Plan de acción de México para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero resultado de la aviación civil internacional

SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL

SCT MÉXICO

El cambio climático es el mayor desafío global de nuestros tiempos y en el mediano plazo, una de las mayores amenazas al desarrollo humano, económico y social. Consciente de la importancia de la acción colectiva para afrontar este desafío México ha elaborado el presente Plan de Acción, con el que busca contribuir, conforme a sus capacidades y circunstancias, a los esfuerzos internacionales para reducir la huella de carbono de la aviación civil.

En el desarrollo de este Plan la industria aérea nacional tuvo una participación importante. Las acciones en él contenidas reconocen los esfuerzos realizados a la fecha por los concesionarios, los permisionarios, así como los principales proveedores de servicios de navegación aérea y de combustible, aspirando a mantenerlos y fortalecerlos. El Plan es de naturaleza voluntaria, encaminada a lograr el crecimiento sustentable de la industria nacional.

Al ser el resultado de un proceso novedoso, el Plan de Acción es un instrumento dinámico que estará bajo constante monitoreo interno. Periódicamente se revisarán los avances y las variables en las que se basa, a fin de irlas ajustando al entorno prevaleciente, en coordinación con la industria y las entidades interesadas en el proceso. Para alcanzar sus objetivos, el Plan descansa en proyecciones de crecimiento económico, en la disponibilidad del desarrollo de aeronaves y motores de nueva generación, en la instrumentación de procedimientos de navegación y en el acceso a los combustibles alternativos.

A través de este Plan de Acción, México se ha propuesto reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente las emisiones de bióxido de carbono (CO_2) resultantes del consumo de combustibles, en el mediano plazo a 2020, se espera mejorar la eficiencia del consumo de combustible en **1.8** por ciento en promedio anual, equivalente a 362,000 toneladas de CO_2, sin considerar el impacto del uso de los biocombustibles en la aviación, este factor se incluirá en el modelo en la primera revisión del Plan.

México, D.F. a 29 de junio de 2012.

Contenido

Introducción 4
Objetivo general 6
Marco jurídico 7
Contexto actual nacional 8
Líneas de acción 12
Pronósticos de crecimiento del PIB y el transporte aéreo en México 25
Resultados de las iniciativas propuestas 29
Apéndice A 30
Apéndice B 32

Introducción

México afronta el cambio climático de manera decidida y responsable, convencido de que las acciones que se adopten hoy, evitarán riesgos irreversibles para la sociedad y los ecosistemas en el futuro. A lo largo de los últimos años, México ha desarrollado un marco legal encaminado a abordar este fenómeno de manera amplia y transversal, con miras a impulsar el crecimiento económico bajo en emisiones.

México es parte de diversos instrumentos internacionales que se ocupan del cambio climático, entre ellos la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y de su Protocolo de Kioto; mismos que buscan estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias peligrosas en el sistema climático. Por su parte, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), tiene un papel fundamental en el tratamiento de las emisiones provenientes de la aviación civil internacional y México apoya decididamente sus esfuerzos.

La OACI ha venido desarrollando, desde hace 40 años, diversas opciones para mejorar el desempeño ambiental de la aviación y en la última década ha adoptado metas y objetivos estratégicos concretos. Hoy se reconoce que maximizar la contribución de la aviación civil a los esfuerzos para hacer frente al cambio climático, requiere de mejoras en la tecnología de aeronaves y el equipo basado en tierra, medidas operacionales más eficientes y una mayor aplicación de las mismas, mejoras en la gestión del tránsito aéreo para aumentar la eficiencia, acortar las rutas y reducir la congestión del tráfico aéreo, la consideración de la aplicación de medidas basadas en criterios de mercado, incluyendo incentivos económicos, y la incorporación de aeronaves modernas. Se han registrado avances importantes en estos rubros en la industria aérea nacional, pero aún falta generar las condiciones que aseguren que las distintas opciones se conviertan en una realidad.

De esta manera, la OACI ha alentado a los Estados miembro para promover iniciativas y adoptar medidas que a nivel global promuevan la armonización de las actividades del sector de la aviación civil con el medio ambiente.

Consciente del reto, durante su 36° período de sesiones, la Asamblea General de la OACI creó el Grupo sobre la Aviación Civil Internacional y el Cambio Climático (GIACC, por sus siglas en inglés), el cual tuvo el mandato de analizar todas las opciones disponibles al abordar el tema de la contribución de la aviación al cambio climático.

Resultado de los trabajos de este Grupo, en octubre de 2010, se aprobó la Resolución A37-19, Declaración consolidada de las políticas y prácticas relacionadas a la protección del medio ambiente – cambio climático. Mediante dicho instrumento, se acuerda trabajar en el marco de la Organización para lograr una mejora media anual del 2 por ciento en el rendimiento de combustible a 2020 y se alienta a todos los Estados miembro a preparar de manera voluntaria Planes de Acción describiendo sus respectivas medidas y políticas para contribuir a la meta. El presente Plan de Acción responde a ese llamado. Con él, México se une a la suma de esfuerzos voluntarios, conforme a sus circunstancias y capacidades indicando la forma en que aspira contribuir a los objetivos de la OACI, en materia de eficiencia en el consumo de combustible.

En Ginebra, Suiza, el 22 de marzo del 2012, representantes del sector de la aviación, a nivel global, se comprometieron a apoyar el desarrollo sustentable de la industria, a través de la firma de la declaración de la Cumbre de Aviación y Medio Ambiente, destaca el compromiso de la aviación para alcanzar el crecimiento neutro de carbono.

El Plan es presentado por la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quien coordinó este esfuerzo con la industria aérea nacional, los operadores aéreos y los proveedores de servicios de navegación aérea y de combustible utilizados en la aviación. Quienes llevarán a cabo, de manera coordinada, acciones para reducir las emisiones de GEI, principalmente de CO_2 como resultado del consumo de combustibles fósiles en la aviación civil, y contribuir a la meta aspiracional de la Organización.

Objetivo general

Contribuir hacia 2020 con una mejora promedio anual del 1.8 por ciento en la eficiencia del combustible utilizado por la aviación civil, equivalente a 362,000 toneladas de CO_2 tomando como línea base el año 2010, sin considerar el impacto del uso de los biocombustibles en la aviación y en la medida de lo posible, mejorar este valor para alcanzar la meta aspiracional global de la OACI de mejora en la eficiencia de combustible del 2 por ciento anual de 2021 a 2050.

Marco jurídico

- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, publicada el 5 de febrero de 1917, en el Diario Oficial de la Federación, y su última reforma publicada el 9 de febrero de 2012, [en línea], Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- LEY DE AVIACIÓN CIVIL, publicada el 12 de mayo de 1995, en el Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada el 05 de agosto de 2006, [en linea], Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- LEY DE AEROPUERTOS, publicada el 22 de diciembre de 1995, en el Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada el 21 de enero de 2009, [en linea], Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, publicada el 6 de junio de 2012, en el Diario Oficial de la Federación, [en linea], Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE, publicada el 28 de enero de 1988, en el Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada 04 de junio de 2012, [en linea], Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- REGLAMENTO DE LA LEY DE AVIACIÓN CIVIL, publicado el 7 de diciembre de 1998, en el Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada el 24 de junio de 2004, Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- REGLAMENTO DE LA LEY DE AEROPUERTOS, publicado el 17 de febrero de 2000, en el Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada 09 septiembre de 2003, Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, publicado el 8 de enero de 2009, en el Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA, publicado el 03 de junio de 2004, en el Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.ordenjuridico.gob.mx

- MANUAL DE ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, publicado el 21 de julio de 2011, en el Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos, [citado el 15-06-2012], disponible en internet: http://www.dof.gob.mx

Contexto actual nacional

Modificación de infraestructura aeroportuaria.

Con el propósito de dar respuesta al problema global del cambio climático, en México los operadores aeroportuarios (grupos aeroportuarios y sus administradores), han unido esfuerzos realizando modificaciones en la infraestructura aeroportuaria, aminorando con ello, el congestionamiento del tráfico aéreo (patrón de espera para aterrizar), las operaciones terrestres y los tiempos de espera de posición en plataforma y de rodaje, reduciendo con ello los niveles de emisiones de CO_2 en algunos aeropuertos.

Por mencionar algunas de estas acciones de mitigación, en 2007 inició operaciones una nueva terminal en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) –aeropuerto con mayor tráfico internacional de pasajeros en el país–, permitiendo un mayor flujo terrestre al contar con más posiciones para el abordaje/desembarque de pasajeros en plataforma, lo cual, ha reducido las emisiones de CO_2 y eliminado el tiempo de espera en tierra (rodaje).

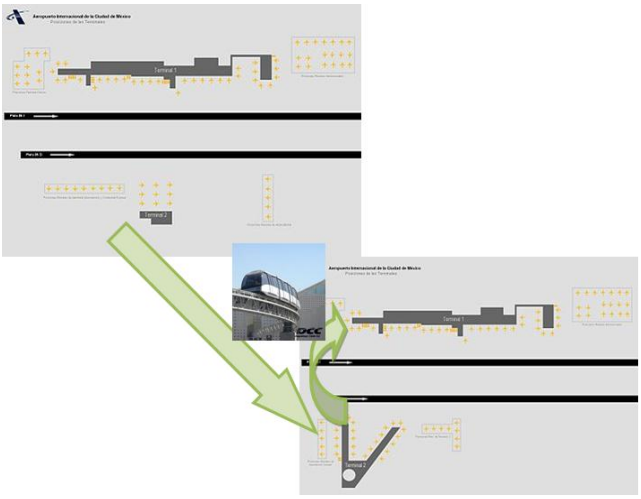


Ilustración 1 Modificación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM)– 2007.

