



ASAMBLEA — 41º PERÍODO DE SESIONES

COMITÉ EJECUTIVO

Cuestión 16: Protección del medioambiente – Disposiciones generales, ruido de las aeronaves y calidad del aire local**LA AVIACIÓN CIVIL Y EL MEDIOAMBIENTE**

(Nota presentada por el Consejo de la OACI)

RESUMEN

En la presente nota se informa sobre el progreso que ha registrado la OACI desde el 40º período de sesiones de la Asamblea en cuestiones relacionadas con la aviación civil y el medioambiente, incluidas las tendencias actuales y futuras en la aviación en materia de ruido y emisiones de las aeronaves, los avances alcanzados en la formulación de normas y métodos recomendados (SARPS) y orientaciones sobre el medioambiente, así como sobre acontecimientos pertinentes que han tenido lugar en otros organismos de las Naciones Unidas y organizaciones internacionales.

Decisión de la Asamblea: Se invita a la Asamblea a:

- a) reconocer el importante progreso de la Organización desde el 40º período de sesiones de la Asamblea para abordar las repercusiones del ruido, la calidad del aire local y las emisiones climáticas mundiales;
- b) pedir a la OACI que siga de cerca las tecnologías innovadoras y las fuentes de energía más limpia para la aviación, y que se prepare para actualizar y elaborar en su debido momento normas y métodos recomendados (SARPS) relativos al medioambiente y textos de orientación pertinentes, según proceda;
- d) respaldar la labor permanente de la OACI en todas las áreas clave relacionadas con la aviación civil y el medioambiente; y
- e) considerar la información contenida en esta nota para actualizar la Resolución A40-17 de la Asamblea.

<i>Objetivos estratégicos:</i>	Esta nota de estudio se relaciona con el objetivo estratégico – <i>Protección del medioambiente</i> .
<i>Repercusiones financieras:</i>	Las actividades a que se hace referencia en esta nota de estudio de la Asamblea se emprenderán dentro de los recursos disponibles en el presupuesto regular de 2023-2025 y/o con contribuciones extrapresupuestarias, según se prevea en el Plan de Actividades de la OACI para 2023-2025.
<i>Referencias:</i>	<i>Resoluciones vigentes de la Asamblea (al 4 de octubre de 2019) (Doc 10140) A41-WP/xx, Declaración consolidada de las políticas y prácticas permanentes de la OACI relativas a la protección del medioambiente — Disposiciones generales, ruido y calidad del aire local</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Con la finalidad de reducir al mínimo los efectos negativos de la aviación civil internacional en el medioambiente, la OACI formula políticas, elabora y actualiza normas y métodos recomendados (SARPS) relativos al ruido y las emisiones de las aeronaves y realiza actividades de divulgación sobre esta materia. La Secretaría lleva a cabo dichas actividades con el apoyo técnico proporcionado por el Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP) del Consejo de la OACI. Igualmente, para cumplir con esta labor, la OACI coopera con otros organismos de las Naciones Unidas y organizaciones internacionales.

1.2 Se lograron avances significativos en la reducción del volumen de ruido y emisiones que produce la aviación civil internacional. Por ejemplo, gracias al progreso tecnológico, ahora se fabrican aeronaves que son 75 % más silenciosas y por encima de 80 % más eficientes en cuanto al consumo de combustible por pasajero-kilómetro que en los años sesenta. Y este progreso continúa: están desarrollándose tecnologías y fuentes de energía nuevas e innovadoras para la aviación a un ritmo acelerado, por lo que la OACI tendrá que trabajar arduamente para mantenerse a la par con la certificación ambiental oportuna de estas nuevas tecnologías. No obstante, la pandemia de COVID-19, la OACI ha avanzado en sus actividades ambientales relacionadas con el ruido y las emisiones, lo cual incluye su trabajo sobre la viabilidad de un objetivo ambicioso mundial a largo plazo para la reducción de las emisiones de CO₂ de la aviación internacional y las evaluaciones de la OACI.

2. TENDENCIAS MUNDIALES EN RELACIÓN CON EL MEDIOAMBIENTE

2.1 En su 40º período de sesiones, la Asamblea respaldó las tendencias ambientales como la base para la toma de decisiones sobre asuntos relacionados con el medioambiente, y pidió recibir información actualizada sobre dichas tendencias durante su 41º período de sesiones¹. En respuesta a esta solicitud, y para apoyar la toma de decisiones basadas en datos, se ha realizado durante el trienio un extenso ejercicio de modelización y análisis a fin de preparar un conjunto actualizado de tendencias en materia de ruido, calidad del aire local (LAQ) y emisiones que afectan al clima mundial. En el apéndice se proporciona información detallada al respecto.

