más de 140 plantas productoras a nivel global (ICAO, 2025). En Colombia, empresas como BioD han anunciado inversiones significativas, como una planta con capacidad de 189 millones de litros anuales, empleando materias primas como residuos forestales y cultivos energéticos.

Avances regulatorios e institucionales en Colombia:

Colombia ha avanzado en el reconocimiento normativo del SAF a través de leyes y documentos de política pública; aún no se cuenta con un reglamento técnico específico de calidad para estos combustibles. Entre los principales marcos vigentes se encuentran:

- Ley 2169 de 2021: Establece el impulso al desarrollo bajo en carbono, promoviendo el uso de SAF desde el sector transporte.
- Ley 1715 de 2014: Marco para la transición energética; autoriza al Ministerio de Minas y Energía (MME) a regular energéticos renovables y establecer proyectos piloto.
- Ley 2294 de 2023 (PND): Prioriza el desarrollo de modos de transporte energéticamente eficientes, incluyendo el SAF, en cumplimiento del Acuerdo de París.
- CONPES 4075 de 2022: Define la hoja de ruta para biocombustibles avanzados, incluidos SAF y diésel renovable.
- CONPES 4129 de 2023: Política de reindustrialización que promueve industrias de valor agregado y bajas emisiones.
- Resolución UAEAC 03411 de 2021 – RAC 216: Incorpora normas de CORSIA, pero no establece parámetros técnicos de calidad ni condiciones de mezcla para SAF.
- Hoja de Ruta (2025): Cielos limpios, Economía y Aviación para la vida: Hoja de Ruta de los Combustibles Sostenibles de Aviación en Colombia.

Justificación de la intervención regulatoria:

Actualmente, no existe en Colombia un reglamento técnico que defina los requisitos obligatorios de calidad para combustibles sostenibles de aviación, en especial aquellos obtenidos por co-procesamiento o mezcla con componentes sintéticos de mezcla (SBC).

Este vacío normativo impide su producción industrial, distribución, importación, comercialización y uso operativo, limitando la implementación de pilotos, el desarrollo de mercado y el cumplimiento de compromisos climáticos internacionales.

Por ello, mediante radicados del 2 de abril y 9 de agosto de 2024, Ecopetrol S.A. solicitó formalmente al Ministerio de Minas y Energía la expedición de un reglamento técnico de calidad, como condición habilitante para escalar la producción de SAF desde su refinería en Cartagena, basada en pruebas industriales de co-procesamiento.

I. Potencial productivo y necesidad de regulación técnica:

Colombia cuenta con potencial agrícola, logístico e industrial para producir SAF a partir de cultivos como la caña de azúcar (vía Alcohol-to-Jet), aceites vegetales y biomasa residual.

La UPME ha identificado zonas con disponibilidad de tierras y materias primas, conectadas a infraestructura existente.

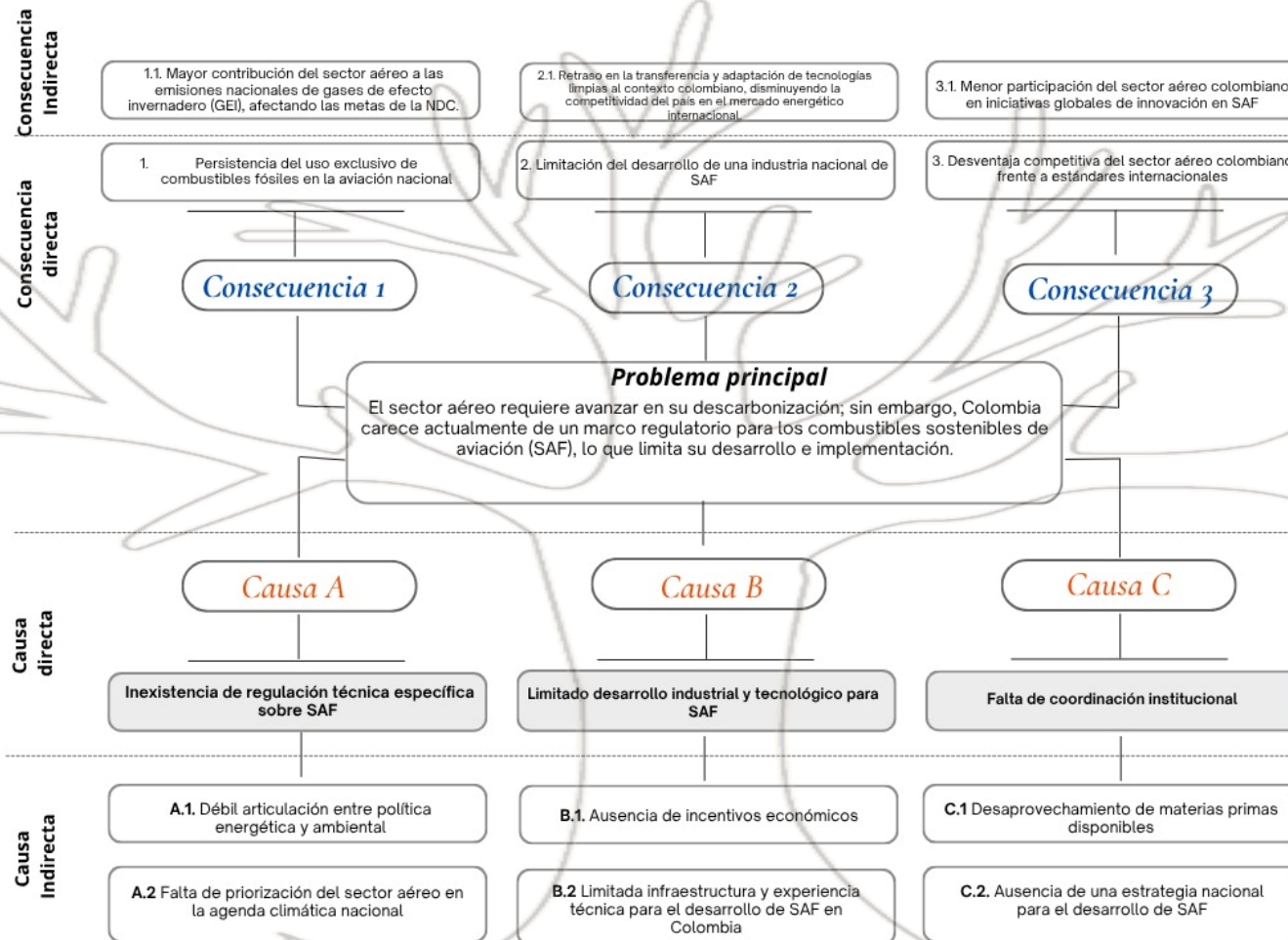
Sin embargo, el despliegue de esta industria requiere una regulación técnica clara que defina las características fisicoquímicas, métodos de ensayo y procedimientos para la certificación del SAF en el país, considerando como insumo las normas internacionales existentes. La reglamentación debe establecer esquemas de implementación progresiva, permitir validación técnica mediante pilotos y evitar barreras innecesarias para los actores de la cadena de valor.

II. Impacto esperado de la regulación:

La expedición del reglamento técnico generará impactos positivos en diferentes dimensiones:

- **Ambientales:** Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte aéreo, contribuyendo al cumplimiento de las metas climáticas del país y al fortalecimiento de una matriz energética más limpia.
- **Económicos:** Estímulo a la producción nacional, atracción de inversión, creación de empleo y diversificación de exportaciones.
- **Sociales:** Desarrollo de capacidades productivas e institucionales, encadenamientos territoriales e innovación tecnológica.
- **Normativos:** Fortalecimiento del marco regulatorio técnico del país y alineación con estándares internacionales.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA



Gráfica Árbol de problemas

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: *El sector aéreo requiere avanzar en su descarbonización; sin embargo, Colombia carece actualmente de un marco regulatorio para los combustibles sostenibles de aviación (SAF), lo que limita su desarrollo e implementación.*

El sector aéreo representa uno de los segmentos más complejos para descarbonizar dentro del sistema de transporte, debido a su alta dependencia de combustibles líquidos de origen fósil, las exigencias técnicas de seguridad y desempeño en los motores de aviación, y la limitada disponibilidad de alternativas viables a gran escala. A nivel global, se estima que el transporte aéreo contribuye con aproximadamente el 2 al 3 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) (IEA, 2023), pero esta proporción se proyecta al alza ante el crecimiento sostenido del tráfico aéreo, especialmente en regiones emergentes (ICAO, 2022). En este contexto, los combustibles sostenibles de aviación (SAF, por sus siglas en inglés) se han posicionado como la solución más inmediata y escalable para reducir las emisiones netas del sector, sin requerir modificaciones sustanciales en la infraestructura aeroportuaria o en las aeronaves (IATA, 2023). Diversos países ya han adoptado mandatos, metas voluntarias o esquemas de incentivos para promover su producción y uso. Sin embargo, en Colombia aún no existe un marco regulatorio que defina las condiciones técnicas, operativas y de calidad que permitan la introducción segura y efectiva del SAF en la matriz energética del sector aéreo (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Esta ausencia normativa limita severamente el desarrollo, producción, comercialización e implementación del SAF en el país. En la práctica, esto implica que ni los productores tienen claridad sobre los requisitos que deben cumplir, ni las aerolíneas pueden considerar al SAF como una alternativa viable dentro de sus operaciones. Asimismo, se genera incertidumbre jurídica y técnica que desincentiva la inversión en proyectos piloto, plantas de producción, ensayos con nuevas rutas tecnológicas o encadenamientos productivos con sectores como el agrícola, el forestal o el de residuos (OECD, 2021).|

A nivel institucional, esta situación también revela una falta de coordinación entre las políticas energéticas, ambientales, industriales y de transporte. Aunque Colombia ha asumido compromisos importantes en materia de mitigación del cambio climático —como su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) o la adhesión al esquema CORSIA de la OACI—, no ha trasladado dichos compromisos a una regulación concreta que habilite soluciones efectivas en sectores de difícil descarbonización, como la aviación (Minambiente, 2023). Esto pone en riesgo el cumplimiento de metas climáticas y limita el papel del país como referente regional en transición energética.