Asimismo, se puso en marcha la operación de un monorriel, el cual conecta ambas terminales dentro del AICM, aminorando emisiones de CO_2 locales vía transporte terrestre.

Ilustración 2. Modificación infraestructura Aeropuerto Internacional de Cancún, 2009

Otro ejemplo, es el Aeropuerto Internacional de Cancún, el cual ocupa en México el segundo lugar en cantidad de operaciones internacionales después del AICM. En 2009 inició operaciones una segunda pista en el Aeropuerto de Cancún, lo que ha permitido descongestionar tanto el tránsito aéreo como los patrones de espera, reduciendo significativamente las emisiones de CO_2 en la aviación nacional e internacional. Al mismo tiempo, se duplicó la capacidad del aeropuerto hasta 80 operaciones por hora, convirtiéndose en el primer aeropuerto con 2 pistas paralelas capaces de atender operaciones simultáneas en México, gracias a la distancia de separación entre ambas.

Modernización de la flota

Algunos operadores aéreos han iniciado operaciones con equipos de reciente generación, los cuales integran tecnología de vanguardia en sus sistemas de navegación, así como la mejora en la eficiencia en el consumo de combustible, disminuyendo las emisiones de CO_2 y contribuyendo de manera positiva en el resultado del presente Plan.

Por su parte, las principales compañías aéreas mexicanas que realizan operaciones internacionales, han modernizado la mayor parte de su flota con aviones de reciente fabricación como Airbus, Boeing y Embraer principalmente, lo cual, ha resultado en una reducción

significativa de la edad promedio de flota de transporte comercial en México comparada con otras regiones.

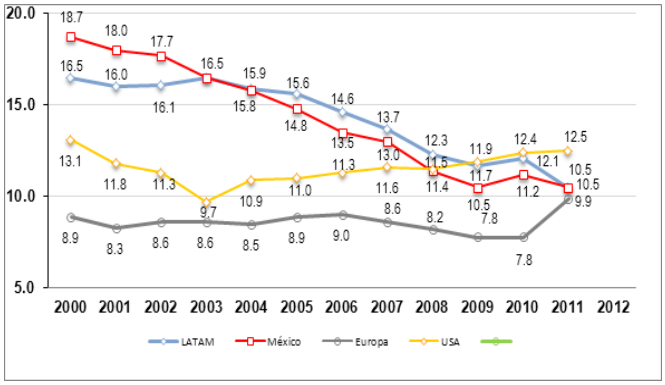


Ilustración 3 Comparación de la edad promedio de la flota de transporte comercial en México

Mejoras en la gestión del tránsito aéreo

A su vez SENEAM, principal prestador de servicios de navegación aérea en el país, ha implementado acciones que optimizan el flujo de tránsito aéreo nacional e internacional en la última década.

En el año 2010, se estableció un Plan Nacional de implantación de la navegación basada en el desempeño (PBN), para el establecimiento de RNAV 10 Y RNP 10 en áreas remotas u oceánicas para la reducción de separación longitudinal y lateral a 50 millas náuticas (MN). Como el proyecto GOMEX (Golfo de México), que establece rutas RNAV 5 continentales para el ahorro de combustible, disminución de puntos de concentración de tránsito aéreo y evasión de áreas restringidas (directas, paralelas).

Combustibles alternativos

Actualmente existen diversas tecnologías que procesan materia de origen biológico para la obtención de combustible alternativo. La industria de la aviación tiene como objetivo que las fuentes utilizadas para la producción de biocombustible de keroseno parafínico sintetizado (Bio-KPS) sean sustentables. Los combustibles de segunda generación son aquellos creados a partir de materias primas no destinadas a la alimentación y cultivadas en terrenos no agrícolas o marginales.

En diciembre del 2010, México logró reunir un inventario de alrededor de 100 mil litros de bioturbosina. Para la producción de este inventario, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), principal proveedor de combustible en aviación, utilizó semilla de *Jatropha curcas* proveniente de productores distribuidos a lo largo de la República Mexicana, principalmente del Estado de Chiapas.

Ilustración 4 Pruebas de control de calidad en la plataforma del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

El 1° de agosto de 2011 se llevó a cabo el primer vuelo transoceánico comercial de pasajeros en el mundo, en un avión de cabina ancha utilizando bioturbosina, partiendo del AICM con destino a Madrid, España, al cual se le suministró 26 mil litros de bioturbosina en una mezcla de 25 por ciento de Bio-KPS de *Jatropha curcas* y 75 por ciento de turbosina.

El vuelo se realizó a un mes de haberse oficializado la norma D7566-11 de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales Internacional (ASTM, por sus siglas en inglés) para combustibles de turbina, la cual permite la utilización de la mezcla de combustibles alternativos en una proporción de hasta 50 por ciento con combustible tradicional.

En la ruta Madrid-Barcelona, el 3 de octubre del 2011, un Airbus 340/600 de la línea aérea Iberia, realizó un vuelo comercial impulsado con bioturbosina proporcionada por ASA. El vuelo formó parte de la iniciativa española

denominada *Vuelo Verde*, proyecto piloto desarrollado por Iberia y Repsol. México por su parte, participó como proveedor del bioenergético, mediante la venta de 10 mil litros de bioturbosina a la compañía petrolera española Repsol.

Las acciones anteriormente descritas son muestra del compromiso social y corresponsable de los participantes de la industria aérea mexicana ante el problema del cambio climático.

Líneas de acción

1. Mejorar los sistemas de la gestión de tránsito aéreo (ATM) utilizados para la guía, la separación, la coordinación y el control de los movimientos de las aeronaves, logrando una mayor eficiencia operacional aún cuando aumente el tránsito aéreo.

Las mejoras en la gestión del tránsito aéreo (ATM por sus siglas en inglés) y sus procedimientos operacionales, así como la actualización de los sistemas de comunicación, navegación y vigilancia (CNS, por sus siglas en inglés) utilizados para la separación, la coordinación y el control de los movimientos de las aeronaves, puede resultar a mediano y largo plazo, en una reducción del 6 al 12 por ciento del consumo de combustible en los próximos 20 años, en forma conjunta con los arreglos institucionales y reglamentarios necesarios[1].

Considerando que algunos de los sistemas actualmente existentes cuentan con limitaciones como: patrones de espera (aeronaves que esperan en vuelo en un circuito fijo esperando la autorización para aterrizar) en comparación con los procedimientos de despegue y aterrizaje basados en desempeño (mejor conocidos como procedimientos RNP por sus siglas en inglés), rutas ineficientes y perfiles de vuelo menos que óptimos. Estas limitaciones resultan en un consumo excesivo de combustible y por consiguiente en mayor cantidad de emisiones de CO_2 al medio ambiente.

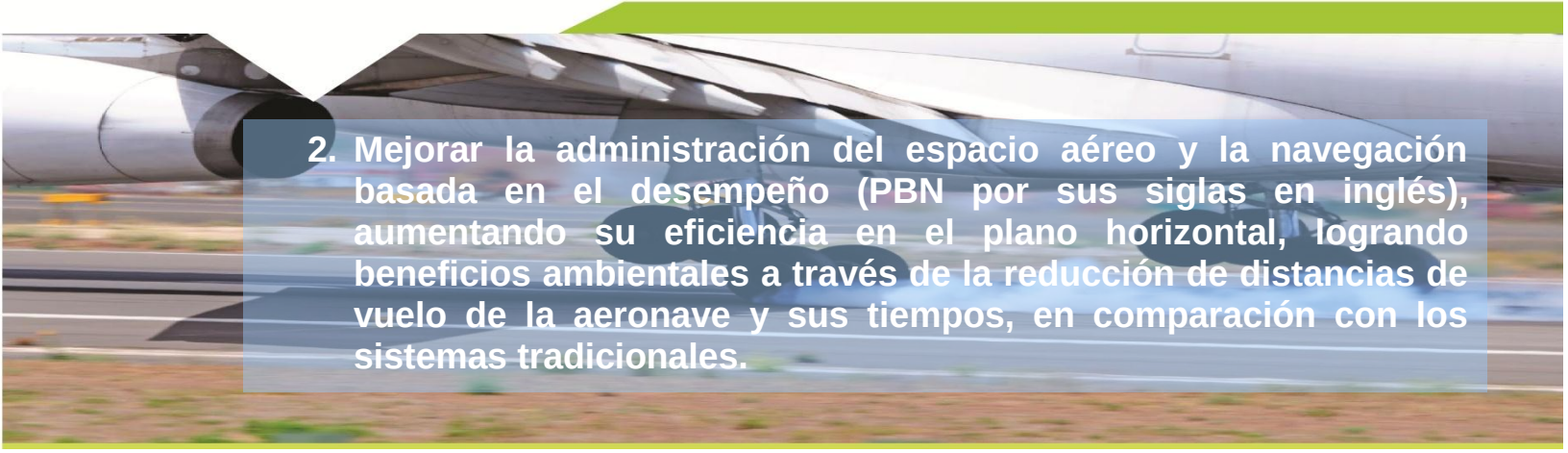
En virtud de lo anterior, la modernización de dichos sistemas dará una mejor eficiencia operacional, aun cuando aumente el tránsito aéreo en los próximos años.

Acciones emprendidas

I. En el año 2002, SENEAM estableció el Centro de Comando de Flujo México (CCFMEX), orientado a la gestión de flujo de tránsito. Este Centro se coordina con el centro de comando de los Estados Unidos de América y el similar de Canadá para gestionar y coordinar iniciativas de dosificación de tráfico aéreo hacia los aeropuertos de México, Cancún y San José del Cabo. Con ello se ha logrado a la fecha una reducción del 90 por ciento del tiempo de espera y vectoreo en las cercanías de dichos aeropuertos.