2.2 En comparación con la evaluación de tendencias anterior, las tendencias actualizadas muestran proyecciones a largo plazo en cuanto al consumo de combustible, ruido y LAQ inferiores a las que se presentaron en la última Asamblea (véase la nota A40-WP/54), lo cual puede atribuirse en su mayor parte a las diferencias entre las previsiones de demanda de tráfico central, que se vieron considerablemente afectadas por la pandemia de COVID-19. La previsión anterior, de 2015, se produjo durante un período de crecimiento económico mundial sostenido y con la expectativa de que esta expansión continuaría con un crecimiento del producto interno bruto (PIB) mundial a una tasa anual de 2,8 % por un período de 10 años, entre 2015 y 2025, y de 2,6 % en el transcurso de 30 años entre 2015 y 2045.

2.3 En contraste, la previsión actual incluye el efecto de la pandemia de COVID-19 tanto sobre la trayectoria de la recuperación económica a partir de 2020 como sobre la perspectiva a largo plazo, con una tasa de crecimiento anual del PIB mundial más moderada durante 10 años de 2,4 % para el período 2018-2028 y de 2,5 % durante el período de 32 años de 2018 a 2050. Estas hipótesis actualizadas sobre los pronósticos de tráfico se diseñaron para consolidar las posibles trayectorias de la industria de la aviación a medida que sale de la desaceleración causada por la pandemia, y se utilizaron como base para la evaluación de las tendencias ambientales actuales, así como para el estudio sobre la viabilidad de un objetivo ambicioso mundial a largo plazo (LTAG) y los análisis sobre el CORSIA (véase la nota A41-WP/xx, *Cambio climático*).

¹ 40º período de sesiones de la Asamblea de la OACI, Informe y actas del Comité Ejecutivo (Doc 10136), párrafo 15.3 y actas de la quinta sesión, cuestión núm. 15 del orden del día, párrafo 3.

2.4 Tendencias respecto del consumo de combustible y las emisiones de CO₂

2.4.1 En 2018, la aviación internacional consumió unas 188 megatoneladas (Mt) de combustible. Para 2050, en comparación con el aumento previsto de 3,0 veces para el tráfico aéreo internacional (expresado en toneladas-kilómetros de pago), se anticipa que el consumo de combustible aumente de 1,9 a 2,6 veces con respecto a 2018, dependiendo de la tecnología y las hipótesis relativas a la gestión del tránsito aéreo (ATM). Si se compara con las tendencias previas del CO₂, la evaluación actual muestra un volumen de emisiones de CO₂ aproximadamente 15 % más bajo para 2040 para la hipótesis básica con congelamiento de la tecnología y ninguna mejora operacional.

2.4.2 Es de hacer notar que, para el trabajo sobre la viabilidad de un LTAG, en comparación con las tendencias del consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de las aeronaves, se tuvieron en cuenta otras consideraciones respecto de los potenciales de reducción de las emisiones de CO₂ en el sector de la aviación producto de las innovaciones en las tecnologías, las operaciones y los combustibles para la formulación de tres hipótesis integradas sobre un LTAG (véase la nota A41-WP/xx, *Cambio climático*). Todos los supuestos de previsión y evolución de flota utilizados en el trabajo sobre un LTAG hasta 2050 son los mismos que los utilizados para las tendencias ambientales.

2.5 Tendencias respecto de las emisiones de los motores de aeronaves que afectan la calidad del aire local

2.5.1 En 2018, las emisiones de NO_x en la LAQ fueron aproximadamente 0,20 Mt. Se prevé que para 2050 se ubiquen entre 0,51 y 0,72 Mt, dependiendo de la tecnología y la hipótesis de ATM. Esto representa un aumento de 2,6 a 3,6 veces durante el período y puede compararse con el crecimiento de 3,0 veces pronosticado para el tráfico aéreo internacional.

2.5.2 Con respecto a las emisiones de nvPM en la LAQ y de PM total, se calculan en 0,63 y 1,36 kt (kilotoneladas) en 2018, respectivamente. En 2050, las proyecciones apuntan a entre 1,1 y 1,2 kt, y entre 3,1 y 3,2 kt, respectivamente, dependiendo de la tecnología y la hipótesis de ATM, lo que representa un crecimiento de aproximadamente 1,8 y 2,4 veces de las emisiones de nvPM y PM total, respectivamente, durante el período, lo que puede compararse con el crecimiento pronosticado de 3,0 veces del tráfico aéreo internacional.