La falta de intervención del Estado en este tema implica no solo un rezago frente a los avances internacionales, sino también la pérdida de oportunidades económicas para el país. Colombia posee un gran potencial en materias primas sostenibles que podrían destinarse a la producción de SAF, como aceites vegetales, residuos agrícolas, alcoholes y recursos lignocelulósicos (UPME, 2022). Sin una regulación que habilite su uso en aviación, se desperdician oportunidades para generar empleo verde, atraer inversión,

reducir la huella de carbono del transporte aéreo y posicionarse como productor regional de soluciones energéticas limpias.

En suma, la falta de un marco regulatorio para los combustibles sostenibles de aviación se ha convertido en una barrera crítica que impide al país avanzar hacia un modelo aéreo más limpio, competitivo e integrado a los estándares internacionales. El desarrollo de dicha regulación no solo es urgente para cumplir con los compromisos climáticos, sino también para dinamizar sectores estratégicos y sentar las bases de una economía más baja en carbono.

2.2. CAUSAS DEL PROBLEMA:

Causa directa A: *Inexistencia de regulación técnica específica sobre SAF en Colombia*

La falta de una regulación técnica específica sobre los combustibles sostenibles de aviación (SAF) constituye una barrera central para su desarrollo en Colombia. Actualmente, el país no ha adoptado normas que definan parámetros de calidad, requisitos de mezcla o criterios de sostenibilidad que permitan el uso formal de SAF en motores tipo turbina. Esta ausencia normativa genera incertidumbre jurídica y técnica, impidiendo tanto a productores como a operadores aéreos planificar inversiones, ensayos o implementación a escala.

Mientras que países como Estados Unidos, Brasil y los miembros de la Unión Europea ya han integrado en su legislación normas como la ASTM D7566, Colombia carece de un marco habilitante que respalde estas rutas tecnológicas y las articule con políticas de transición energética (ICAO, 2022; ASTM, 2023). Esto limita la posibilidad de incorporar materias primas sostenibles disponibles en el país y frena la articulación entre los sectores agroindustrial, energético y aeronáutico.

Además, la falta de regulación específica restringe el cumplimiento de compromisos climáticos asumidos por el país en esquemas como CORSIA y su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), debilitando la coherencia entre sus metas ambientales y su marco regulatorio (Minambiente, 2023; IEA, 2023).

Causa indirecta A1: *Débil articulación entre política energética y ambiental*

En Colombia, la transición energética y la acción climática han sido abordadas históricamente desde marcos institucionales separados, lo que ha generado una desconexión entre la planificación energética y los objetivos ambientales de largo plazo. Aunque el país ha avanzado en la formulación de políticas como la Hoja de Ruta de Transición Energética (MME, 2022) y la actualización de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), persiste una débil articulación entre las entidades responsables del sector energético y ambiental. Esto se traduce en la falta de instrumentos integrados que prioricen soluciones como los combustibles sostenibles de aviación (SAF), que requieren coordinación intersectorial para su implementación efectiva.

Esta fragmentación institucional impide una visión estratégica y coherente frente a tecnologías que, como el SAF, requieren criterios ambientales robustos (huella de carbono, sostenibilidad de la biomasa, uso del suelo), al tiempo que deben garantizar estándares

técnicos y económicos para ser viables en el mercado. La falta de diálogo técnico y político entre los sectores reduce la eficacia de las políticas públicas, debilita la regulación y retrasa decisiones clave en sectores de difícil descarbonización como el transporte aéreo (OCDE, 2022; IEA, 2023). Superar esta desconexión es fundamental para lograr que las metas climáticas nacionales se traduzcan en marcos regulatorios concretos y habilitantes.

Causa indirecta A2: Falta de priorización del sector aéreo en la agenda climática nacional

Aunque Colombia ha avanzado en el diseño de políticas climáticas como su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático (PIGCC) y la Estrategia Climática de Largo Plazo (E2050), el sector aéreo ha recibido poca atención dentro de estas hojas de ruta. En términos generales, los esfuerzos de mitigación se han enfocado principalmente en sectores como energía eléctrica, transporte terrestre y agricultura, dejando rezagadas las acciones específicas para la aviación, a pesar de su creciente impacto en las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) (Minambiente, 2021; E2050, 2021).

Esta falta de priorización se traduce en la ausencia de metas claras, incentivos, mecanismos de monitoreo o herramientas regulatorias orientadas a reducir la huella de carbono del transporte aéreo. Además, la débil presencia del sector en espacios interinstitucionales de planeación climática limita su visibilidad dentro de los instrumentos de política pública. Esto ha dificultado la adopción de soluciones como los combustibles sostenibles de aviación (SAF), que requieren tanto apoyo regulatorio como una alineación con metas climáticas de largo plazo (ICAO, 2022; IEA, 2023). Priorizar el sector aéreo es clave para una estrategia climática integral y coherente con los compromisos internacionales del país.

Causa directa B: Limitado desarrollo industrial y tecnológico para SAF

En Colombia, el desarrollo industrial y tecnológico necesario para consolidar una industria de combustibles sostenibles de aviación (SAF) a escala aún es incipiente. Este déficit se evidencia en la carencia de plantas industriales en funcionamiento y en la falta de capacidades técnicas consolidadas para escalar rutas tecnológicas clave como la coproducción con métodos HEFA o Alcohol-to-Jet (ATJ). Sin embargo, recientemente Ecopetrol avanzó en su primera prueba piloto de coprocesamiento en la Refinería de Cartagena, donde produjo alrededor de 20 000 a 32 000 barriles de SAF utilizando hasta un 5 % de materias primas vegetales como aceite de palma y aceites usados de cocina. Este ensayo es un paso inicial, pero evidencia que el desarrollo tecnológico aún no ha sido acompañado por infraestructura industrial y apoyo normativo suficientes para transformar estas iniciativas en producción sostenible a gran escala.

De manera complementaria, la empresa BioD, en alianza con LanzaJet, ha emprendido un estudio de factibilidad para establecer en Colombia la primera planta nacional de SAF basada en tecnología ATJ, con el objetivo de estar operativa hacia 2029–2030. Esta iniciativa apunta a responder al alto potencial de biomasa nacional y a generar encadenamientos productivos desde el campo hacia la industria aeronáutica. No obstante, su evolución dependerá del impulso de un marco regulatorio que garantice condiciones técnicas, económicas y de sostenibilidad. Hasta tanto estos proyectos no se fortalezcan con

infraestructura adecuada, inversión continua y respaldo normativo, Colombia seguirá sin contar con una base industrial robusta que permita la producción competitiva de SAF localmente.

Causa indirecta B1: Ausencia de incentivos económicos.

En Colombia no existen mecanismos económicos que fomenten la producción y uso de combustibles sostenibles de aviación (SAF), como subsidios, exenciones fiscales o esquemas de precios preferenciales. Esta falta de incentivos encarece la inversión inicial, reduce la competitividad frente al combustible fósil y frena el desarrollo de proyectos a escala industrial. A diferencia de países como Estados Unidos o miembros de la UE, donde los marcos de apoyo han sido clave para escalar el SAF, en Colombia el riesgo financiero sigue siendo un gran obstáculo para productores, inversionistas y operadores aéreos (IEA, 2023; ICCT, 2022).

Causa indirecta B2: Limitada infraestructura y experiencia técnica para el desarrollo de SAF en Colombia.

Colombia enfrenta restricciones significativas en capacidades industriales y tecnológicas para avanzar en la producción de combustibles sostenibles de aviación (SAF). A la fecha, no se cuenta con instalaciones a escala comercial ni con plantas demostrativas que permitan validar y escalar tecnologías como HEFA, ATJ o FT-SPK en el contexto nacional. Esto se traduce en un rezago frente a países que ya han invertido en equipamiento especializado, laboratorios de ensayo y centros de innovación para combustibles avanzados. La limitada infraestructura industrial reduce las oportunidades de aprendizaje tecnológico, encarece los costos de entrada y desalienta la inversión privada en el sector (IEA, 2023; OCDE, 2022).

Además, la experiencia técnica local para operar y mantener procesos complejos de conversión de biomasa o residuos en combustibles aeronáuticos aún es incipiente. La formación de talento humano especializado en ingeniería de procesos, química avanzada y certificación de productos energéticos no ha sido una prioridad dentro de las políticas de innovación energética del país. Aunque existen iniciativas puntuales como la prueba de coproducción liderada por Ecopetrol o el proyecto en evaluación de BioD, estas experiencias no se han articulado aún en un ecosistema consolidado de conocimiento y desarrollo tecnológico. Esta situación limita la posibilidad de generar soluciones adaptadas al contexto nacional y de posicionar a Colombia como productor competitivo de SAF en la región.

Causa directa C: Falta de coordinación institucional.

La falta de coordinación institucional entre entidades clave —como el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente, la Aeronáutica Civil, la Unidad Nacional de Planeación Energética, y entidades del sector agrícola y de innovación— dificulta la elaboración y ejecución de políticas integrales que impulsen los combustibles sostenibles de aviación (SAF). A pesar de contar con una Hoja de Ruta SAF adoptada por la Aerocivil mediante la Resolución 00090 de 2025, que establece objetivos y compromisos para habilitar el desarrollo de SAF en el país, no se ha consolidado un mecanismo interinstitucional permanente que coordine su implementación, seguimiento y adaptación periódica.

Esta carencia afecta directamente la efectividad del marco regulatorio para el sector. La Hoja de Ruta aboga por pilares como habilitación legal, desarrollo de oferta y demanda, infraestructura, investigación y financiamiento, pero su ejecución no ha sido acompañada por un consejo, mesa técnica o agencia con mandato permanente. Como resultado, las iniciativas tienden a ser puntuales y fragmentadas, y no se logra una articulación entre objetivos técnicos, climáticos y económicos. Sin un liderazgo institucional claro, existe riesgo de que los avances no se traduzcan en cambios normativos ni en incentivos efectivos, lo que limita el impacto de los esfuerzos públicos y privados para promover el SAF en Colombia.