II. A mediados de 2011, el CCFMEX evolucionó al Sistema de Monitoreo, Administración y Regulación de Tránsito (SMART), mediante el cual además de realizar las labores de vigilancia remota, también vigila la continuidad del servicio en toda la red de aeropuertos y centros de control donde SENEAM tiene presencia.

1 Cir 303/AN 176 Operational Opportunities to Minimize Fuel Use and Reduce Emissions- International Civil Aviation Organization - February 2003



2. Mejorar la administración del espacio aéreo y la navegación basada en el desempeño (PBN por sus siglas en inglés), aumentando su eficiencia en el plano horizontal, logrando beneficios ambientales a través de la reducción de distancias de vuelo de la aeronave y sus tiempos, en comparación con los sistemas tradicionales.

La navegación basada en la desempeño (PBN) permite a las aeronaves volar en una trayectoria previamente seleccionada con las condiciones reales, conocida como trayectorias 4D, luego de la mejora del sistema de navegación aérea en la vertical y el desarrollo tecnológico han permitido mejorar la administración del espacio aéreo y la navegación aérea.

El concepto PBN, es utilizado para aprovechar de mejor manera el espacio aéreo a través de la implementación de trayectorias óptimas de vuelo, que son directamente traducidas en beneficios ambientales, mediante la reducción de distancias de vuelo de la aeronave ahorrando tiempo de vuelo y su respectivo consumo de combustible, en comparación con los sistemas tradicionales que se basan únicamente en ayudas en tierra a la navegación.

Acciones emprendidas

I. A través del Plan Nacional de Implantación de la navegación basada en la desempeño (PBN), se pretende establecer la navegacion de área (RNAV-10) y navegación de presición (RNP-10) en áreas remotas u oceánicas para la reducción de separación longitudinal y lateral a 50 MN

II. Como parte del Plan PBN, durante el año 2011, en el aeropuerto de Toluca, fueron publicados los procedimientos PBN RNP 1.

Retos Futuros

Corto plazo

Operaciones en Ruta

- ✓ Establecimiento de RNAV 10 Y RNP 10 en áreas remotas u oceánicas para la reducción de separación longitudinal y lateral a 50 MN (Golfo de México).

- ✓ Establecimiento de rutas RNAV 5 continentales para el ahorro de combustible, disminución de puntos de concentración de tránsito y evasión de áreas restringidas (directas, paralelas).

Mediano plazo (2014)

Operaciones en Ruta

- ✓ Establecimiento de rutas RNAV 5 y RNAV 2 y 1 en áreas de control con servicio radar.

- ✓ Establecimiento de rutas RNP 4 en áreas remotas u oceánicas para la reducción de separación longitudinal y lateral a 30 MN

Procedimientos de aproximación.

- ✓ Establecimiento de procedimientos de aproximación por instrumentos hasta el punto de referencia final en Áreas de Control Terminal (TMA) sin cobertura RADAR con RNP 1 básico, en la mayor cantidad posible de aeropuertos internacionales y en donde existan beneficios operacionales.

- ✓ Establecimiento de procedimientos de aproximación por instrumentos en TMA sin cobertura RADAR con RNP/APCH 0.3 en la mayor cantidad posible de aeropuertos internacionales y en donde existan beneficios operacionales.

Operaciones en Áreas Terminales (TMA)

- ✓ Establecimiento de RNAV1 ó RNAV2 en TMA seleccionadas, en entornos radar, con infraestructura de navegación adecuada en tierra, que permita el empleo de operaciones DME/DME y DME/DME/INS.
- ✓ Establecimiento de rutas de llegada y salida, RNP 1 básico en TMA sin cobertura Radar.
- ✓ Se establecerán operaciones RNAV y RNP en áreas terminales de aeropuertos internacionales y en donde existan beneficios operacionales

Largo plazo (2014- 2016)

Operaciones en Ruta

- ✓ RNAV 5, 2, 1 en áreas de control con servicio radar
- ✓ Procedimientos de aproximación
- ✓ RNP AR APCH 0.1 solicitando autorización especial requerida.

Operaciones en Áreas Terminales (TMA)

RNP 1 – en la mayor cantidad posible de aeropuertos internacionales y en donde existan beneficios operacionales

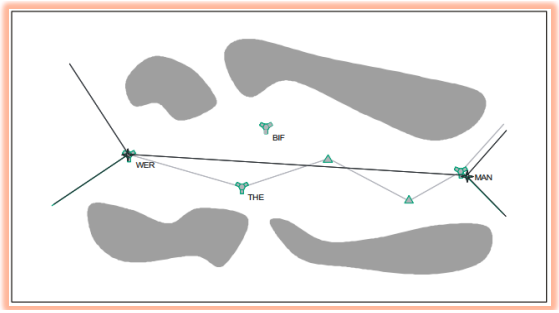


Ilustración 5 Trayectoria 4D, Navegación Basada en la Desempeño (PBN)

3. Establecer perfiles óptimos de ascenso y de descenso continuo, a través del principio básico de disminuir la resistencia al avance, el cual evita restricciones de velocidad tanto al despegue como al aterrizaje, minimizando con ello el empuje de los motores durante el descenso y por consiguiente el consumo de combustible

El establecimiento de perfiles óptimos de ascenso y de descenso continuo (CDA por sus siglas en inglés), evita la contaminación por ruido en vuelo en las cercanías de los aeropuertos y la emisión de gases efecto invernadero, y se basa en el principio básico de disminuir la resistencia al avance, así como evitar restricciones de velocidad tanto al despegue como al aterrizaje.

Por ejemplo, durante la aproximación para el aterrizaje, un perfil continúo de descenso involucra el retraso de la extensión de aletas/slats y el tren de aterrizaje lo más posible hasta una altura de seguridad, aproximadamente a 3,000 ft sobre el terreno, el cual minimiza el empuje de los motores durante el descenso y por consiguiente el consumo de combustible, aproximadamente de 200 kg a 400 Kg de combustible por cada vuelo dependiendo del tipo de aeronave y número de motores.

Acciones emprendidas

I. En el año 2007, SENEAM estableció una filosofía de tránsito en el Área Terminal de México, mediante la cual, se reestructuró las trayectorias de llegada y salida del AICM, reduciendo el tiempo de vuelo y evitando restricciones tanto en ascenso como en descensos, a través de la utilización de perfiles óptimos de ascenso y de descenso continuo, evitando así la contaminación por ruido en vuelo y emisión de contaminantes.

II. En 2009, con la entrada en operación de la segunda pista en Cancún, también se reorganizó el Área Terminal con la misma base de control del AICM, logrando los mismos objetivos en las llegadas y salidas sin restricción.

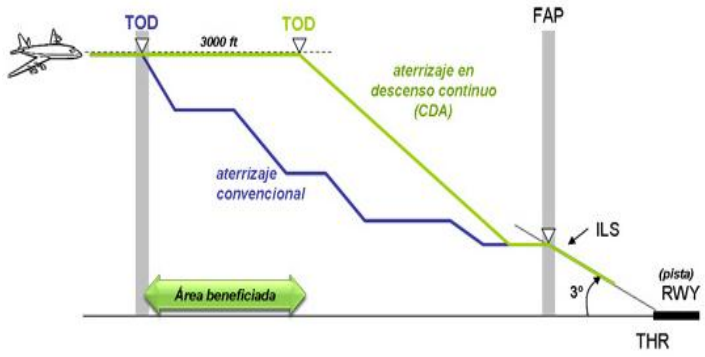


Ilustración 6 Ejemplo de perfil óptimo de descenso (CDA)

4. Optimizar el consumo de combustible a través de la renovación de flota de edad avanzada por aviones y motores de nueva tecnología, lo cual proporciona menores consumos de combustible con una navegación más precisa, confiable y eficiente en comparación con la navegación convencional.

Los avances tecnológicos impulsados por la industria en la fabricación de aviones y motores más eficientes, han logrado optimizar el consumo de combustible de hasta un 49 por ciento respecto a los aviones del siglo pasado, y un 80 por ciento menor de sus emisiones, además de permitir el uso de nuevas tecnologías de navegación más precisas, confiables y eficientes para la navegación aérea.