2.6 Tendencias respecto del ruido de las aeronaves

2.6.1 En 2018, el área total expuesta a niveles de ruido diurno-nocturno (DNL) promedio anual sobre 55 dB fue de 16 486 kilómetros cuadrados; para 2050, esa área aumentaría de 0,9 a 1,9 veces comparado con 2018, dependiendo de la hipótesis sobre la tecnología. La población total en esta área con DNL de 55 dB ascendía a 36,6 millones de personas en 2018. Al igual que con resultados anteriores con respecto a las tendencias, puede observarse una separación entre el crecimiento del DNL promedio anual y el crecimiento del tráfico aéreo. Cabe notar que, en un escenario de tecnología avanzada de aeronaves, a partir de 2038 aproximadamente, el DNL promedio anual total tal vez ya no aumente con el crecimiento del tráfico aéreo. Para que esta hipótesis se materialice, los Estados miembros tendrían que tomar una serie medidas ambiciosas.

3. RUIDO DE LAS AERONAVES

3.1 El Consejo ha estado considerando las recomendaciones del CAEP para enmendar el Anexo 16, Volumen I — *Ruido de las aeronaves* y el *Manual técnico-ambiental* (ETM) (Doc 9501), Volumen I — *Procedimientos de homologación acústica de las aeronaves*, incluido el mantenimiento general, para mantener la vigencia y pertinencia de los SARPS relativos al medioambiente. La OACI está dando seguimiento a posibles problemas de ruido relacionados con aeronaves de tecnología emergente (incluidos los conceptos de movilidad aérea urbana, aeronaves pilotadas a distancia, entre otros), así como a las experiencias de Estados miembros de la OACI en este ámbito². Se continúa trabajando en la preparación de directrices para la medición del ruido aplicables a estas aeronaves.

4. EMISIONES DE LOS MOTORES DE AERONAVES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE LOCAL

4.1 El Consejo ha estado considerando las recomendaciones del CAEP de enmendar el Anexo 16 — *Protección del medio ambiente*, Volumen II — *Emisiones de los motores de las aeronaves* y el ETM (Doc 9501, Volumen II — *Procedimientos para la certificación de los motores de aeronaves respecto de las emisiones* para, entre otras cosas, proceder con una reestructuración completa a fin de asegurar su coherencia con la “*Guía de redacción de SARPS y PANS*” de la Comisión de Aeronavegación, mejorar la definición de procedimiento equivalente, realizar enmiendas a los documentos de referencia e introducir cambios para velar por la uniformidad del lenguaje sobre la aplicabilidad.

4.2 Se convino, además, en la actualización del *Manual sobre la calidad del aire local en los aeropuertos* (Doc 9889) de la OACI, que incluye, entre otras cosas, información sobre las emisiones de nvPM de las aeronaves, la metodología de cálculo recomendada más recientemente y la modelización de dispersión.

5. EMISIONES DE CO₂ DE LAS AERONAVES

5.1 Las recomendaciones del CAEP de enmendar el Anexo 16, Volumen III — *Emisión de CO₂ de los aviones* y el ETM — *Procedimientos para la certificación respecto de emisiones de CO₂ de los aviones* (Doc 9501) han sido objeto de consideración por parte del Consejo para, entre otras cosas, mejorar ciertas definiciones, aclarar el parámetro de factor geométrico de referencia (RGF) e incluir información sobre la notificación de datos a la autoridad certificadora.

6. ORIENTACIÓN SOBRE EL MEDIOAMBIENTE PARA AEROPUERTOS Y OPERACIONES

6.1 Si bien los esfuerzos de la OACI están principalmente dirigidos a mitigar el impacto de la aviación civil internacional en el clima mundial, se ha establecido que el efecto del cambio climático representa un riesgo significativo para el sector de la aviación. En ese sentido, el trabajo de la OACI en materia de adaptación al cambio climático es la base de la preparación de la aviación frente a este riesgo, lo que incluye la elaboración de una nueva orientación sobre la evaluación del riesgo que representa el cambio climático, la determinación de vulnerabilidades y las medidas de adaptación. Esto incluye una presentación general de las vulnerabilidades clave frente al cambio climático que pueden representar riesgos para un Estado u organización, así como un conjunto de posibles opciones de adaptación que podrían considerarse para reducir dichos riesgos.