Causa indirecta C1: *Desaprovechamiento de materias primas disponibles*

Colombia cuenta con un alto potencial en materias primas aptas para la producción de combustibles sostenibles de aviación (SAF), como aceites usados de cocina, grasas animales, residuos agrícolas, etanol de segunda generación y biomasa lignocelulósica. Sin embargo, la falta de mecanismos de recolección, transformación y encadenamiento productivo ha llevado a que estos recursos se desaprovechen o se subutilicen. Esto limita la posibilidad de establecer una cadena nacional de valor para SAF que aproveche insumos locales con alto rendimiento energético y baja huella de carbono (IEA, 2023; Fedebiocombustibles, 2024). La ausencia de incentivos para su valorización, sumada a la débil articulación con sectores agroindustriales y de gestión de residuos, impide su aprovechamiento estratégico en la transición del sector aéreo.

Causa indirecta C2: *Ausencia de una estrategia nacional para el desarrollo de SAF*

Colombia aún no cuenta con una estrategia nacional integral que defina objetivos, metas, instrumentos y responsables claros para el desarrollo del mercado de combustibles sostenibles de aviación (SAF). Si bien se han dado avances como la formulación de la Hoja de Ruta SAF y algunos proyectos piloto, estas iniciativas no han sido consolidadas dentro de un marco estratégico nacional que articule acciones regulatorias, fiscales, tecnológicas y productivas de largo plazo. Esta ausencia limita la planificación sectorial, genera incertidumbre para los inversionistas y dificulta la alineación entre entidades públicas y actores privados (Min Energía & Aerocivil, 2025; ICAO, 2023).

2.3. CONSECUENCIAS IDENTIFICADAS:

Consecuencia Directa 1: *Persistencia del uso exclusivo de combustibles fósiles en la aviación nacional.*

La ausencia de un marco regulatorio claro y de mecanismos que habiliten la adopción de combustibles sostenibles ha perpetuado el uso exclusivo de combustibles fósiles en la aviación colombiana. Esta dependencia del Jet A1 convencional —derivado del petróleo— no solo incrementa la huella de carbono del transporte aéreo, sino que también limita el cumplimiento de las metas nacionales de mitigación establecidas en la NDC y compromete la alineación con los estándares internacionales de descarbonización del sector. En un contexto global, donde cada vez más países exigen la incorporación de SAF en operaciones

comerciales, Colombia corre el riesgo de rezagarse en la transición energética del transporte aéreo (ICAO, 2023; MinEnergía, 2024).

Además, mantener la exclusividad del combustible fósil reduce los incentivos para el desarrollo de soluciones tecnológicas e industriales propias, como la producción local de SAF a partir de biomasa o residuos. Esto restringe el dinamismo del ecosistema de innovación energética, impide la creación de nuevos empleos verdes y debilita las oportunidades de participación de Colombia en cadenas de valor globales asociadas a la aviación sostenible. En el mediano plazo, esta situación puede traducirse en mayores costos de operación para las aerolíneas nacionales y en desventajas competitivas frente a mercados que ya han iniciado la transición hacia combustibles de menor impacto climático (IEA, 2023; BioD, 2024).

Consecuencia indirecta 1.1: *Mayor contribución del sector aéreo a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), afectando las metas de la NDC.*

La continuidad del uso exclusivo de combustibles fósiles en la aviación nacional incrementa la proporción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes del sector aéreo. Aunque históricamente ha representado una fracción menor del total nacional, su participación relativa crecerá en la medida en que otros sectores logren reducciones más rápidas. Esto dificulta el cumplimiento de los compromisos asumidos por Colombia en su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), donde se estableció una meta de reducción del 51 % de las emisiones para 2030 (Minambiente, 2021). La falta de acción en aviación introduce un desbalance sectorial en la política climática y pone presión adicional sobre sectores más regulados como la energía y la industria.

Consecuencia Directa 2: *Limitación del desarrollo de una industria nacional de SAF*

La falta de regulación específica y de condiciones habilitantes para el uso de combustibles sostenibles de aviación (SAF) ha impedido la consolidación de una industria nacional en este campo. Sin señales normativas claras ni incentivos económicos estables, los actores potenciales —como bio refinerías, agroindustria, centros de investigación y operadores logísticos— no han podido articularse en una cadena de valor robusta. Esto frena la inversión en proyectos productivos, limita la transferencia tecnológica y restringe la generación de empleos verdes en sectores como el agrícola, químico y energético. Además, Colombia pierde la oportunidad de posicionarse como proveedor regional de SAF en un contexto de creciente demanda internacional impulsada por metas climáticas globales y regulaciones como CORSIA o el ReFuelEU (IEA, 2023; Fedebiocombustibles, 2024).

Consecuencia indirecta 2.1: *Retraso en la transferencia y adaptación de tecnologías limpias al contexto colombiano, disminuyendo la competitividad del país en el mercado energético internacional.*

La falta de avance regulatorio y de implementación de combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia genera un rezago en la incorporación de tecnologías limpias asociadas a su producción, certificación y uso. Sin un entorno normativo que habilite pilotos, validación técnica y escalamiento industrial, el país pierde oportunidades para acceder a desarrollos tecnológicos globales, así como para adaptar procesos e insumos locales a estándares internacionales. Este retraso en la transferencia tecnológica no solo debilita la capacidad

nacional para innovar en sectores estratégicos como la energía y el transporte, sino que además reduce la competitividad de Colombia frente a otros países que ya han integrado los SAF en sus políticas de transición energética (IEA, 2023; OCDE, 2022).

A largo plazo, esta desconexión tecnológica limita la posibilidad de atraer inversión extranjera directa, participar en consorcios de innovación o posicionarse como líder regional en energías limpias. Además, impide el fortalecimiento del talento humano y de las capacidades industriales necesarias para afrontar los desafíos de descarbonización en sectores difíciles como la aviación. En consecuencia, Colombia podría quedar rezagada en los flujos de financiamiento climático internacional y en la construcción de una economía baja en carbono competitiva y resiliente.

Consecuencia Directa 3: *Desventaja competitiva del sector aéreo colombiano frente a estándares internacionales*

La ausencia de un marco regulatorio que habilite el uso de combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia genera una creciente desventaja competitiva para las aerolíneas nacionales frente a operadores internacionales que ya incorporan estos combustibles como parte de sus estrategias de descarbonización. En regiones como la Unión Europea y América del Norte, el cumplimiento de metas climáticas y la adopción de mandatos de mezcla de SAF ya son requisitos normativos, lo que posiciona a sus aerolíneas en una mejor situación para operar en mercados globales, acceder a incentivos ambientales y participar en iniciativas multilaterales como CORSIA (ICAO, 2023; Comisión Europea, 2023).

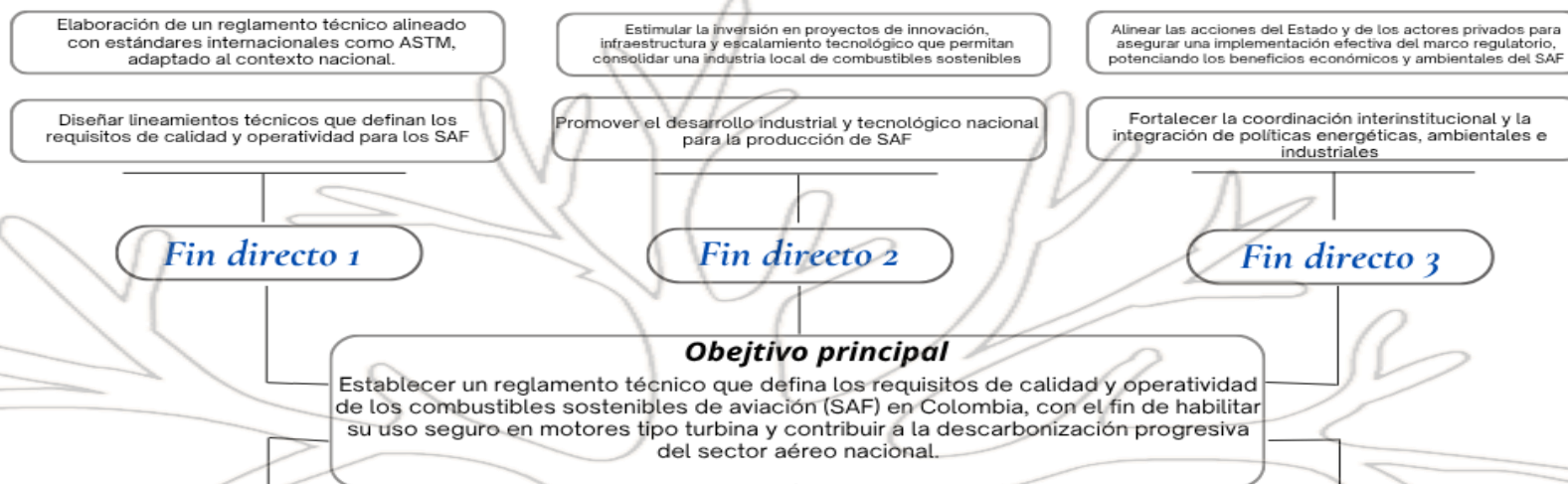
Esta brecha regulatoria limita la capacidad de las aerolíneas colombianas para adaptarse a futuras exigencias operativas en rutas internacionales, incluyendo restricciones ambientales o condiciones de acceso a aeropuertos que exijan el uso parcial de SAF. Además, compromete la reputación ambiental del país en foros internacionales y restringe su participación en esquemas de financiamiento climático que favorecen a operadores sostenibles. La falta de condiciones normativas para el SAF no solo es una barrera ambiental, sino también un obstáculo para la competitividad y sostenibilidad a largo plazo del transporte aéreo colombiano.

Consecuencia indirecta 3.1: *Menor participación del sector aéreo colombiano en iniciativas globales de innovación en SAF*

La falta de un marco regulatorio y de condiciones habilitantes para el desarrollo de combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia reduce significativamente la posibilidad de que el sector aéreo nacional participe en alianzas internacionales de innovación, investigación y transferencia tecnológica. Sin una estrategia clara y compromisos normativos, el país queda al margen de convocatorias multilaterales, pilotos tecnológicos y programas de cooperación internacional orientados a acelerar la descarbonización del transporte aéreo. Esta exclusión limita el acceso a financiamiento, conocimiento especializado y redes globales que impulsan el desarrollo de soluciones sostenibles y competitivas (IEA, 2023; ICAO, 2023).