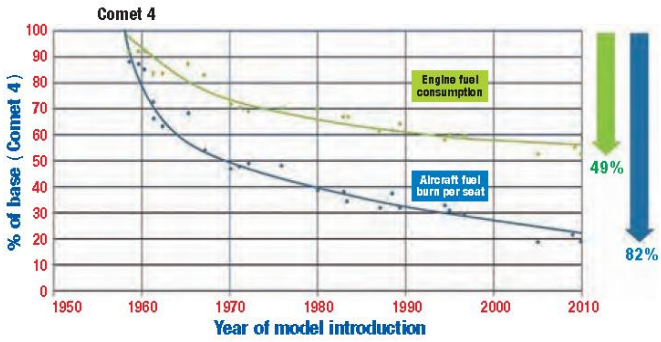


Ilustración 7 Curva de eficiencia de consumo de combustible de aviones comerciales – ICAO Environmental Report 2010

Acciones emprendidas

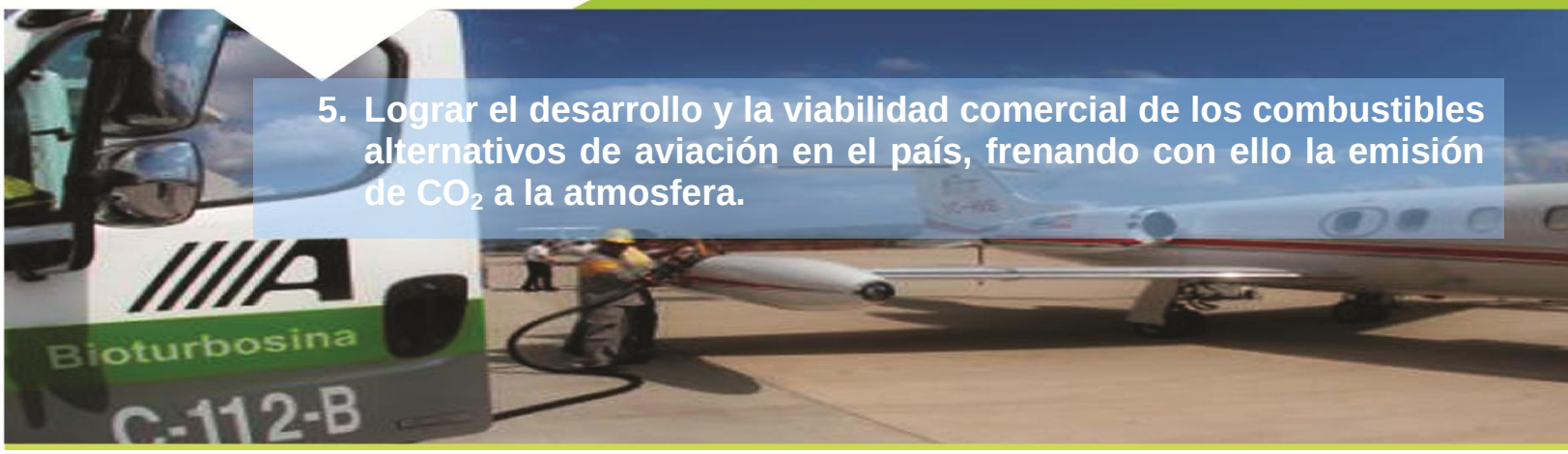
I. Durante la primera década del 2000, las principales compañías aéreas de transporte público de pasajeros de renombre internacional, como Mexicana de Aviación y Aeroméxico, emprendieron grandes programas de renovación de flota, con lo cual lograron reducir hasta más de la mitad de la edad de su equipo, así como la instalación de Winglets en la flota actual, logrando con ello grandes beneficios debido a las características de desempeño y disminución del consumo de combustible durante cada operación y por ende, la reducción de emisiones de CO_2 al medio ambiente.

II. En el año 2005, nuevos operadores aéreos nacionales iniciaron sus operaciones con equipo de vuelo de reciente fabricación.

III. Por último, Aeromexico planea renovar 5 aviones de la flota Boeing 767, actualmente utilizada en vuelos internacionales, por el nuevo avión 787 Dreamliner del mismo fabricante, e incluso adquirir 2 aviones más. Este nuevo avión tecnológicamente avanzado, consumirá 20 por ciento menos combustible que los aviones actuales de tamaño similar, de acuerdo a la ficha técnica del fabricante Boeing.

Retos a Futuro

La vida útil de las aeronaves es en promedio de 25 a 35 años, siendo necesario promover la renovación de flota antes de que llegue a esta edad, por nuevos aviones que maximizan su eficiencia en el consumo de combustible en comparación con los diseños anteriores, al utilizar diseños aerodinámicos con menor resistencia al avance y nuevos motores de menor consumo de combustible, entre otras ventajas tecnológicas.



5. Lograr el desarrollo y la viabilidad comercial de los combustibles alternativos de aviación en el país, frenando con ello la emisión de CO_2 a la atmosfera.

Antecedentes

Como resultado de un proceso de análisis y discusión iniciado en el año 2008, la industria de la aviación, a través de sus organismos internacionales, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA por sus siglas en inglés), definieron diversos mecanismos como medidas de mitigación del cambio climático, entre las que se encuentran: mejoras tecnológicas, mejoras operacionales, medidas basadas en el mercado y los combustibles alternativos.

Recientemente, en Ginebra, Suiza, el 22 de marzo del 2012, representantes del sector de la aviación, a nivel global, se comprometieron a apoyar el desarrollo sustentable de la industria, a través de la firma de la declaración de la Cumbre de Aviación y Medio Ambiente. Destaca el compromiso de la aviación para alcanzar el crecimiento neutro de carbono a partir del 2020 y lograr la meta de reducción en 50 por ciento de las emisiones netas de carbono para el año 2050, tomando como año base el 2005.

Asimismo, dentro de la misma declaración, la industria de la aviación invita a los gobiernos del mundo, a unirse en este esfuerzo para alcanzar los objetivos comunes de prosperidad económica y desarrollo sustentable de manera conjunta. Entre las acciones propuestas para lograrlo, se encuentra el impulso al uso de energía alternativa renovable, bajo la aplicación de políticas apropiadas e incentivos, que promuevan el oportuno, sustentable y comercialmente viable desarrollo de los combustibles alternativos de aviación.

Acciones emprendidas

En México, desde el 2009, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), a través de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), impulsa el desarrollo de los combustibles alternativos y coordina los esfuerzos para crear esta industria a nivel nacional con otras instancias del gobierno federal y estatal, así como con la iniciativa privada y las instituciones académicas y de investigación.

Como un primer esfuerzo para cumplir con esta iniciativa, se llevó a cabo el proyecto “Plan de Vuelo hacia los Biocombustibles Sustentables de Aviación en México”, por medio del cual se concentraron los esfuerzos de organizaciones civiles, instituciones gubernamentales, empresariales y de investigación, dirigidos a la producción de biocombustibles, revisando aspectos legales, disponibilidad de insumos, cadenas de producción, infraestructura de refinación, formas de suministro y viabilidad económica.

El objetivo primordial del Plan de Vuelo (PdV) fue integrar los talentos y actividades de los sectores participantes, integrando en un propósito común a todos los eslabones de la cadena de valor de los combustibles alternativos de aviación en México.

La estructura del PdV incluyó las siguientes conferencias y talleres que se impartieron a lo largo de ocho meses de trabajo:

Taller/Actividad

1 Reunión de arranque
2 Problemática y sustentabilidad
3 Materia prima y extracción
4 Infraestructura y refinación
5 Financiamiento, legislación, logística y distribución
6 Viabilidad de los biocombustibles
7 Sesión de conclusiones

Sesión extraordinaria

Algas y biocombustibles

Ilustración 8 Plan de Vuelo hacia los Biocombustibles Sustentables de Aviación en México

Con este esfuerzo, México logró integrar la cadena de valor, desde la materia prima hasta los consumidores finales, identificando los cuellos de botella importantes, como la insuficiente producción de materia prima, la falta de infraestructura de refinación y la ausencia de legislación.

La identificación de esta problemática representa una gran oportunidad para México. El impacto de este proyecto se podrá medir en relación al crecimiento de los distintos sectores vinculados a este proceso, incluyendo la construcción de varias biorefinerías, lo cual representará una gran derrama económica para el país.

Las acciones más importantes a atender son la obtención y canalización de recursos de inversión, tanto públicos como privados, para solventar los cuellos de botella identificados.

Adicionalmente, se van a requerir esquemas de incentivos y mecanismos financieros para impulsar y fortalecer a esta naciente industria, hasta que los niveles de producción de insumos y la infraestructura requerida sean suficientes para que los precios de los combustibles alternativos sean competitivos.

Cabe destacar que a nivel internacional, el proyecto de PdV ha sido identificado como uno de las mejores prácticas en su tipo, por ser el ejemplo a seguir para definir el proceso de desarrollo, y trazar la ruta crítica para la producción y aprovechamiento de los combustibles alternativos de aviación.

De acuerdo con Air Transportation Action Group[2] (ATAG), los combustibles alternativos de aviación pueden producir importantes beneficios ambientales, ya que se estima una reducción de hasta el 80 por ciento en las emisiones de GEI, a lo largo de su ciclo de vida. Aunque al quemarlos, las emisiones de los biocombustibles son similares a las de los combustibles fósiles, el cultivo de especies que forman parte de la cadena de suministro, contribuye a la absorción del CO_2 durante la etapa de crecimiento de las plantas, generando un ciclo de "cuna a cuna".

Proceso de producción de Bio-Keroseno parafínico sintetizado y bioturbosina

Actualmente existen diversas tecnologías que procesan materia de origen biológico para la obtención de combustible alternativo. Entre las fuentes disponibles para este propósito se encuentran los desechos de origen orgánico, la grasa de origen animal y el aceite vegetal. A través del proceso catalítico de desoxigenación, isomerización y craqueo selectivo de los hidrocarbonos presentes en los aceites y grasas vegetales y animales, se obtiene el Bio-Keroseno Parafínico Sintetizado (Bio-KPS). El Bio-KPS es un combustible bajo en azufre que reúne los requisitos de la especificación de calidad del combustible fósil (Jet A-1).

[2] Beginner's Guide to Aviation Biofuels. ATAG. Edición 2, septiembre, 2011.

El Bio-KPS es utilizado como un componente en la composición de la bioturbosina, la cual se define como la mezcla de éste y el combustible fósil en una proporción de hasta el 50 por ciento, según lo indicado en la especificación de calidad correspondiente, emitida por la Asociación Americana de Pruebas de Materiales (ASTM Internacional D7566-11).

La industria de la aviación tiene como objetivo que las fuentes utilizadas para la producción de Bio-KPS sean sustentables y de segunda generación. Los combustibles de segunda generación son aquellos creados a partir de materias primas no destinadas a la alimentación y cultivadas en terrenos no agrícolas o marginales.

En diciembre del 2010, México logró reunir un inventario de alrededor de 100 mil litros de biotrubosina. Para la producción de este inventario, ASA utilizó semilla de *Jatropha curcas* proveniente de productores distribuidos a lo largo de la República Mexicana, principalmente del Estado de Chiapas.