² https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/noise_new_concepts.aspx.

6.2 Con respecto al ruido de las aeronaves, la OACI elaboró recientemente un nuevo manual de oportunidades operacionales para reducir el ruido de las aeronaves (Doc 10177), en el cual se indican y examinan tanto normas como oportunidades operacionales y técnicas para reducir al mínimo dicho ruido. En el manual se proporciona información sobre prácticas en vigor que los Estados y las partes interesadas de la industria pueden utilizar para reducir los efectos del ruido de las aeronaves. También se resaltan avances recientes, producto de innovaciones emergentes, y se consideran los conceptos y tecnologías en los que la industria se encuentra trabajando actualmente.

6.3 Se actualizó una colección electrónica de información práctica para aeropuertos ecológicos (“Eco-Airport Toolkit e-collection”)³, que incluye los temas de resiliencia climática, gestión del agua, gestión de la calidad del aire y acceso sostenible de superficie. En consonancia con la iniciativa de la OACI *Ningún País se Queda Atrás*, esta colección electrónica proporciona de manera oportuna información práctica y lista para usar a la comunidad de la aviación internacional sobre prácticas óptimas, a través del sitio web público de la OACI.

6.4 La OACI también emitió dos informes sobre los aspectos siguientes: mediciones ambientales de relevancia para el sistema mundial de aviación; e investigación de posibles indicadores de expansión descontrolada. Estos informes están disponibles en el sitio web de la OACI⁴.

7. INSTRUMENTOS AMBIENTALES PARA FACILITAR LA CUANTIFICACIÓN

7.1 La calculadora de emisiones de carbono de la OACI (ICEC) es el medio oficial para calcular la porción de los inventarios de carbono de las organizaciones de las Naciones Unidas relacionada con los viajes aéreos. Actualmente, la Secretaría está considerando actualizar la ICEC, y continúa desarrollado una interfaz de programación de aplicaciones (API) que permitiría integrar fácilmente la calculadora en sitios web y servicios externos; también está investigando opciones para mejorar el uso de la ICEC, lo que incluye demostraciones del uso de combustibles de aviación sostenibles. A semejanza de la ICEC, la calculadora OACI de reuniones verdes (IGMC) es una herramienta diseñada para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la reducción de las emisiones de carbono provenientes de viajes aéreos para asistir a reuniones. En abril de 2020 se lanzó una versión ampliada de la IGMC con una interfaz móvil⁵.

7.2 La Secretaría ha continuado también con el mantenimiento de herramientas relacionadas con la iniciativa de planes de acción estatales de la OACI (véase también la nota 41-WP/xx, *Cambio climático*), entre las que se incluye el sistema para el medioambiente y la aviación (AES), la calculadora de beneficios ambientales (EBT), la herramienta para la curva de costo marginal de la mitigación y el instrumento OACI de estimación de las economías de combustible (IFSET)⁶.

7.3 Además, la OACI creó un sitio web con herramientas de seguimiento⁷, en el cual se actualiza la información más reciente sobre iniciativas de reducción de las emisiones de CO₂ de la aviación de tres componentes (tecnología, operaciones y combustibles), así como sobre las iniciativas de emisiones netas cero de la aviación. Al mes de julio de 2022, las herramientas de seguimiento contienen información sobre 102 iniciativas relacionadas con tecnología, 97 iniciativas en el ámbito de las operaciones y 67 iniciativas de emisiones netas cero que llevan adelante partes interesadas de la aviación. El punto de seguimiento de los combustibles contiene detalles sobre acuerdos de compra de SAF anunciados que ascienden hasta 29 400 millones de litros de SFA y que suman 53 aeropuertos que están distribuyendo SAF regularmente y 24 políticas de apoyo a los SAF adoptadas o en proceso de formulación. Las herramientas de seguimiento también brindan detalles sobre 196 instalaciones que podrían producir SAF.

³ <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/ecoairports.aspx>.

⁴ <https://www.-<TBD>>.

⁵ <https://applications.icao.int/igmc>.

⁶ <https://applications.icao.int/ifset>.

⁷ Sitio web de herramientas de seguimiento de la OACI: Aviation CO2 emissions reduction initiatives - Tracker Tool (icao.int).