3. DEFINICION DE OBJETIVOS

Objetivos generales



Objetivos específicos



Gráfica Árbol de Objetivos

3.1 Objetivo principal: *Establecer un reglamento técnico que defina los requisitos de calidad de los combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia, con el fin de habilitar su uso seguro en motores tipo turbina y contribuir a la descarbonización progresiva del sector aéreo nacional.*

El Ministerio de Minas y Energía, como parte del Gobierno Nacional, tiene la competencia para garantizar el abastecimiento de combustibles líquidos derivados del petróleo, dentro de los cuales se encuentran los combustibles de aviación. Lo anterior teniendo en cuenta la naturaleza de servicio público que reviste a dicha distribución, según lo dispuesto en el artículo 1 de la Ley 26 de 1989. Aunado a lo anterior, este servicio se debe prestar en condiciones de calidad, por lo que dicha competencia, cuando está relacionada con aspectos ambientales y de sostenibilidad, se comparte con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de conformidad en lo dispuesto en el artículo 2.2.5.1.4.5. del Decreto 1076 de 2015.

Establecer lineamientos técnicos que definan los requisitos de calidad y operatividad para los combustibles sostenibles de aviación (SAF) es un paso esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento adecuado en las operaciones aéreas que empleen estos combustibles. En Colombia, aún no se cuenta con una regulación técnica que determine los parámetros fisicoquímicos mínimos que deben cumplir los SAF, especialmente aquellos que se incorporan como componentes sintéticos en mezclas con el combustible Jet A-1. Esta ausencia de regulación crea incertidumbre para productores, distribuidores y usuarios finales, impidiendo el uso formal y regulado del SAF en la aviación nacional.

La experiencia internacional ha demostrado que la compatibilidad de los SAF con los motores tipo turbina depende directamente del cumplimiento de parámetros de calidad precisos. Estos incluyen características como densidad, punto de congelación, estabilidad térmica, presión de vapor, contenido de azufre, entre otros. La norma ASTM D7566 ha sido utilizada como referente global para establecer estas especificaciones técnicas, lo que ha permitido su adopción segura en operaciones comerciales sin necesidad de modificar motores o sistemas de abastecimiento (ASTM, 2022). Sin una reglamentación nacional equivalente o armonizada, Colombia no puede habilitar formalmente el uso de estos combustibles, limitando su desarrollo técnico y su eventual despliegue operativo.

El diseño de estos lineamientos técnicos debe centrarse en asegurar la calidad del combustible, de modo que se mantenga la integridad del sistema de propulsión, se garantice la seguridad en vuelo y se evite cualquier interferencia con la operación de los motores tipo turbina. Esto requiere que la regulación se base en parámetros internacionalmente reconocidos, pero adaptados a las condiciones del país y su capacidad para verificar y controlar la calidad del combustible en laboratorios certificados y puntos de suministro autorizados. La ausencia de esta definición normativa también dificulta los controles de calidad y fiscalización por parte de la autoridad aeronáutica y energética.

En este contexto, la expedición de un reglamento técnico centrado exclusivamente en los requisitos de calidad de los SAF resulta urgente y necesario para permitir su uso regulado en el mercado colombiano. No se trata de promover incentivos, establecer criterios de sostenibilidad ni exigir trazabilidad del origen de los insumos, sino de fijar con claridad los estándares mínimos que debe cumplir el producto final desde una perspectiva técnico-operativa. Esta acción permitirá reducir riesgos, homologar procesos con otras jurisdicciones y habilitar la interoperabilidad de los combustibles SAF en los sistemas existentes, bajo criterios de calidad verificables.

Objetivos Generales:

OBJETIVO GENERAL 1: *Diseñar lineamientos técnicos que definan los requisitos de calidad para los SAF*

El diseño de lineamientos técnicos para los combustibles sostenibles de aviación (SAF) tiene como propósito establecer criterios de calidad que aseguren la seguridad y el rendimiento adecuado en los motores tipo turbina. Estos lineamientos deben incluir parámetros fisicoquímicos como densidad, punto de congelación, presión de vapor, contenido de azufre y estabilidad térmica, entre otros, con base en estándares internacionalmente reconocidos como los definidos en la norma ASTM D7566. La implementación de estos requisitos en el marco regulatorio colombiano permitirá viabilizar el uso formal de SAF, reducir la incertidumbre técnica para los actores del sector, y facilitar la interoperabilidad del combustible en la infraestructura aeronáutica existente (ASTM, 2022; ICAO, 2023). Establecer esta regulación técnica es un paso clave para habilitar el despliegue del SAF de manera segura y eficiente en el país.

Fin directo 1: *Elaboración de un reglamento técnico alineado con estándares internacionales como ASTM, adaptado al contexto nacional.*

La elaboración de un reglamento técnico para los combustibles sostenibles de aviación (SAF) implica definir un conjunto de requisitos mínimos de calidad que garanticen su uso seguro en motores tipo turbina. Este reglamento debe tomar como base los estándares internacionales reconocidos, como la norma ASTM D7566, que establece especificaciones detalladas para componentes sintéticos de mezcla en combustibles de aviación. No obstante, su adopción debe ajustarse al contexto colombiano, considerando las capacidades técnicas de los laboratorios, las condiciones logísticas de abastecimiento en aeropuertos y las particularidades del parque aeronáutico nacional. Esta adaptación garantizará una implementación efectiva, permitiendo validar la calidad del SAF en el país sin comprometer la seguridad operativa.

OBJETIVO GENERAL 2: *Promover el desarrollo industrial y tecnológico nacional para la producción de SAF.*

Promover el desarrollo industrial y tecnológico para la producción de combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia es fundamental para reducir la dependencia de importaciones, aprovechar el potencial de materias primas locales y fomentar una economía baja en carbono. El establecimiento de una industria nacional de SAF no solo contribuiría a la descarbonización del sector aéreo, sino que también impulsaría la creación de empleo, el fortalecimiento de cadenas de valor en sectores como la agroindustria, la biotecnología y la refinación avanzada, y la generación de conocimiento técnico.

Este objetivo requiere condiciones habilitantes como claridad regulatoria, cooperación público-privada, fortalecimiento de capacidades de I+D y disponibilidad de infraestructura de transformación. El fomento de proyectos piloto, la articulación con centros de investigación y el desarrollo de tecnologías de producción avanzadas —como la gasificación de residuos orgánicos o la conversión de lípidos— son claves para posicionar a Colombia como un actor competitivo en el incipiente mercado global de SAF. Además, al consolidar una oferta nacional de SAF, el país podría responder con mayor autonomía a futuras exigencias de mezcla o uso obligatorio en rutas internacionales.

Fin directo 2: *Estimular la inversión en proyectos de innovación, infraestructura y escalamiento tecnológico que permitan consolidar una industria local de combustibles sostenibles.*

Estimular la inversión en proyectos de innovación, infraestructura y escalamiento tecnológico es clave para sentar las bases de una industria nacional de combustibles sostenibles de aviación (SAF). Promover este tipo de desarrollos permitirá fortalecer capacidades locales en procesos de conversión, aprovechar materias primas nacionales y reducir la dependencia de importaciones. Además, el impulso a la infraestructura y la transferencia tecnológica contribuirá a consolidar cadenas de valor nacionales, generar empleo calificado y posicionar al país como actor emergente en el mercado internacional de SAF, en línea con sus metas de descarbonización y desarrollo sostenible.

OBJETIVO GENERAL 3: *Fortalecer la coordinación interinstitucional y la integración de políticas energéticas, ambientales e industriales.*

Fortalecer la coordinación entre entidades del Estado y alinear las políticas públicas en materia energética, ambiental e industrial es esencial para lograr una implementación coherente y efectiva del marco regulatorio sobre combustibles sostenibles de aviación (SAF). Actualmente, la falta de articulación entre sectores dificulta la definición de responsabilidades, retrasa decisiones técnicas clave y limita el aprovechamiento de sinergias institucionales. Una gobernanza clara, con roles definidos para ministerios, agencias técnicas y actores privados, permitirá avanzar en el desarrollo normativo, el acompañamiento técnico a la industria y la promoción de objetivos comunes en transición energética y descarbonización del transporte aéreo.

Fin directo: *Alinear las acciones del Estado y de los actores privados para asegurar una implementación efectiva del marco regulatorio, potenciando los beneficios económicos y ambientales del SAF.*

Alinear las acciones del Estado y de los actores privados es fundamental para asegurar la implementación efectiva del reglamento técnico sobre combustibles sostenibles de aviación (SAF). Esta coordinación permitirá que las responsabilidades se distribuyan de forma clara entre entidades reguladoras, operadores del sector aéreo, productores de combustible y centros de verificación técnica. Una implementación articulada no solo facilitará el cumplimiento de los estándares definidos, sino que también maximizará los beneficios económicos asociados al desarrollo industrial del SAF y sus impactos ambientales positivos, como la reducción de emisiones en el transporte aéreo y el fortalecimiento de capacidades nacionales en innovación y sostenibilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

OBJETIVO ESPECIFICO 1: *Establecer parámetros de calidad para los componentes sintéticos de mezcla en SAF utilizados en motores tipo turbina.*

La definición de parámetros de calidad específicos para los componentes sintéticos de mezcla utilizados en los combustibles sostenibles de aviación (SAF) es una condición necesaria para garantizar la seguridad operativa del sector aéreo. Estos parámetros incluyen propiedades fisicoquímicas como densidad, punto de inflamación, punto de congelación, estabilidad térmica, contenido de azufre y viscosidad, entre otras. Su estandarización asegura que el SAF utilizado sea compatible con los sistemas actuales de almacenamiento, transporte y combustión, evitando daños a los motores o riesgos en vuelo.

Además, establecer estos parámetros brinda seguridad jurídica y técnica a los productores e importadores de SAF, al ofrecer una guía clara sobre los requisitos mínimos exigidos para su comercialización. En ausencia de estas especificaciones, no es posible realizar una verificación confiable de la calidad del producto, lo que genera incertidumbre regulatoria y limita su adopción. Este objetivo permitirá construir una base normativa sólida para habilitar el ingreso de SAF al mercado nacional bajo condiciones técnicas claras y armonizadas con el estándar internacional.