El aceite fue trasladado para su refinación a los Estados Unidos de América, donde United Oil Products (UOP LLC) llevó a cabo la dirección, coordinación y supervisión del proceso para la obtención del Bio-KPS. El proceso de refinación utilizado es denominado "Renewable Jet Process", mismo que comercializa UOP LLC, compañía de Honeywell, siendo uno de los pocos que han sido probados a nivel mundial[3].

El Bio-KPS producido se almacenó en la Estación de Combustibles del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), en donde se realizó la mezcla del Bio-KPS con turbosina tradicional bajo la supervisión de personal del laboratorio de control de calidad de ASA.

Ilustración 9 Tanque de almacenamiento de bioturbosina

Metas

A nivel mundial, la meta aspiracional de la industria es cubrir el 1 por ciento de la demanda en el corto plazo (2015) y es por esto que México empezó a cubrir esta demanda en el 2011. Esta demanda representa, aproximadamente 40 millones de litros. Para el 2020, el ideal es cubrir el 15 por ciento de la demanda, es decir, más de 700 millones de litros de combustibles alternativos de aviación. En el 2040, la meta es del 50 por ciento de la demanda.

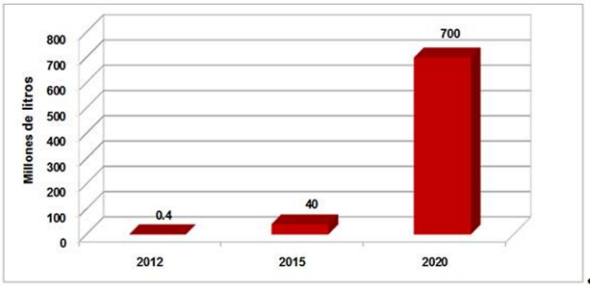


Ilustración 10 Metas de producción de combustibles alternativos de aviación

[3] Existen otras compañías que poseen un proceso similar, como es el caso de Neste Oil en Finlandia y Dynamic Fuels en Estados Unidos.

Primer vuelo con bioturbosina en México

El 1° de abril del 2011, como resultado del aprendizaje derivado del PdV, México dio un paso decisivo hacia el uso de combustibles alternativos, al realizar el primer vuelo de demostración con un avión comercial. Un Airbus A320-214 de la línea aérea Interjet, despegó del AICM con destino al Aeropuerto Internacional "Ángel Albino Corzo" de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez en Chiapas. Este vuelo fue el séptimo a nivel mundial en su categoría y el segundo en Latinoamérica.

ASA suministró 4,500 litros de bioturbosina, que se utilizaron, por instrucciones del fabricante, solamente en uno de los motores. La materia prima, semilla de *Jatropha curcas*, se obtuvo mediante donaciones de productores mexicanos de los Estados de Chiapas, Yucatán, Michoacán y Puebla.

La composición del bioenergético utilizado fue 27 por ciento de Bio-KPS y 73 por ciento de combustible de origen fósil. El combustible fue aprobado y certificado por los fabricantes del avión y motores, Airbus y CFM International, respectivamente.

Primer vuelo comercial en el continente americano

El 21 de julio de ese mismo año, se realizaron los primeros vuelos comerciales por la línea aérea Interjet. Con la ruta Ciudad de México-Tuxtla Gutiérrez -Ciudad de México, la aerolínea consumió alrededor de 7,500 litros de bioturbosina siendo la primera en realizar una operación comercial de itinerario en el continente americano. La proporción de la mezcla utilizada fue igual a la del vuelo de demostración.

Primer vuelo transoceánico

ASA, en coordinación con Aeroméxico y Boeing, realizaron el primer vuelo transoceánico comercial de pasajeros en el mundo, en un avión de cabina ancha utilizando bioturbosina. El vuelo de itinerario se llevó a cabo el 1° de agosto, partiendo del AICM con destino a Madrid, España, suministrando 26 mil litros de bioturbosina en una mezcla de 25 por ciento de Bio-KPS de *Jatropha curcas* y 75 por ciento de turbosina.

Ilustración 11 Pruebas de control de calidad en la plataforma del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

El vuelo se realizó a un mes de haberse oficializado la norma D7566-11 de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales Internacional (ASTM) para combustibles de turbina, la cual permite la utilización de la mezcla de combustibles alternativos en una proporción de hasta 50% con combustible tradicional.

Vuelo Verde Iberia

Siguiendo la ruta Madrid-Barcelona, el 3 de octubre del 2011, un Airbus 340/600 de la línea aérea Iberia, realizó un vuelo comercial impulsado con bioturbosina proporcionada por ASA. El vuelo formó parte de la iniciativa española denominada *Vuelo Verde*, proyecto piloto desarrollado por Iberia y Repsol. México por su parte, participó como proveedor del bioenergético, mediante la venta de 10 mil litros de bioturbosina a la compañía petrolera española Repsol.

El biocombustible utilizado en este evento, estuvo integrado por una mezcla de 75% turbosina mexicana y 25% Bio-KPS, proveniente del aceite extraído de la semilla de la planta conocida como Camelina y producido por Honeywell-UOP.

Programa de Vuelos Verdes de Aeroméxico

A finales del 2011, Aeroméxico dio inicio al programa de *Vuelos Verdes*, donde ASA participa como proveedor del biocombustible utilizado. A la fecha, se han llevado a cabo 29 vuelos y suministrado un volumen total de 35,825 litros para la ejecución del programa. El vuelo de itinerario cubre la ruta México–San José de Costa Rica, con el 25 por ciento de combustible alternativo.

Ruta hacia un Futuro Sustentable, Río+20

ASA, en colaboración con Boeing y Aeroméxico, participaron en la iniciativa mundial impulsada por la OACI, denominada *En ruta hacia un futuro sustentable*. Esta iniciativa incluyó una serie de vuelos utilizando combustibles alternativos sustentables, cuyo objetivo fue trasladar al portador del mensaje de esta iniciativa, el señor Raymond Benjamin, Secretario General de la OACI, desde Montreal a Río de Janeiro para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Río+20. La línea aérea mexicana y ASA, llevaron a cabo el tercer tramo de esta iniciativa con la ruta Ciudad de México–Sao Paulo, el 18 de junio del 2012.

La aeronave utilizada para el vuelo fue un Boeing 777-200 de Aeroméxico, al cual ASA abasteció con 27 mil litros de bioturbosina, compuesta por una mezcla de 50% Bio-KPS y 50% combustible fósil.

La OACI estimó un ahorro de 21.85 toneladas de CO_2 en la realización de este vuelo, lo que representó el 12.5% del total de las emisiones emitidas en un ruta regular.

México participó en el panel "Sustainable Aviation for Generations to Come" como parte de los eventos realizados por la OACI en Río+20.

Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos

El 4 de noviembre del 2010, en el marco de la Sesión Ordinaria 03/10 de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos, Aeropuertos y Servicios Auxiliares presentó el proyecto para el impulso de la producción y utilización de los combustibles alternativos en la industria de la aviación mexicana. Esta iniciativa evalúa la introducción de los bioenergéticos en el sector aeroportuario a través del análisis de la cadena de valor. Durante esta sesión, ASA enfatizó que es necesario contar con el aval de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos.

Grupo de Consumidores de Combustible de Aviación Sustentable (Sustainable Aviation Fuel Users Group, SAFUG)

El grupo SAFUG se conformó en septiembre del 2008 con el apoyo y guía de organizaciones internacionales líderes en materia ambiental, como el Consejo para la Defensa de los Recursos Naturales (Natural Resources Defense Council) y la Mesa Redonda para los Biocombustibles Sustentables (Roundtable for Sustainable Biofuels, RSB). El objetivo del grupo es acelerar el desarrollo y comercialización de los biocombustibles sustentables de aviación.

México, a través de ASA es miembro de este grupo desde el año 2011 y dado que el proyecto PdV fue considerado una de las mejores prácticas a nivel mundial, el país fue anfitrión de la reunión anual del Grupo el 30 de marzo del 2011. Otros miembros de este grupo son: Aeroméxico, The Boeing Company, Airbus, Japan Airlines, United Oil Products (UOP), KLM, Lufthansa y Embraer, entre otras aerolíneas y compañías de la industria de la aviación

Todos los miembros se han comprometido con la sustentabilidad del proyecto y están convencidos de que el camino hacia el crecimiento carbono neutral de la industria se logrará avanzando y adoptando combustibles alternativos de aviación sustentables, los cuales deberán cumplir con lo siguiente:

- Mínimo impacto en la biodiversidad.
- Reunir los requisitos de un estándar de sustentabilidad con respecto al uso de la tierra, el agua y la energía.
- No desplazar o competir con cultivos alimenticios.
- Promover el crecimiento socio-económico de los países.
- No requerir ningún manejo especial, sistemas especiales de distribución, o cambios en la estructura del motor del avión.

Acciones realizadas en el 2012

Durante el presente año, ASA compró 22,113 litros de Bio-KPS de aceite vegetal recuperado de cocina, a la empresa Sky Energy, el cual fue mezclado en la Estación de Combustibles México al 50% con combustible fósil.

Asimismo, se generaron 8,600 litros de Bio-KPS, provenientes de una mezcla de 40% aceite de *Jatropha curcas* y 60% aceite recuperado de cocina, ambos de origen nacional.

Laboratorio de control de calidad

La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) amplió la acreditación del laboratorio de control de calidad de ASA, reconociendo su capacidad para realizar pruebas de calidad de turbosina, gasavión, Bio-KPS y bioturbosina.