8. COALICIÓN MUNDIAL DE LA OACI PARA LA AVIACIÓN SOSTENIBLE

8.1 La Coalición Mundial de la OACI⁸ sigue creciendo; su objetivo es servir de foro de partes interesadas para facilitar el desarrollo de nuevas ideas y acelerar la puesta en práctica de soluciones ambientales innovadoras. Durante la COP26 de la CMNUCC, la Secretaría de la OACI también dio a conocer la primera edición de su publicación *Innovation Driving Sustainable Aviation* (La innovación como motor de una aviación sostenible), en la que se hace una reseña de las innovaciones que se presentaron durante las jornadas de evaluación de la OACI en 2021 y compartió novedades sobre asociados de la Coalición (véase también la nota A41-WP/xx, *Cambio climático*). Se invita a todos los interesados a visitar el sitio web de la OACI sobre la Coalición y a sumarse a esta.

9. COOPERACIÓN CON OTROS ORGANISMOS DE LAS NACIONES UNIDAS

9.1 Cabe destacar en este trienio la intensa coordinación de la OACI con el sistema de las Naciones Unidas, en particular con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Grupo de Gestión Ambiental (GGA) de las Naciones Unidas.

9.2 La reunión internacional Estocolmo+50, que se celebró en Estocolmo, Suecia, los días 2 y 3 de junio de 2022, representó un hito con el que se celebraron 50 años de acción mundial en favor del medioambiente. La OACI colaboró con interesados suecos y otros asociados para exhibir las innovaciones más recientes en materia de combustibles de aviación sostenibles y fuentes de energía más limpia para la aviación internacional. Para más información sobre las actividades de cooperación relacionadas con el clima, véase la nota A41-WP/xx, *Cambio climático*.

⁸ Coalición de la OACI: <https://www.icao.int/environmental-protection/SAC/Pages/learn-more.aspx>.

APPENDIX

ICAO GLOBAL ENVIRONMENTAL TRENDS – PRESENT AND FUTURE
AIRCRAFT NOISE AND EMISSIONS

1. TRENDS IN EMISSIONS THAT AFFECT THE GLOBAL CLIMATE

1.1 Trends in Aircraft Fuel Burn and CO₂ Emissions

1.1.1 The green-house gas (GHG) portion of the trends assessment evaluated potential contributions of operational and technology improvements to reducing projected fuel demand and associated future emissions, focusing on combustion CO₂ emissions. The results are based on the 2018-2050 post-COVID traffic and fleet forecast, representing conventional fuel consumption, CO₂ emissions (i.e., CO₂ emitted during flight only), and NO_x and nvPM emissions. The results contain the alternative fuel analyses, including the potential contribution of alternative jet fuel (AJF) on CO₂ net life-cycle emissions.

1.1.2 As shown in Figures 1 and 2, for the year 2050 and for the IEIR (Independent Expert Integrated Review) technology with high operational improvements scenario (Fuel Scenario 4), conventional fuel burn from international aviation, aircraft technology results in a reduction of 134 MT and operations provides an additional 15 MT for a total reduction of 149 MT. Fuel Scenario 1 value for international is 493 MT. ICAO’s 2% aspirational goal for international aviation fuel burn is not achieved, and the average fuel efficiency (2010-2050) is 1.53% which is slightly improved from the 1.37% computed in previous trends assessment for the same time period. Overall, technology and operational improvements results in roughly a 27% reduction in fuel burn for international aviation in 2050 for the IEIR scenario. The most aggressive fuel burn technology improvement scenario is that defined by the CAEP/11 IEIR process.