Medio directo 1: *Realizar el diseño técnico y normativo del instrumento regulatorio con base en el análisis de estándares internacionales y las condiciones del mercado colombiano.*

La elaboración del reglamento técnico requiere un proceso riguroso de diseño normativo que parta de la revisión crítica de estándares internacionales reconocidos, como la norma ASTM D7566, y su adaptación a las condiciones técnicas, institucionales y productivas del contexto colombiano. Este proceso implica la identificación de parámetros de calidad relevantes, metodologías de ensayo, mecanismos de certificación y esquemas de aplicación progresiva, garantizando su viabilidad técnica y operativa para los actores

nacionales. Así mismo, contempla espacios de articulación interinstitucional, recolección de insumos técnicos y validación sectorial, con el fin de construir una regulación coherente con las capacidades del país y que sirva de habilitante para el desarrollo industrial del SAF en Colombia.

OBJETIVO ESPECIFICO 2: *Fortalecer las capacidades técnicas e institucionales necesarias para implementar y supervisar el cumplimiento del reglamento técnico de SAF.*

Para que la regulación técnica sobre SAF pueda aplicarse de manera efectiva, es necesario fortalecer las capacidades de los actores involucrados en su implementación y vigilancia. Esto incluye el desarrollo de competencias técnicas en entidades como la autoridad aeronáutica, los laboratorios de ensayo, y los operadores logísticos, así como la creación de mecanismos para la verificación de parámetros de calidad. Sin este soporte institucional y operativo, el reglamento correría el riesgo de no aplicarse o ser ineficaz en la práctica.

Así mismo, la consolidación de capacidades permitirá que Colombia avance con autonomía técnica en la certificación, monitoreo y validación del SAF utilizado en su territorio, reduciendo la dependencia de entidades externas. Este fortalecimiento también facilita la construcción de confianza entre los actores de la cadena del combustible y contribuye a la estandarización nacional de procesos y criterios técnicos.

- **Medio directo 2:** *Implementar un plan de capacitación técnica y dotación institucional para autoridades, laboratorios y operadores del sector aéreo*

Se requiere diseñar e implementar un plan de fortalecimiento técnico e institucional para capacitar a autoridades, laboratorios y operadores en el análisis, control y supervisión de los requisitos de calidad del SAF definidos en el reglamento. Este plan incluirá formación especializada, adecuación de laboratorios y protocolos operativos para garantizar la correcta aplicación de los estándares técnicos en todo el territorio nacional.

OBJETIVO ESPECIFICO 3: *Implementar mesas técnicas multisectoriales para la elaboración participativa del reglamento.*

La elaboración del reglamento técnico para combustibles sostenibles de aviación (SAF) debe ser el resultado de un proceso colaborativo, apoyado en la experiencia técnica e institucional de los actores clave que han venido participando en la construcción de la Hoja de Ruta de SAF en Colombia. El Ministerio de Minas y Energía, como entidad coordinadora del proceso, ha liderado espacios interinstitucionales en los que han participado la Aeronáutica Civil, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Transporte, el Departamento Nacional de Planeación, así como representantes del sector productivo (Ecopetrol, Bio-D), aerolíneas, gremios, centros de investigación y cooperación internacional. Este precedente demuestra la voluntad y capacidad del país para abordar de forma estructurada la incorporación de SAF en su matriz energética y de transporte.

Continuar con esta construcción colectiva mediante la implementación de mesas técnicas permitirá no solo armonizar criterios técnicos, regulatorios y operativos, sino también generar consensos que fortalezcan la legitimidad del reglamento. Estas instancias serán clave para anticipar desafíos de implementación, incorporar evidencia técnica, recoger aprendizajes internacionales y adaptar el marco normativo a las condiciones específicas del contexto colombiano. Así mismo, pueden consolidarse como espacios permanentes de gobernanza, seguimiento y actualización de la regulación, en línea con la evolución tecnológica y de mercado del SAF.

Medio directo: *Consolidar espacios técnicos interinstitucionales, aprovechando los actores y experiencias de la Hoja de Ruta SAF, para elaborar de forma consensuada el reglamento técnico.*

Este medio implica estructurar mesas técnicas de trabajo basadas en los actores ya vinculados al proceso de formulación de la Hoja de Ruta de SAF, incluyendo entidades del Gobierno nacional, industria, academia y sociedad civil. Estas mesas deberán tener un enfoque técnico-normativo, donde se validen los parámetros de calidad propuestos, se analicen sus implicaciones operativas y se construya colectivamente un texto normativo aplicable y verificable. Esta articulación fortalecerá la coherencia entre las políticas energética, ambiental y de transporte, y asegurará una regulación con alto grado de aceptación sectorial.

4. IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCION

La presente sección busca considerar las diferentes alternativas de intervención viables para alcanzar los objetivos y solucionar el problema planteado. A continuación, se presenta las opciones que se analizaron para la intervención regulatoria, no regulatoria o no intervención. Las alternativas están enfocadas en la situación que se intenta resolver y lo que pretende lograrse con la intervención.

4.1. ALTERNATIVA REGULATORIA:

La expedición de un reglamento técnico que defina los requisitos de calidad de los combustibles sostenibles de aviación (SAF) constituye una medida regulatoria necesaria y factible que permita establecer condiciones técnicas claras para su desarrollo, comercialización y uso seguro en el país. Esta alternativa parte de la base de que Colombia ya cuenta con competencias institucionales definidas (Decretos 381 de 2012 y 1076 de 2015), referentes técnicos internacionales adoptados oficialmente (NTC 1899 y NTC 6546, y una hoja de ruta nacional en la que han participado diversos actores públicos y privados, coordinados por el Ministerio de Minas y Energía.

Esta medida permitiría abordar de manera directa la inexistencia de regulación técnica específica sobre SAF, siendo esta una de las principales causas identificadas del problema, al establecer parámetros verificables de calidad como la estabilidad térmica, punto de congelación, contenido de aromáticos, presencia de aditivos y compatibilidad con motores

tipo turbina. La implementación de este reglamento eliminará la incertidumbre normativa actual, facilitará el ingreso de SAF al mercado colombiano bajo condiciones técnicas estandarizadas y garantizará la seguridad operativa del sector aéreo.

A través de esta medida se habilitará la trazabilidad y la certificación de calidad de los lotes de SAF mediante organismos de inspección acreditados por ONAC, cumpliendo con lo establecido en los decretos 1073 de 2015. Esto permitirá que productores, importadores, mayoristas y operadores puedan realizar transacciones seguras, cumpliendo con los requisitos obligatorios de distribución, custodia y control de calidad.

Además, se promoverá la coordinación institucional y la participación de actores clave (Aerocivil, Min Ambiente, ICONTEC, productores, operadores aéreos y centros de investigación) mediante mesas técnicas multisectoriales, lo cual asegurará que el contenido técnico del reglamento esté alineado con la realidad operativa nacional, y que su implementación sea legítima, viable y sostenible.

Resultados esperados:

La implementación efectiva del reglamento técnico contribuirá a resolver el problema identificado —la falta de marco normativo para SAF y sus consecuencias—, al permitir:

- El uso seguro y controlado de combustibles sostenibles en aviación.
- La integración progresiva de Colombia a los estándares internacionales del sector.
- El fortalecimiento institucional para la verificación, vigilancia y control de estos productos.
- La reducción de barreras para el desarrollo de una industria nacional de SAF.
- La mejora de la competitividad y sostenibilidad del transporte aéreo colombiano.

4.2. ALTERNATIVA NO REGULATORIA

4.2.1. Alternativa emisión de una guía técnica voluntaria para el manejo y calidad del SAF

Como opción complementaria al esquema regulatorio formal, se plantea la elaboración de una guía técnica voluntaria para establecer recomendaciones sobre los parámetros de calidad, condiciones operativas y buenas prácticas asociadas a los combustibles sostenibles de aviación (SAF) en Colombia. Este documento será expedido por el Ministerio de Minas y Energía, en coordinación con entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Aeronáutica Civil, ICONTEC, ONAC, productores de biocombustibles, aerolíneas, gremios del sector energético, centros de investigación y expertos técnicos que participaron en la formulación de la Hoja de Ruta de SAF.

La guía permitirá orientar a los actores de la cadena en aspectos claves como características fisicoquímicas del SAF, compatibilidad con motores tipo turbina, condiciones

de almacenamiento, trazabilidad y mezclado; basados en normas internacionales adoptadas en Colombia (NTC 1899, NTC 6546). Aunque su adopción será voluntaria, se constituirá en un instrumento útil para uniformar criterios técnicos, reducir riesgos operativos, y avanzar de forma estructurada en la incorporación del SAF mientras se consolida un entorno regulatorio más robusto.

Esta alternativa también puede facilitar procesos de capacitación técnica, al servir como base para programas de formación y adecuación de capacidades en entidades públicas, laboratorios, operadores logísticos y empresas productoras. Así mismo, contribuirá a promover la cooperación entre sectores y fortalecer la articulación institucional sin imponer cargas normativas inmediatas, lo cual resulta especialmente relevante en un contexto en el que la industria nacional del SAF se encuentra en etapas iniciales de desarrollo.

Finalmente, la guía voluntaria se puede constituir en una fase preparatoria para la futura expedición del reglamento técnico obligatorio, permitiendo recoger lecciones aprendidas, validar estándares en campo, e identificar barreras o ajustes necesarios con base en la experiencia práctica de los actores involucrados. Su desarrollo participativo, a través de mesas técnicas, da legitimidad al proceso y fomentará la adopción gradual de buenas prácticas en línea con los compromisos de descarbonización del sector aéreo nacional

4.3. ALTERNATIVA STATU QUO:

Mantener el estado actual de las cosas y postergar el desarrollo de políticas públicas que habiliten la vía de la incorporación del combustible SAF en el país ocasiona impactos en los programas de gobierno, cuyo eje central es cumplir las metas trazadas para descarbonización. Es así como el programa de gobierno “Colombia: Potencia mundial de la vida” (DNP 2023b) ha propuesto una Transición Energética Justa (TEJ) para el cambio climático, cuyo objetivo es diversificar la matriz energética nacional e impulsar la reindustrialización; así mismo, fortalecer la inversión y la oferta interna y exportable. Como sabemos, el país manifiesta dependencia económica de los recursos provenientes de hidrocarburos y carbón lo cual se identifica en la desaceleración de la industrialización y las actividades asociadas a este sector se han convertido en las principales dinamizadoras del crecimiento económico y principal rubro dentro de la canasta exportadora.