Dado el éxito obtenido tras los vuelos impulsados con bioturbosina, ASA adquirió equipos nuevos para realizar pruebas de control de calidad a la bioturbosina y al Bio-KPS, de acuerdo a lo indicado en el estándar de calidad ASTM D 7566.

Retos a Futuro

Es incuestionable el hecho de que los combustibles alternativos de sustitución directa representan una solución técnicamente viable, la cual no implica modificar los motores de las aeronaves. No obstante, la utilización generalizada de estos combustibles en la aviación plantea los siguientes desafíos:

- Lograr el abasto de insumos para cubrir la demanda de Bio-KPS y así lograr un precio competitivo en relación con el combustible fósil.
- Contar con marcos normativos y legislativos.
- Aprovechar las condiciones geográficas y climatológicas de México para conservar la autonomía en la producción y comercialización de los combustibles de aviación México.
- Conservar el liderazgo de México en la promoción y producción de combustibles alternativos de aviación.
- Promover la participación de la academia para asegurar la sustentabilidad en la producción de los combustibles alternativos de aviación.
- Fomentar el interés de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y local), el sector privado y la comunidad en general por participar en esta iniciativa
- Coordinar las acciones de los diferentes actores a la integración de los esfuerzos hacia un mismo objetivo.

Este proyecto busca impulsar una nueva industria en el país que traerá impactos socioeconómicos a lo largo de todos los sectores productivos, al promover el desarrollo sustentable, empleo digno y riqueza en México, aprovechando sus ventajas competitivas en cuanto a situación geografía y condiciones de clima.

Infraestructura de Biorefinación

Actualmente, el Gobierno Federal, a través de la SCT y ASA, consciente de la oportunidad que representa para México el establecimiento de la industria de los combustibles alternativos de aviación y, en apoyo a los compromisos mundiales para disminuir los GEI, ha considerado la construcción de una biorefinería en el país, bajo la modalidad de licitación pública.

El gobierno mexicano, busca que el proyecto de la biorefinería contribuya al desarrollo de la economía nacional, apegándose en todo momento a los principios de sustentabilidad ambiental y social. Asimismo, la tecnología deberá apegarse al estándard de calidad de la ASTM.

Direcciones de Internet de consulta adicional

Minisitio Biocombustibles
http://bioturbosina.asa.gob.mx
Facebook
http://es-es.facebook.com/pages/BIOturbosina/193220267372712
Twitter
@Bioturbosina
L*inkedIn*
http://mx.linkedin.com/in/plandevuelo

Pronósticos de crecimiento del PIB y el transporte aéreo en México

El transporte aéreo ha sido el sector con mayor crecimiento de la economía mexicana, impulsado por el tráfico de pasajeros aéreos internacionales, de los cuales México ha sido el punto de origen o bien de destino final.

El desarrollo del sector aéreo mexicano a nivel internacional, esta relacionado con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) representado en la siguiente ilustración.

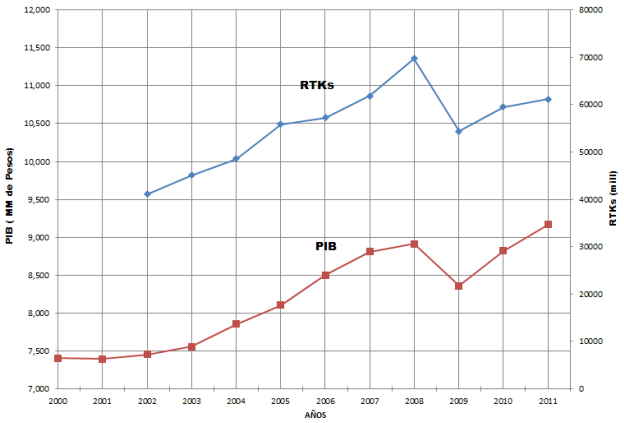


Ilustración 12 Relación de crecimiento del PIB y el transporte aéreo internacional en México, 2000 – 2011. Fuente: SHCP

En la ilustración anterior se observa la contracción del PIB durante 2009, año en el que la epidemia de influenza AH1N1 afectó la economía del país, sumándose a la crisis económica que ocurrió de manera simultánea en varios países alrededor del mundo

Asimismo, en el periodo de crecimiento de 2010 a 2011 se observa un decremento en los pasajeros y carga transportada por kilómetro de vuelo (RTK, por sus siglas en inglés) debido al cierre de operaciones de la empresa Mexicana de Aviación S.A. de C.V., uno de los principales operadores aéreos internacionales en México, representando una disminución de RTKs de -8 por ciento respecto al año anterior.

Entre 2002 y 2011, la economía de México tuvo un crecimiento del PIB promedio anual de 2.3 por ciento, permitiendo que la industria aérea nacional creciera promedio anual del 4.9 por ciento de RTKs, considerando la crisis económica de 2009.

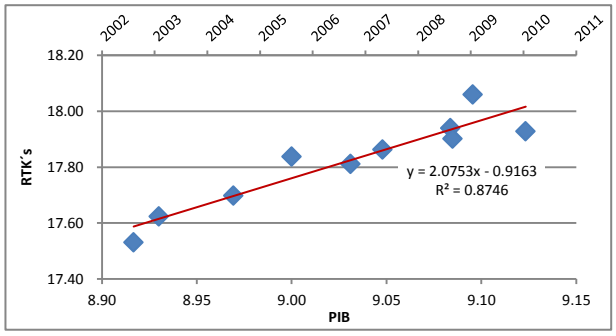


Ilustración 13 – Elasticidad de RTKs en función del PIB 2002 – 2011.

Tomando en cuenta lo anterior y utilizando el concepto de elasticidad en su expresión matemática, con el propósito de analizar el crecimiento de RTKs a partir del crecimiento del PIB y RTKs históricos, se observa que los RTKs crecen al doble del PIB.

Con la elasticidad para cuantificar la variación de los RTKs en función del histórico del PIB, se pronostica el crecimiento real de RTKs a 2020 a partir de la línea base de 2010.

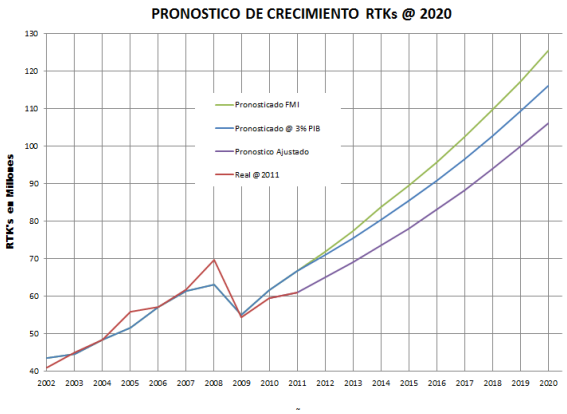


Ilustración 14 Pronóstico de crecimiento de la aviación civil internacional en México 2002-2020.

Crecimiento esperado de la flota internacional

Tomando como base la estadística del año 2010 y la información proporcionada por los principales operadores aéreos nacionales, la flota aérea internacional en México se encuentra compuesta de la siguiente manera.

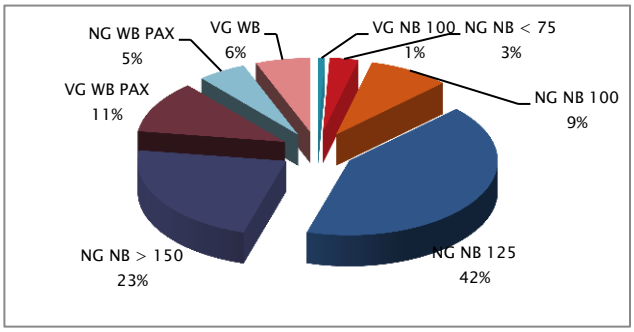


Ilustración 15 flota aérea internacional en México, 2010. VG: Aviones de generación anterior al año 2000, NG: Aviones de fabricación posterior al año 2000, FG: Aviones de futura generación.

De dicha composición se observa que un gran número de aeronaves de cabina angosta de pasajeros (NB, por sus siglas en inglés), que son de reciente generación incluyen una mayor eficiencia de consumo de combustible.

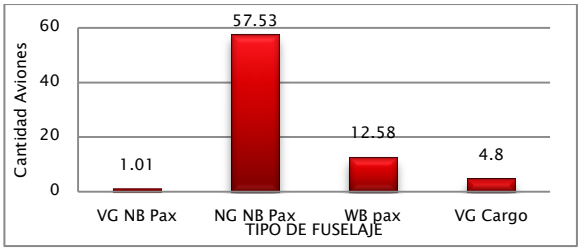


Ilustración 16 VG: Aviones de generación anterior al año 2010, NG: Aviones de fabricación posterior al año 2000, WB: Aviones de fuselaje ancho o doble pasillo.

Para cubrir la demanda de pasajeros y carga internacional proyectada, de acuerdo al crecimiento económico del país en función del PIB, se considera la incorporación de aeronaves a la flota aérea nacional, compuesta principalmente por aeronaves de cabina angosta y de un menor número de aviones de cabina ancha (WB). Ver también Tabla 2, en Apéndice A.

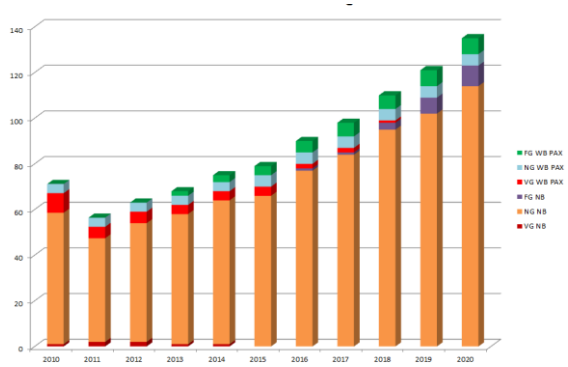


Ilustración 17 Crecimiento de flota de pasajeros (vuelos internacionales), a 2020. VG: Aviones de generación anterior al año 2000, NG: Aviones de fabricación posterior al año 2000, FG: Aviones de futura generación.