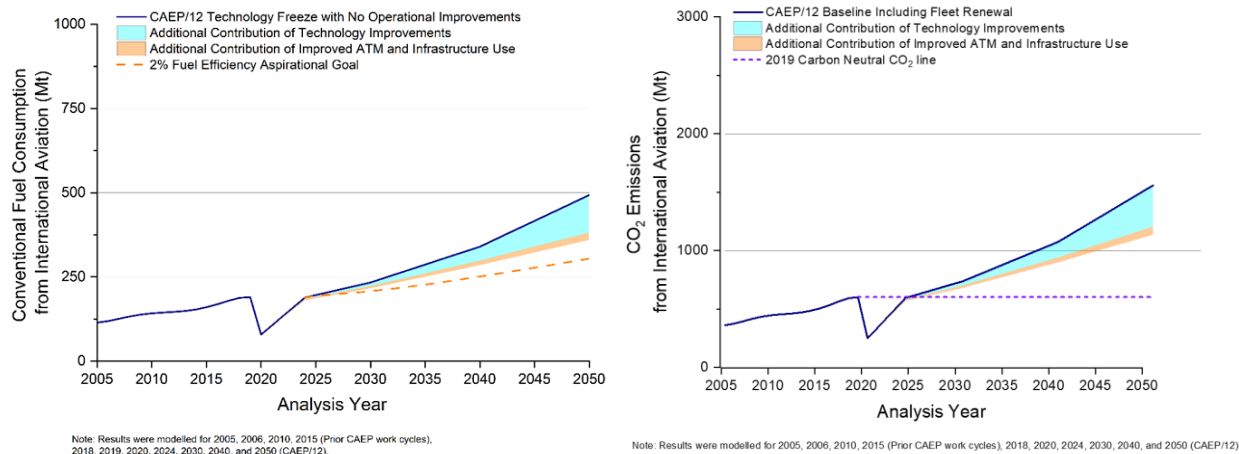


Figure 1 (left). Conventional Fuel Consumption from International Aviation, 2005 to 2050.
Figure 2 (right). CO₂ Emissions from International Aviation, 2005 to 2050.

1.1.3 As shown in Figure 3, in the year 2050 with alternative fuels replacement, in addition to the 27% reduction in CO₂ provided by technology and operations, alternative jet fuels replacement provides an additional 41% reduction in net life-cycle CO₂.

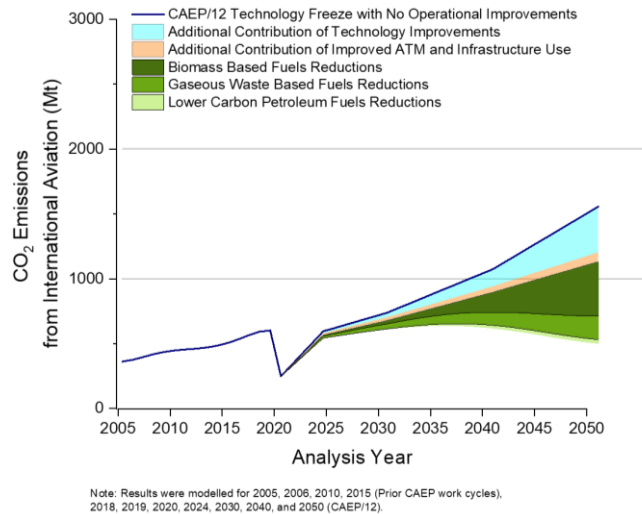


Figure 3. CO₂ Emissions from International Aviation, 2005 to 2050, Including Alternative Fuels Net Life-Cycle Emissions Reductions.

1.2 Trends in Aircraft Full-Flight NO_x and nvPM Emissions

1.2.1 With technology and operational improvements (NO_x Scenario 3), there is a combined reduction of 2.56 MT and 4.1 MT for international and global aviation, respectively. This amounts to roughly a 28% reduction in NO_x from NO_x Scenario 1 (technology freeze with no operational improvements), as presented on Figure 4.

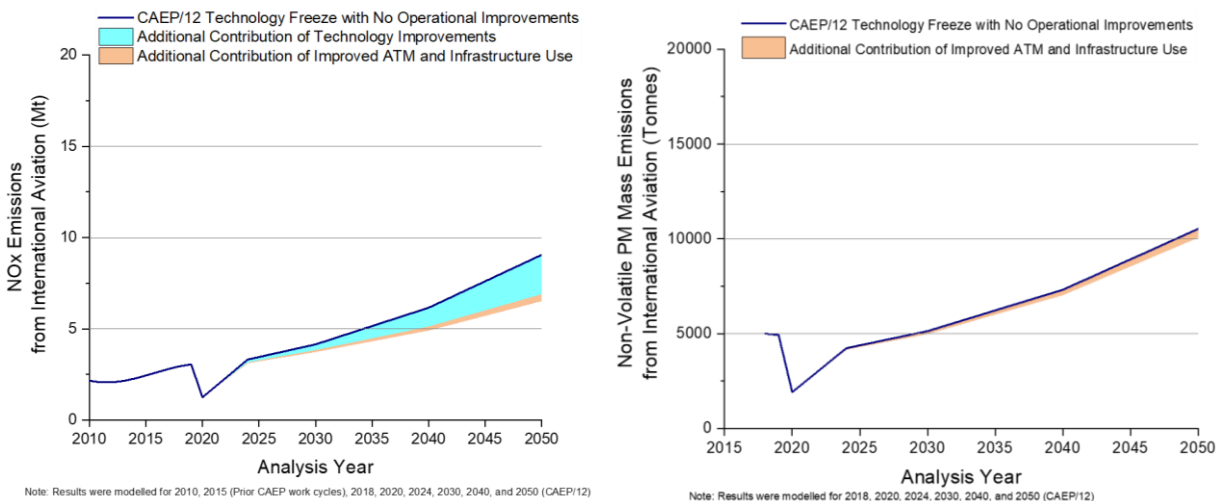


Figure 4 (left). Full Flight NO_x Emissions from International Aviation, 2010 to 2050.
Figure 5 (right). Full Flight NVPM Emissions from International Aviation, 2018 to 2050.