La TEJ 2024 prevé que habrá en Colombia producción SAF para el año 2030, lo que le permite al país incursionar en un mercado internacional y garantizar menores emisiones en el ciclo de vida para este combustible. La puesta en marcha de la producción va a requerir la colaboración de los actores e interesados de diversos sectores, ya que, en particular, la cadena de valor es más amplia y distinta a la del combustible fósil convencional y requiere el desarrollo y la aplicación de medidas regulatorias en las áreas de participación.

Respecto de lo anterior, se espera que el mercado internacional de SAF potencialice a Colombia como un hub aéreo internacional.

Para empresas estatales como Ecopetrol el SAF es atractivo porque aporta a las metas de descarbonización de la industria aeronáutica, y, está interesado en incluir el combustible dentro de su portafolio; por lo anterior, durante el mes octubre del año 2024, desarrollo pruebas piloto por la vía de Co-procesamiento, obteniendo resultados satisfactorios. Los estudios de factibilidad señalan que este combustible tiene demanda por parte de la industria aeronáutica a nivel global, aunado a lo anterior, los anuncios de la IATA, y de la ICAO confirman que la producción y demanda está en aumento. Por su parte, la compañía BioD, en Colombia, a través de sus medios de comunicación oficial informó al país que construirá una planta dedicada a combustible SAF con una capacidad de 189,3 millones de litros por año, para lo cual hará uso de materias primas como residuos agrícolas y forestales y cultivos energéticos. Es necesario aunar esfuerzos para la implementación de las nuevas tecnologías de combustibles; por ejemplo, los procedimientos de mezcla de combustible para el análisis de lotes, conforme con la norma internacional ASTM 7566, requieren capacidades específicas que deben desarrollarse en el país. A nivel de los aeropuertos, los gestores aeroportuarios deberán considerar y permitir el uso de combustibles SAF, autorizando a los proveedores que decidan comprar o importar combustible alternativo. Incluso aunque no exista una diferenciación formal entre la mezcla certificada por la ASTM y el combustible fósil común Jet A-1, la autorización da confianza a los usuarios al reconocerse la posibilidad de usar combustibles alternativos sostenibles.

Mantener el estado actual de las cosas crea obstáculos para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el Estado Colombiano. La migración a la estandarización es una oportunidad para la reindustrialización del país, además una oportunidad para mitigar las emisiones de CO₂ y reducir el consumo del combustible fósil. Por lo anterior, esta transición de una matriz energética actual con un alto consumo fósil hacia una matriz de energías limpias renovables sugiere acciones en la actualización de la política pública, incentivos a la producción local, inversiones en proyectos estratégicos e intersectoriales, así como un esfuerzo para generar los cambios estructurales que le sean pertinentes.

5. METODOLOGIA Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Para la selección de las alternativas presentadas en la sección anterior, se emplea la metodología multicriterio del *Proceso de Análisis Jerárquico* (AHP, por sus siglas en inglés)¹. Esta metodología consta de los siguientes pasos para la selección de alternativas multicriterio: (1) definición del objetivo del análisis; (2) se identifican los criterios clave en función del objetivo y las principales alternativas asociadas a este; (3) los criterios se priorizan respecto al objetivo y se evalúa la consistencia de dicha priorización. En caso de detectarse inconsistencias, se realiza un proceso iterativo de reajuste y validación hasta

¹ Arnold F. Shapiro y Marie-Claire Koissi, "Fuzzy Logic Modifications of the Analytic Hierarchy Process," Insurance: Mathematics and Economics, vol. 75, julio de 2017, pp. 189-202. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.05.003>

alcanzar un nivel aceptable de consistencia o, en su defecto, se descarta la aplicación del método. (4) Las alternativas se priorizan en función de cada criterio. Finalmente, (5) se realiza un proceso de agregación para determinar la priorización final de las alternativas con respecto al objetivo, conforme a lo descrito en la parte final de esta sección.

La ilustración 5 muestra el modelo de desarrollo de la Metodologías Multicriterio Método AHP realizado en el marco de la selección de alternativas para este análisis de impacto normativo. Allí se define el objetivo como la elección de la mejor alternativa de intervención regulatoria para incorporar SAF en Colombia, el cual se encuentra alineado con el objetivo central descrito en este documento. Adicionalmente, se definen los criterios de evaluación y, finalmente, se mencionan las alternativas regulatorias.

Para la aplicación del método AHP en la evaluación de alternativas regulatorias para la incorporación de SAF en Colombia, se desarrolló un proceso participativo liderado por el equipo técnico del grupo de Downstream de la Dirección de Hidrocarburos. La identificación de los criterios de evaluación se basó en documentos de política pública, consultorías contratadas por diversas entidades y estudios sobre la cadena de valor de los combustibles sostenibles de aviación. La definición de criterios, alternativas y estructura del análisis se construyó mediante talleres internos. Posteriormente, se aplicaron matrices de comparación por pares, siguiendo la metodología AHP, en sesiones en las que participaron tanto el equipo técnico como los tomadores de decisión de la Dirección. Estas sesiones permitieron discutir, calificar y ajustar las ponderaciones asignadas a cada criterio, garantizando la consistencia del ejercicio. Los resultados de este proceso se muestran a continuación.

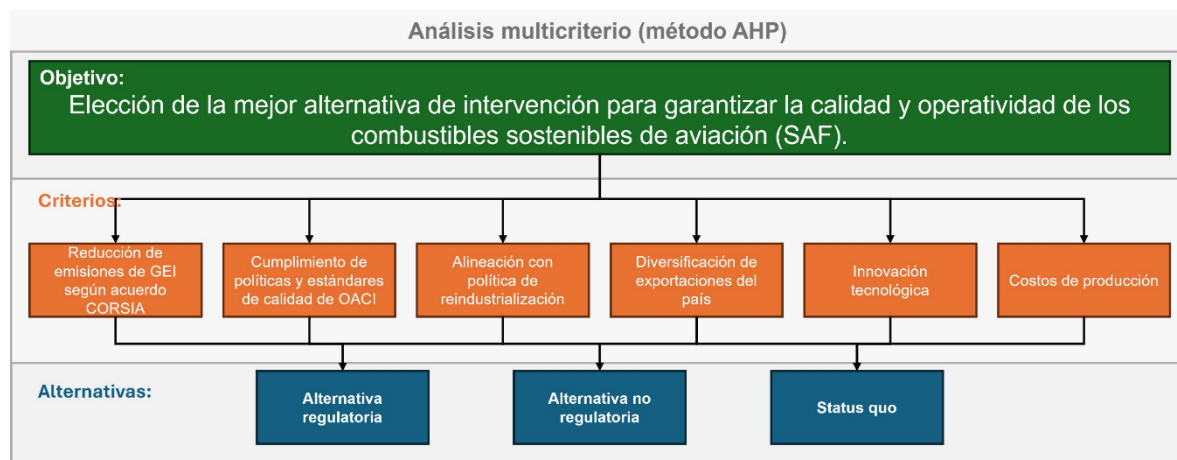


Ilustración 1 Modelo de desarrollo de la Metodologías Multicriterio Método AHP. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la tabla 1 menciona los criterios de evaluación empleados en la metodología AHP. Dentro de los criterios seleccionados se encuentra la capacidad de

reducción de emisiones de gases de efecto invernadero según lo definido por el acuerdo CORSIA, el cumplimiento de las políticas y estándares de calidad OACI, alineación con la política de reindustrialización del país, potencial para la diversificación de exportaciones, innovación tecnológica, y finalmente, costos de producción.

Tabla 1: Descripción de criterios de evaluación de la metodología multicriterio AHP.
Fuente: Elaboración propia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
C1	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) según acuerdo CORSIA.
C2	Cumplimiento de políticas y estándares de calidad OACI.
C3	Alineación con política de reindustrialización.
C4	Potencial para la diversificación de exportaciones.
C5	Innovación tecnológica.
C6	Costos de producción.

En cumplimiento del tercer paso de la metodología AHP ya citada, en la tabla 2 se muestra la escala de priorización entre pares de criterios y resultados de la priorización para este trabajo. El ejercicio de priorización en la matriz anteriormente mencionada fue consistente (coeficiente de consistencia $CR = 0,02^2$). Adicionalmente, como resultado de dicha priorización de criterios, se establece que la ponderación de dichos criterios es C1 con 44 %; C2 con 26 %; C3 con 8 % C4 con 3 %; C5 con 5 %; y C6 con 14 %.

Tabla 2: Escala de priorización entre pares de criterios (arriba) y matriz de calificación para la priorización de criterios según el objetivo de la metodología AHP (abajo).
Fuente: elaboración propia.

Igual		Moderado		Fuerte	Muy fuerte	Extremadamente fuerte
1		3		5	7	9
C1		C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2 / 1	6 / 1	9 / 1	8 / 1	5 / 1
C2	1 / 2	1	4 / 1	7 / 1	6 / 1	2 / 1
C3	1 / 6	1 / 4	1	3 / 1	2 / 1	1 / 2
C4	1 / 9	1 / 7	1 / 3	1	1 / 2	1 / 5
C5	1 / 8	1 / 6	1 / 2	2 / 1	1	1 / 4
C6	1 / 4	1 / 2	2 / 1	5 / 1	4 / 1	1

² Un $CR < 0,1$ implica consistencia, mientras que si $CR > 0,1$ implica que la priorización de los criterios debe ser revisados.

Finalmente, en el desarrollo de la metodología de AHP, se realiza la priorización de las alternativas con respecto al objetivo, lo cual es mostrado en la tabla 3. El ejercicio de calificación de cada alternativa por cada criterio, junto con su respectivo de coeficiente de consistencia se muestran en el anexo 9.1. Como resultado, logra identificar que la alternativa con mayor priorización es la alternativa regulatoria con un 65 %; seguido por gran diferencia de la alternativa no regulatoria con un 20,4 %; y finalmente, la alternativa menos priorizada, la alternativa *status quo* con una priorización de 14,5 %.

Tabla 3. Resultados de priorización de alternativas por método AHP. Fuente: elaboración propia.