Aeroméxico, uno de los principales operadores aéreos a nivel nacional e internacional para México, anunció la incorporación del primer avión Boeing 787-8 para el 15 de julio del 2013 a su flota, de un pedido de 7 aeronaves del mismo tipo en total, en sustitución de sus aeronaves 767 actualmente operadas.

En lo que respecta a la flota de carga, se espera un crecimiento menos agresivo que el de pasajeros, con la sustitución de equipos anteriores al año 2000, a fin de reducir costos de operación por consumo de combustible.

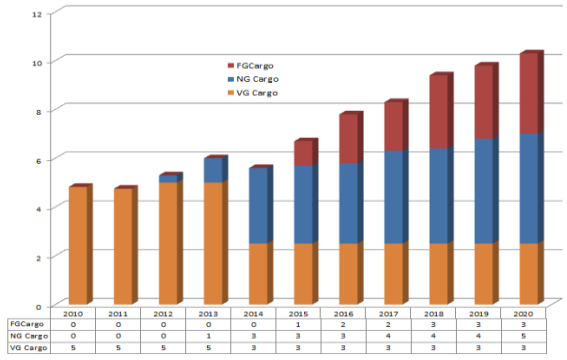
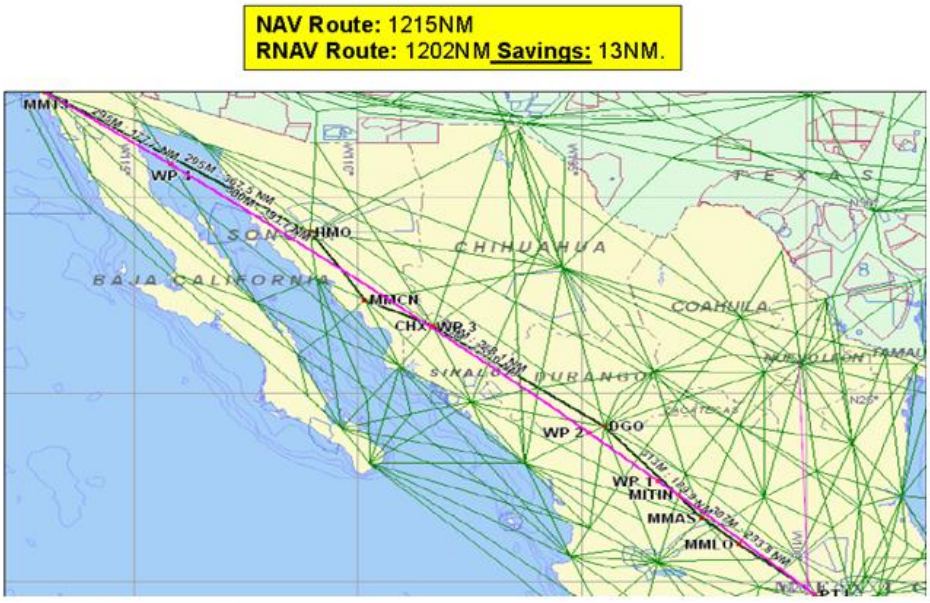


Ilustración 18 Crecimiento de flota de carga (vuelos internacionales), a 2020. VG: Aviones de generación anterior al año 2000, NG: Aviones de fabricación posterior al año 2000, FG: Aviones de futura generación.

Implantación de Sistemas de Navegación PBN

La implantación de los sistemas de navegación PBN permitirá el empleo de todos los sistemas de navegación de área (RNAV) sin importar el medio utilizado, reduciendo el tiempo de vuelo a partir de trayectorias óptimas de vuelo con el consiguiente ahorro de combustible.

Durante las pruebas en la utilización del sistema de navegación aérea PBN en ruta, del Aeropuerto de Tijuana al Aeropuerto de Toluca, la distancia se redujo 13 millas náuticas (20.9 km), equivalente a 8 minutos en cada uno de los vuelos efectuados, con lo cual, se redujo la cantidad de 570 kg de combustible fósil utilizado, equivalente a 1,799.5 kg de CO_2.[4]



ROUTE	NAV	DISTANCE		TIME	FUEL
		GROUND	AIR		
TLC-TIJ	CONV	1,330	1,435	03:17	9,010
	PBN - RNAV	1,261	1,378	03:09	8,440
MTY-TLC	CONV	467	455	01:08	3,040
	PBN - RNAV	433	425	01:04	3,010

Monthly Savings	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Kg	47,857	45,437	52,987	51,230	55,831	54,030	143,127	143,127	117,360	121,272	117,360	143,127
Min	1,196	1,136	1,325	1,281	1,396	1,351	3,578	3,578	2,943	3,032	2,934	3,578

Ilustración 19 Ejemplo de implementación de PBN.

[4] *Environmental Benefits from Regional DESEMPEÑO BASED NAVIGATION (PBN) Implementation Programme – OACI - 18 de mayo de 2011.*

Resultados de las iniciativas propuestas

De acuerdo a la demanda esperada de crecimiento de RTKs, se observa que la demanda de combustible de uso en la aviación crece directamente proporcional a los RTKs.

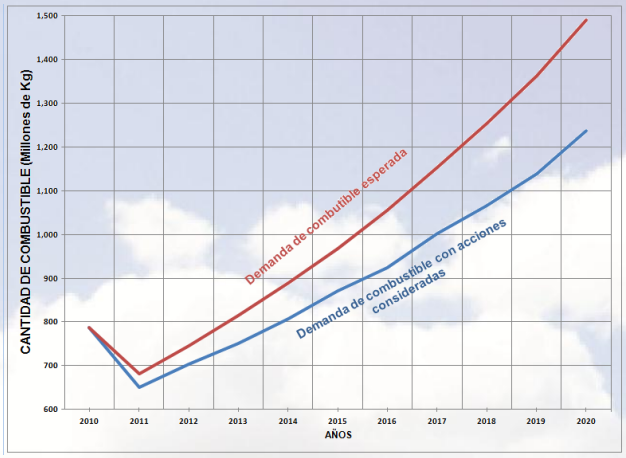


Ilustración 21 Demanda de combustible esperada @ 2020

Por lo cual se concluye, con la evaluación de las acciones de reducción y mitigación de emisiones de CO_2, consideradas en el presente Plan de Acción, como son la renovación de la flota de edad avanzada, y la implementación de la navegación PBN, mejoren la eficiencia en el consumo de combustible por cada RTK a 2020, en al menos 1.8 por ciento en promedio anual, sin considerar el impacto de los biocombustibles como se muestra a continuación.

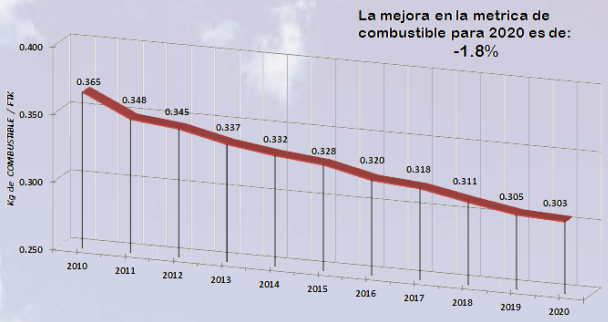


Ilustración 22 Mejora de la eficiencia del consumo de combustible.

Finalmente, el consumo de biocombustibles nos permitirá reducir la cantidad de emisiones de CO_2 de la aviación civil, mejorando la calidad del aire.

Siguiendo las líneas de acciones propuestas en el presente Plan a 2020, a continuación se muestra el impacto estimado de reducción de CO_2, en su conjunto.

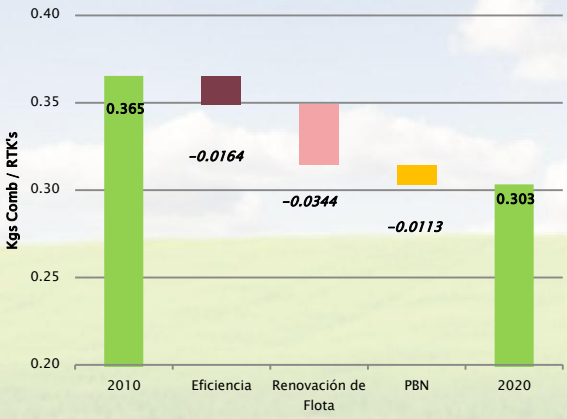


Ilustración 23 Impacto Estimado de Iniciativas propuestas

Apéndice A

Tabla 1 Crecimiento estimado de la flota aérea con destino internacional, proporcional al crecimiento de pasajeros a 2020.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RTKs (Mill) Total Industria	**6,339**	**6,573**	**6,989**	**7,431**	**7,902**	**8,402**	**8,933**	**9,498**	**10,099**	**10,738**	**11,417**
% Crecimiento		3.7%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%
RTKs (Mill) Aerolíneas Nacionales	**2,157**	**1,977**	**2,153**	**2,350**	**2,603**	**2,871**	**3,130**	**3,392**	**3,636**	**3,891**	**4,093**
Participación	32%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	36%	36%	36%