1.2.2 nvPM Scenario 2 results in 465 tonnes and 900 tonnes reduction of nvPM mass emissions for international and global aviation, respectively. This amounts to roughly 5% reduction from nvPM Scenario 1 (technology freeze with no operational improvements), as presented on Figure 5.

2. AIRCRAFT NOISE TRENDS

2.1 The noise portion of the trends assessment evaluated potential contributions of operational and technology improvements to reducing population exposed to noise around airports. The results are based on the CAEP/12 2018 to 2050 post COVID traffic and fleet forecast, representing contour area and total population exposed to noise above a day-night average sound level in dB (DNL) of 55, 60, and 65. The noise trends assessment includes 319 global airports.

2.2 Figure 6 provides results for the total global 55 DNL contour area (i.e., for 319 airports) for 2018, 2028, 2038 and 2050 for the four scenarios. The 2018 technology freeze (scenario 1) contour area is 16 486 square km. This value decreases to 9 451 square km in 2020 due to the COVID-19 pandemic and increases to 15 530 square km by 2024. In 2050 the technology freeze (scenario 1) total global contour area is 31 407 square km and decreases to 15 196 square km with the advanced technology improvements and to 21 570 square km with low technology improvements.

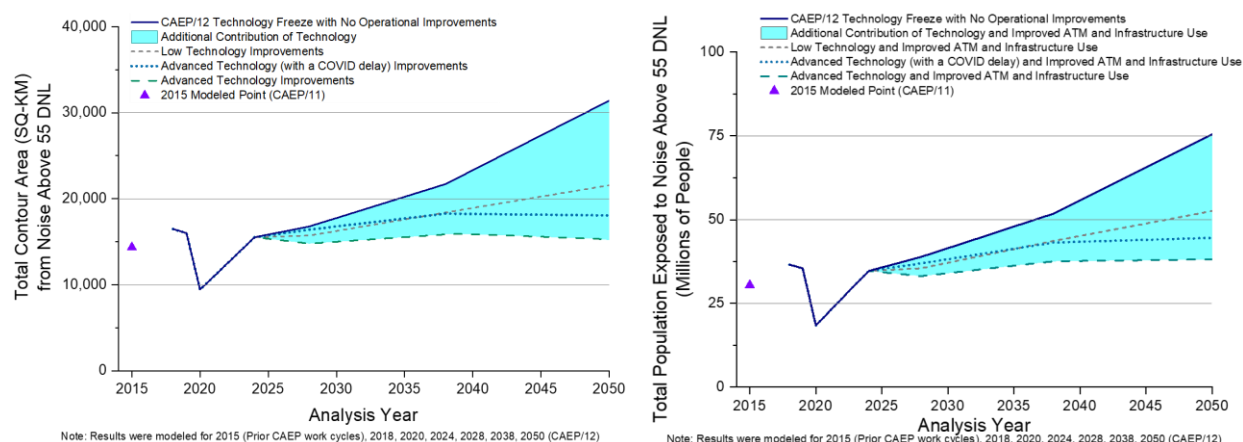


Figure 6 (left). Global Contour Area from Noise above 55 DNL, 2015-2050.
Figure 7 (right). Global Population Exposed to Noise above 55 DNL, 2015-2050.

2.3 Figure 7 provides results for the total global population exposed to aircraft noise above 55 DNL for 2018, 2028, 2038 and 2050 for the four scenarios. The 2018 baseline value is 36.55 million people. In 2020, the population decreases to 18.45 million due to the COVID-19 pandemic and increases to 34.70 by 2024. In 2050, the technology freeze (scenario 1) total population exposed is 75.5 million and decreases to 38.14 million people with the advanced technology and operational improvement scenario, and to 52.59 million people with low technology and operational improvement scenario.