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	PRIORIZACIÓN
REGULATORIA	0,327	0,188	0,062	0,026	0,031	0,015	0,650
NO REGULATORIA	0,083	0,051	0,010	0,004	0,013	0,044	0,204
STATUS QUO	0,034	0,017	0,006	0,002	0,004	0,082	0,145

En conclusión, una vez aplicada la metodología de análisis multicriterio AHP se identifica como mejor alternativa la **alternativa regulatoria**.

6. ELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Justificación:

Para salvaguardar los objetivos legítimos nacionales, formalizar el comercio de las mercancías entre países, minimizar el riesgo de inducir a error a los consumidores al momento de tomar una decisión de compra o consumo, promover que los fabricantes e importadores cumplan con requisitos mínimos de seguridad y facilitar el comercio de productos, tanto nacional como internacionalmente se debe de optar por la vía regulatoria. Como lo evidencian los resultados de las metodologías de elección para las alternativas de intervención descritas en el capítulo anterior.

La ventaja de la vía regulatoria es que mediante la certificación del producto, procesos y servicios se garantiza que las organizaciones demuestren de manera permanente, que sus productos, procesos y servicios cumplen un referencial técnico, mediante sistemas de fabricación y control eficaces y confiables, lo cual le da respaldo y seguridad al consumidor final. Así mismo, al brindar confianza sobre los productos, procesos y servicios, se permite acceder a nuevos mercados, evidencia una mejora continua en los procesos y por ende rentabilidad de los productos y procesos asociados, refuerza las exportaciones mediante reconocimientos gubernamentales con varios países y facilita el ingreso de productos certificados al país. Así las cosas, la manera directa como se puede divulgar a todos los usuarios de la cadena, en todo el territorio nacional las especificaciones técnicas y de

calidad que se le deben realizar al Combustible SAF sería a través de una reglamentación técnica.

En virtud de lo anterior, el Subsistema Nacional de Calidad establecido en el Decreto 1471 de 2014, que modifica el Decreto 2269 de 1993, ha tenido como propósito impulsar la calidad en los procesos productivos y la competitividad de los bienes y servicios en los mercados, del cual el ICONTEC ejerce las funciones de Organismo Nacional de Normalización, y, en complemento el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) ejerce la actividad de acreditación de manera exclusiva, y, provee los servicios de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad, con sujeción a las normas nacionales e internacionales en materia de acreditación, con alcance en reglamentos técnicos, normas técnicas y otros documentos normativos. Los documentos soporte para la expedición de certificados de conformidad, tendrían todos los registros documentales correspondientes como los métodos de ensayo, plan de muestreo, resultados de la evaluación, vigencia y el esquema de certificación utilizado³.

La regulación tiene impactos sobre la competitividad internacional ya que la aviación trasciende desde el ámbito nacional y se debe considerar el posicionamiento del país en este contexto, en especial, el mercado de abastecimiento de combustibles de aviación sostenibles SAF.

Además de lo anterior, existe una Hoja de Ruta del SAF en Colombia que es un documento de política pública que el Gobierno Nacional busca implementar, con la construcción de un marco regulatorio intersectorial teniendo en cuenta disposiciones establecidas por la OACI a nivel global cuyas disposiciones se enmarcan en implementación de mecanismos para descarbonizar el sector aéreo., La Hoja de Ruta en Colombia está basada en tres pilares esenciales y cinco ejes de actuación estratégicos, desarrollados en un mapa de acción diseñado para guiar los esfuerzos hacia el cumplimiento de las aspiraciones nacionales de los próximos años.

La aspiración de Colombia para 2035 es alcanzar una producción de al menos 100 millones de galones de combustibles sostenibles de aviación (SAF), y 450 millones de galones para 2050. Respecto a la Hoja de ruta, se trazan las líneas estratégicas para varios ejes temáticos, entre los cuales, está el eje de sostenibilidad ambiental, alineados con CORSIA y promover la transición hacia tecnologías limpias que aceleren el aporte a la disminución de emisiones de CO₂ en el sector aéreo, por lo anterior se espera la implementación del Plan de Compensación y Mitigación de CO₂ CORSIA genere la cuantificación de la línea

³Decreto 1471 de 2014 capítulo II Organismos de evaluación de la conformidad.

base de CO₂ Colombia y con el desarrollo de SAF promueva y refleje medidas de compensación y mitigación⁴.

Al tomarse la vía regulatoria, las empresas pueden ejercer la fabricación, refinación, transporte, suministro, entre otros de los combustibles SAF. La Aeronáutica Civil está ligada por sus compromisos y acuerdos internacionales con la OACI para adoptar los estándares normativos dispuestos a nivel global para la aviación, actualmente hay demanda global para el SAF.

No obstante, como se ha mencionado en el ítem anterior, se busca que mediante las acciones de vigilancia y control se eviten o mitiguen afectaciones de carácter político, social, ambiental, tecnológico respecto a consecuencias que puedan llegar a suceder en las cadenas de valor del SAF, los objetivos son comunes para los interesados y en pro de avanzar, el esquema de CORSIA hace favorable la contabilización de reducción de emisiones de carbono para índices económicos; la gestión y la política para el cambio climático continuaría avanzando para el cumplimiento de metas de los acuerdos internacionales, incluido el acuerdo de París. Con lo anterior, se espera que la economía del país y en base a la propuesta de la TEJ 2024, se haga menos dependiente de las actividades de hidrocarburos. Otro aspecto para destacar es el gran potencial del país en cuanto a la disponibilidad y variedad de especies herbáceas y forrajes, que son especies con potencial agro energético denominados cultivos energéticos. De acuerdo con el estudio “Evaluación del potencial energético de la biomasa lignocelulósica proveniente de especies de rápido crecimiento en Colombia”⁵.

7. IMPLEMENTACION Y MONITOREO

7.1 Estrategia de implementación

La implementación del reglamento técnico de calidad *de los* combustibles semisintéticos coprocesados y componentes sintéticos de mezcla para combustibles sostenibles de aviación (SAF), se desarrollará de forma progresiva, técnica y coordinada, con base en el análisis de riesgos adelantado por la Aeronáutica Civil, el cual identificó riesgos de alta probabilidad y alto impacto asociados a materias primas, tecnologías, mercado, financiamiento y regulación. En virtud de lo anterior, y conforme al artículo 2.2.1.7.6.6 del Decreto 1074 de 2015, se establece una intervención normativa con clasificación de riesgo alto, lo que justifica la exigencia de una evaluación de la conformidad bajo certificación de tercera parte, a cargo de organismos acreditados por el ONAC.

⁴ Aerocivil (2024). Consulta en línea https://www.aerocivil.gov.co/atencion/informaci%C3%B3n/Acuerdos-Internacionales/Documents/V7_HR_SAF%20EN%20COLOMBIA%20arreglo.pdf

⁵ Universidad Santo Tomas. "Evaluación del Potencial Energético de la Biomasa Lignocelulósica Proveniente de Especies de Rápido Crecimiento en Colombia".2016

Esta evaluación aplicará a las plantas productoras de SAF y se sustentará en las normas técnicas obligatorias NTC 6546:2024 (equivalente a ASTM D7566) y NTC 1899:2024 (equivalente a ASTM D1655). Incluirá pruebas de calidad lote a lote, trazabilidad integral de la cadena de suministro y la emisión de certificados de conformidad. El proceso de inspección técnica será efectuado por organismos con alcance técnico acreditado en las normas mencionadas, garantizando así la integridad regulatoria y la confianza técnica en el mercado.

La implementación efectiva requerirá la coordinación interinstitucional de las entidades con competencias sectoriales:

- El Ministerio de Minas y Energía, como ente rector y regulador del sector energético.
- El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo concerniente al cumplimiento de criterios ambientales.
- La Aeronáutica Civil, como autoridad en materia de operación y seguridad aérea.
- El Departamento Nacional de Planeación (DNP), en calidad de articulador de política pública y evaluador de impacto normativo.

Estas entidades integrarán mesas técnicas interinstitucionales con funciones permanentes de revisión normativa, articulación operativa y seguimiento técnico.

7.2 Sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo será integral, periódico y orientado a resultados. Comprenderá tres dimensiones principales:

1. Cumplimiento técnico-regulatorio: verificación del cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en las normas NTC aplicables por parte de productores, importadores y operadores del SAF.
2. Desempeño institucional: evaluación del funcionamiento y cobertura de los organismos de evaluación de la conformidad (OEC), laboratorios acreditados y entidades responsables del seguimiento normativo.
3. Impacto regulatorio: análisis del efecto de la implementación del reglamento sobre la cadena de valor del SAF y su contribución a los objetivos de política energética, ambiental y de transporte.

Se establecerá un sistema de vigilancia sustentado en certificación obligatoria por lote, trazabilidad técnica y auditorías a los organismos acreditados. Asimismo, el reglamento técnico será objeto de revisiones periódicas cada cinco (5) años, o antes, si se presentan cambios relevantes en el entorno normativo, tecnológico o de mercado.

7.3 Indicadores de seguimiento

A continuación, se presentan los indicadores definidos para evaluar el cumplimiento del reglamento:

Tabla 4. Indicadores de cumplimiento. Fuente: elaboración propia.

Indicador	Definición / Fórmula	Unidad	Periodicidad ⁶	Fuente / Responsable
Lotes certificados de SAF	Número de lotes certificados conforme a NTC 6546:2024 y NTC 1899:2024	Numérico	Trimestral	Organismos de evaluación de la conformidad
Tasa de cumplimiento de calidad	$(\text{Lotes conformes} / \text{Total de lotes evaluados}) \times 100$	Porcentaje (%)	Semestral	Ministerio de Minas y Energía
Número de auditorías realizadas	Total de auditorías efectuadas a OEC y laboratorios	Número absoluto	Anual	ONAC
Cobertura institucional de evaluación	Número de OEC y laboratorios con alcance técnico para SAF	Número absoluto	Anual	ONAC
Reportes de vigilancia con hallazgos positivos	Informes técnicos que evidencian cumplimiento de estándares de calidad	Número absoluto	Trimestral	Ministerio de Minas y Energía

El sistema de monitoreo propuesto para la implementación del reglamento técnico de calidad del SAF será de carácter integral, periódico y orientado a resultados, con el fin de garantizar tanto el cumplimiento regulatorio como la mejora continua del sistema.