3. TRENDS IN AIRCRAFT ENGINE EMISSIONS THAT AFFECT LOCAL AIR QUALITY

3.1 The LAQ portion of the trends assessment evaluated potential contributions of operational and technology improvements to reducing projected emissions of NO_x and potential contributions of operational improvements to reducing projected emissions of the particulate matter (PM). The results are based on the CAEP/12 2018 to 2050 post COVID traffic and fleet forecast, representing NO_x, non-volatile PM and Total PM emissions below 3 000 feet. NO_x technology improvement scenarios leverage the latest Independent Experts (IE) work.

3.2 NO_x emissions below 3 000 feet from international aviation are shown in Figure 8. In 2050, depending upon the scenario, technology improvements could provide up to 0.21 Mt of reductions in NO_x emissions for international aviation. Operational improvements are smaller than those that could be realized by technology, namely additional reductions of up to 0.03 Mt in 2050 for international aviation.

3.3 Non-volatile PM emissions below 3 000 feet from international aviation are shown in Figure 9. In 2050, operational improvements could provide additional reductions of up to 50 tonnes in nvPM emissions for international aviation.

3.4 Total (volatile and non-volatile) PM emissions below 3 000 feet from international aviation are shown in Figure 10. In 2050, operational improvements could provide additional reductions of up to 150 tonnes in PM emissions for international aviation.

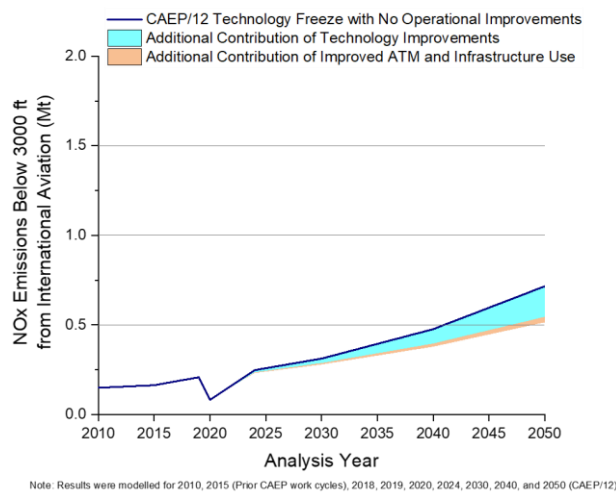


Figure 8. NO_x Emissions below 3 000 ft from International Aviation, 2010 to 2050.

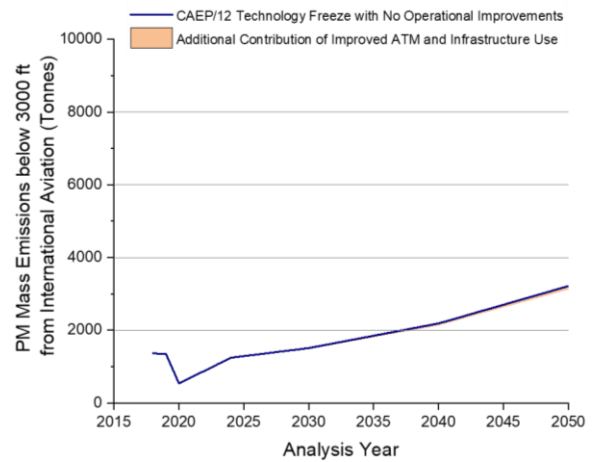
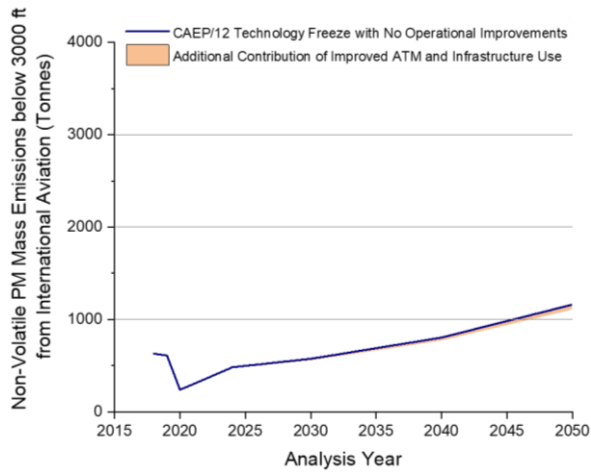


Figure 9 (left). nvPM Emissions below 3 000 ft from International Aviation, 2018 to 2050.
Figure 10 (right). PM Emissions below 3 000 ft from International Aviation, 2018 to 2050.