La periodicidad del monitoreo estará determinada por la naturaleza de cada indicador: algunos serán evaluados trimestralmente, otros semestralmente y otros de forma anual, permitiendo así un seguimiento dinámico que combine la verificación operativa en el corto plazo con la evaluación estructural del sistema en el mediano y largo plazo. Este enfoque por capas temporales responde a la necesidad de detectar desviaciones tempranas, medir la robustez del sistema institucional y valorar los efectos de la intervención regulatoria sobre la cadena de suministro del SAF.

Los responsables del monitoreo serán principalmente cinco actores institucionales:

- El Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), encargado de acreditar a los organismos de certificación y laboratorios, así como de consolidar reportes de auditoría y evaluación técnica.
- El Ministerio de Minas y Energía, como entidad rectora del sector energético, supervisará el cumplimiento del reglamento, coordinará el monitoreo

⁶ La periodicidad será variable dependiendo de la maduración y necesidad propia de la industria.

interinstitucional, liderará la consolidación de los reportes de vigilancia y en cumplimiento de funciones de inspección y vigilancia.

- La Aeronáutica Civil, que velará por la correcta implementación del reglamento en el ámbito operacional del transporte aéreo.
- Los organismos de evaluación de la conformidad (OEC) y laboratorios acreditados, responsables de ejecutar pruebas fisicoquímicas y emitir certificados de conformidad por lote.
- Las mesas técnicas interinstitucionales, que integrarán los insumos técnicos, evaluarán el desempeño normativo y sugerirán ajustes regulatorios si se presentan condiciones cambiantes.

Cada uno de los cinco indicadores definidos contribuye de manera diferenciada al monitoreo de la intervención:

- El número de lotes certificados permite cuantificar la aplicación efectiva del reglamento en las operaciones reales de producción y comercialización.
- La tasa de cumplimiento de calidad permite verificar si los parámetros fisicoquímicos exigidos se están alcanzando, lo cual es central para garantizar la seguridad operacional.
- El número de auditorías realizadas es un reflejo del nivel de control institucional y la intensidad de vigilancia sobre los actores regulados.
- La cobertura institucional de evaluación da cuenta de la capacidad instalada del país para ejecutar el reglamento técnico, en términos de laboratorios y organismos de certificación acreditados.
- Finalmente, los reportes de vigilancia con hallazgos positivos permiten identificar si la cadena de suministro mantiene de manera consistente la calidad exigida por la normativa técnica.

Para garantizar que el plan de implementación y monitoreo cumpla su propósito regulatorio, se establecen rangos de referencia y criterios mínimos de cumplimiento para cada indicador. Estos valores permiten verificar, de manera objetiva, si la intervención ha generado los efectos esperados en términos de trazabilidad, calidad, capacidad institucional y control técnico. Su cumplimiento sostenido será un reflejo de la eficacia de la regulación y de su aceptación por parte de los actores del sector.

Tabla 5. Rangos esperados de desempeño para cada indicador y su justificación

Indicador	Unidad de medida	Periodicidad	Hito de cumplimiento esperado	Observación técnica
Lotes certificados de SAF	Número absoluto	Trimestral	≥ 90 % de los lotes reportados por productores autorizados deben estar certificados	Refleja la adopción efectiva del reglamento y la presencia de operadores regulados

Tasa de cumplimiento de calidad	Porcentaje (%)	Semestral	≥ 100 % de los lotes certificados deben cumplir con todos los parámetros fisicoquímicos	Indicador clave de seguridad operacional y confiabilidad del sistema
Número de auditorías realizadas	Número absoluto	Anual	≥ 2 auditorías por OEC o laboratorio acreditado por año	Verifica el cumplimiento sostenido de requisitos por parte de los evaluadores técnicos
Cobertura institucional de evaluación	Número absoluto	Anual	Mínimo 3 laboratorios y 3 OEC con alcance acreditado en normas SAF	Permite asegurar disponibilidad técnica en todo el territorio nacional
Reportes de vigilancia con hallazgos positivos	Número absoluto	Trimestral	≥ 80% de los reportes deben evidenciar conformidad en toda la cadena de suministro	Evalúa estabilidad y consistencia técnica del sistema de calidad SAF

8. CONSULTA PÚBLICA

8.1. Resultados de las consultas publicas

De conformidad con el artículo 2.2.1.7.5.5. del Decreto 1074 de 2015 que establece los tiempos de consulta pública, este documento de Análisis de Impacto Normativo Simple será publicado a consulta pública por un periodo de diez (10) días calendario. Por tanto, para hacer efectiva la etapa de consulta pública, se realizará la publicación del documento en el módulo de Foros de la página web del Ministerio de Minas y Energía (en el enlace: <https://www.minenergia.gov.co/en/foros>), para la presentación de observaciones por parte de la ciudadanía, y los canales de recepción de comentarios utilizados son: a) El correo electrónico pciudadana@minenergia.gov.co; b) La opción de “Comentarios” ubicada en el mismo foro de discusión.

Posteriormente, el Ministerio de Minas y Energía revisará los comentarios y dará respuesta a los mismos, incorporando las modificaciones que considere pertinentes en una matriz de respuestas públicas.

9. Referencias Bibliográficas

- ASTM International. (2023). ASTM D7566-23: Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons.
- AEROCIVIL. (2024). *RIESGOS Y OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DEL COMBUSTIBLE SOSTENIBLE DE AVIACION (SAF) EN COLOMBIA*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Actualización de la NDC de Colombia.
- International Energy Agency (IEA). (2023). Aviation – Analysis. <https://www.iea.org/reports/aviation>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa para Colombia.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Estudios de la OCDE sobre Gobernanza Pública: Colombia – Coordinación interinstitucional para una gobernanza efectiva.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2022). Environmental Report 2022. <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/env-report-2022.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia (E2050). <https://colombiaco2.com/sites/default/files/2021-11/E2050.pdf>
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2022). Policies to promote sustainable aviation fuels.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Energy Policy Review: Colombia 2022.
- Ministerio de Minas y Energía & Aeronáutica Civil. (2023). Hoja de Ruta de Transición Energética Justa en Colombia.
- Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, Ministerio de Transporte & Ministerio de Energía. (2024). Lanzamiento de la Hoja de Ruta SAF 2050. AgenciaSE.
- International Energy Agency (IEA). (2023). Biofuels – Analysis. <https://www.iea.org/reports/biofuels>
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedebiocombustibles). (2024). Oportunidades para el SAF a partir de biomasa residual en Colombia.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Sustainable Aviation Fuel Guide. <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx>
- Ministerio de Minas y Energía & Aeronáutica Civil. (2025). Hoja de Ruta para el desarrollo de Combustibles Sostenibles de Aviación (SAF) en Colombia. [Resolución 00090 de 2025].
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC).

- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Sustainable Aviation Fuels Guide.
- International Energy Agency (IEA). (2023). Tracking Clean Energy Innovation. <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-innovation>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Colombia: Innovation for sustainable productivity.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation.
- Comisión Europea. (2023). ReFuelEU Aviation Regulation: Boosting the use of sustainable aviation fuels.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Global Framework for Aviation and Energy Transition.
- International Energy Agency (IEA). (2023). Innovation Gaps in Clean Aviation Fuels. <https://www.iea.org/reports/aviation>
- ASTM International. (2022). ASTM D7566-22: Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Sustainable Aviation Fuels: Technical Certification Framework.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Sustainable Aviation Fuels Guide. <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx>
- Ministerio de Minas y Energía. (2025). Hoja de Ruta para el desarrollo de combustibles sostenibles de aviación en Colombia. [Resolución 00090 de 2025].
- Congreso de la República. (2021). Ley 2099 de 2021. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=181874>
- Congreso de la República. (2021). Ley 2169 de 2021. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=183332>
- Congreso de la República. (2023). Ley 2294 de 2023. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=189495>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2022). CONPES 4075. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2023a). CONPES 4129. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4129.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2023b). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026. <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo>
- IDEAM. (2022). Inventario Nacional de Emisiones GEI 1990–2021.
- IATA. (2024). Fly Net Zero.
- ICAO. (2025). Sustainable Aviation Fuel Production Capacity – Global Update.
- UAEAC. (2021). Resolución 03411 de 2021 – RAC 216.
- UPME. (2005). Atlas energético de Colombia. <https://www1.upme.gov.co/simco/AtlasEnergetico>

10. ANEXOS

10.1. Priorizaciones alternativas en la metodología AHP.

10.1.1. Priorización de alternativas en criterio C1

Tabla A.1. Resultados de priorización de alternativas según criterio C1, con coeficiente de consistencia CR = 0,04. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	5 / 1	8 / 1	0,737
B	1 / 5	1	3 / 1	0,186
C	1 / 8	1 / 3	1	0,077

10.1.2. Priorización de alternativas en criterio C2

Tabla A.2 Resultados de priorización de alternativas según criterio C2, con coeficiente de consistencia CR = 0,06. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	5 / 1	9 / 1	0,735
B	1 / 5	1	4 / 1	0,199
C	1 / 9	1 / 4	1	0,065

10.1.3. Priorización de alternativas en criterio C3

Tabla A.3. Resultados de priorización de alternativas según criterio C3, con coeficiente de consistencia CR = 0,02. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	7 / 1	9 / 1	0,790
B	1 / 7	1	2 / 1	0,133
C	1 / 9	1 / 2	1	0,077

10.1.4. Priorización de alternativas en criterio C4

Tabla A.4. Resultados de priorización de alternativas según criterio C4, con coeficiente de consistencia CR = 0,03. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	8 / 1	9 / 1	0,800
B	1 / 8	1	2 / 1	0,124
C	1 / 9	1 / 2	1	0,075

10.1.5. Priorización de alternativas en criterio C5

Tabla A.5. Resultados de priorización de alternativas según criterio C5, con coeficiente de consistencia CR = 0,03. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	3 / 1	7 / 1	0,656
B	1 / 3	1	4 / 1	0,265
C	1 / 7	1 / 4	1	0,080

10.1.6. Priorización de alternativas en criterio C6

Tabla A.6. Resultados de priorización de alternativas según criterio C6, con coeficiente de consistencia CR = 0,003. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	PESO
A	1	1 / 3	5 / 1	0,110
B	3 / 1	1	1 / 2	0,309
C	5 / 1	2 / 1	1	0,581