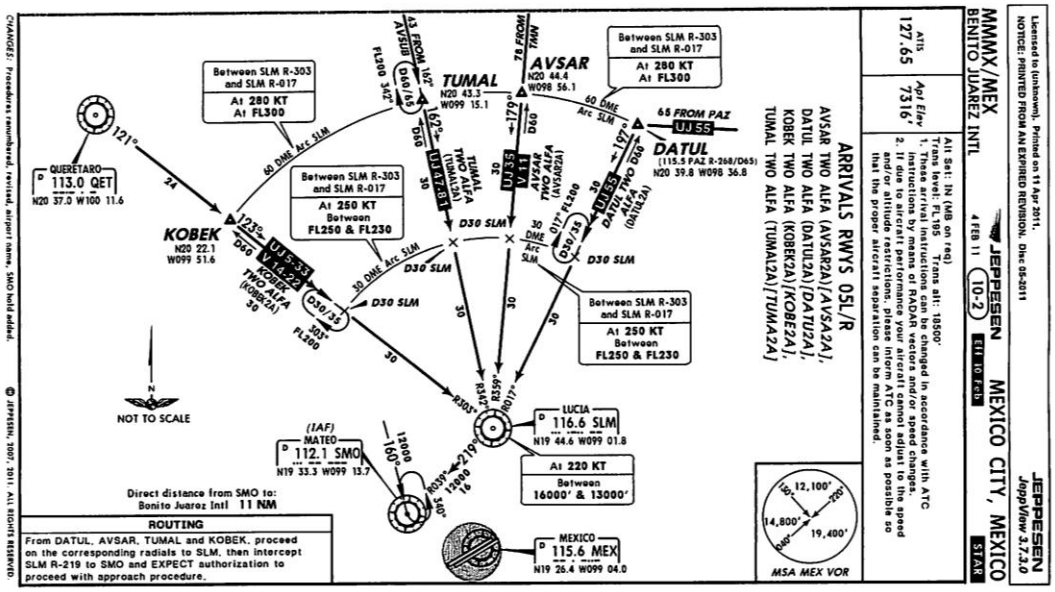
Tabla 2 Crecimiento estimado de la flota aérea con destino internacional a 2020.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
@ Pax & Cargo	71	56	63	68	77	84	95	102	110	118	132
@ Cargo	5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	10
Total	76	61	68	74	83	91	103	110	119	128	142
% Crecimiento	-19%	12%	8%	12%	10%	13%	7%	8%	7%	11%	

Tabla 3 Resultados esperados de reducción en el consumo de combustible con las acciones de reducción de emisiones propuestas en el Plan de Acción

Año	International RTK (000,000)	SIN ACCIONES DE REDUCCIÓN		CON ACCIONES DE REDUCCIÓN		Diferencia en reducción de emisiones de CO_2 en kg (000,000)
		Consumo de Combustible Internacional en litros (000,000)	Emisiones de CO_2 Internacionales en kg (000,000)	Consumo de Combustible Internacional en litros (000,000)	Emisiones de CO_2 Internacionales en kg (000,000)	
2010	2,157	1,004	2,487	2,487	2,487	0
2011	1,866	868	2,152	2,053	2,053	-99
2012	2,040	949	2,353	2,220	2,220	-132
2013	2,231	1,038	2,573	2,371	2,371	-201
2014	2,434	1,133	2,807	2,549	2,549	-258
2015	2,651	1,233	3,056	2,747	2,747	-309
2016	2,887	1,343	3,329	2,919	2,919	-410
2017	3,158	1,469	3,642	3,166	3,166	-476
2018	3,430	1,596	3,955	3,365	3,365	-590
2019	3,732	1,736	4,303	3,592	3,592	-711
2020	4,082	1,899	4,707	3,908	3,908	-799

Apéndice B



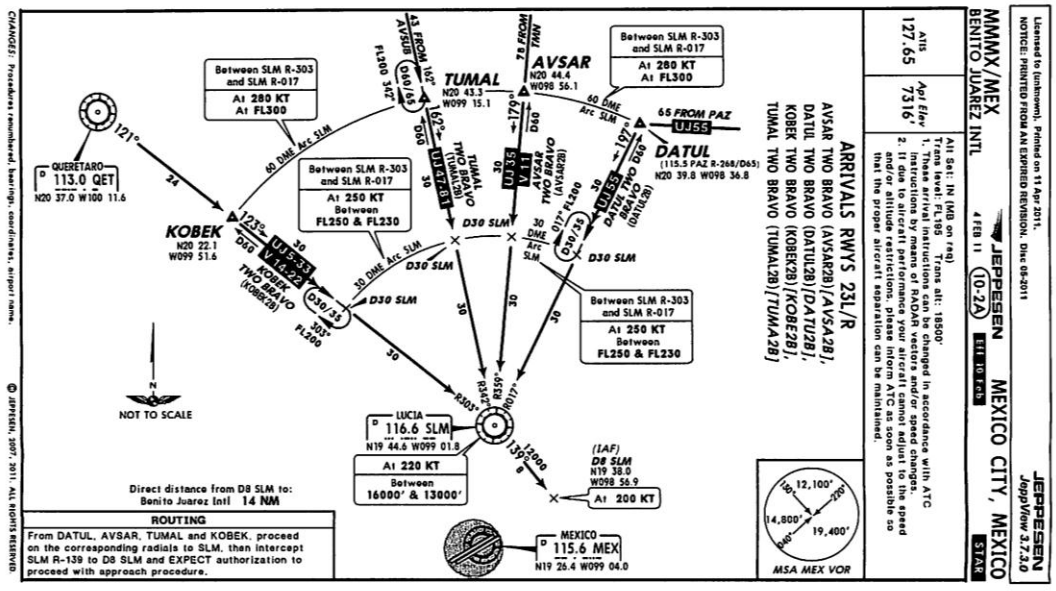


Ilustración 20 Procedimientos de Descenso Continuo en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

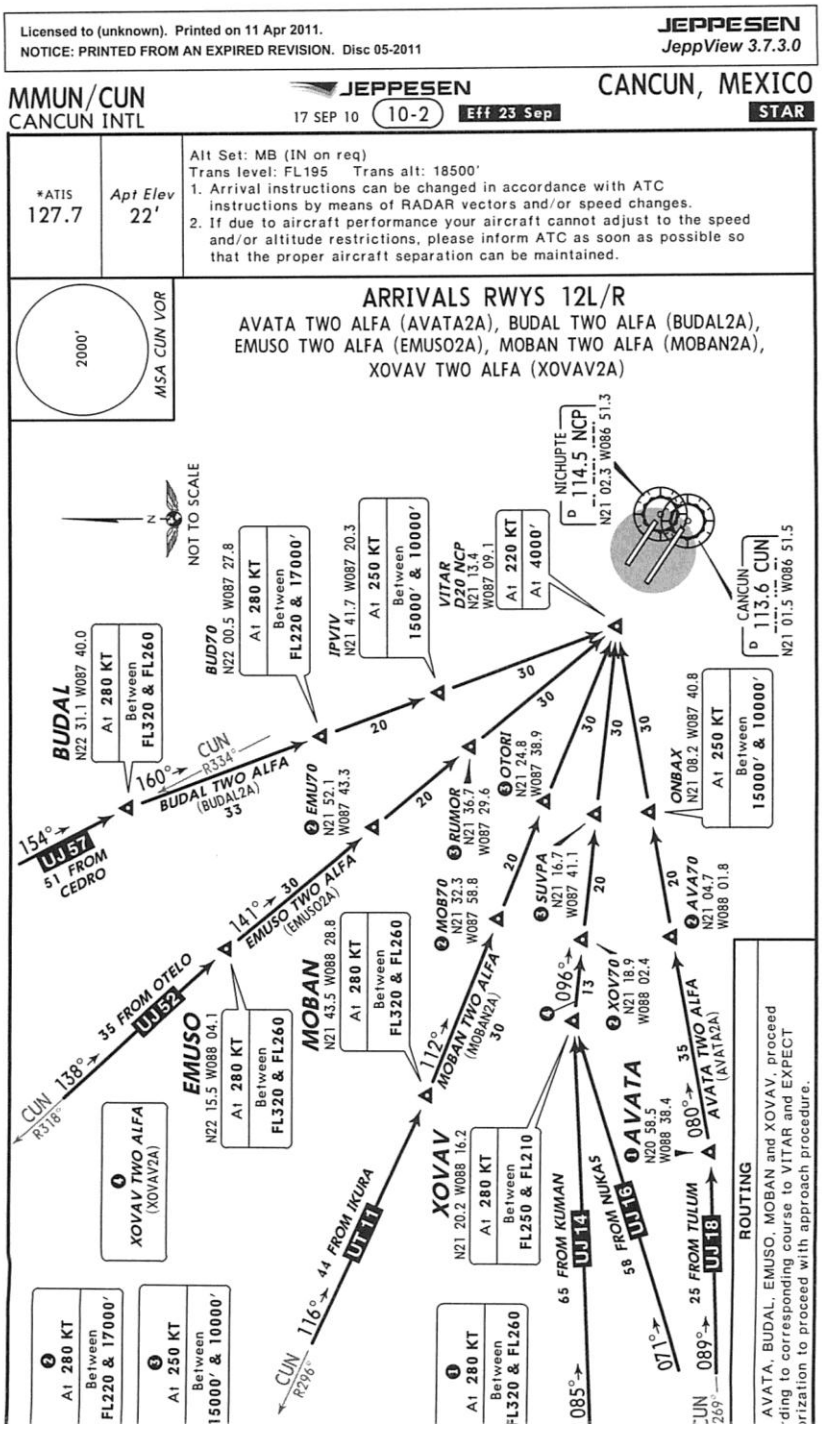


Ilustración 21 Procedimientos de Descenso Continuo en el Aeropuerto Internacional de Cancún.

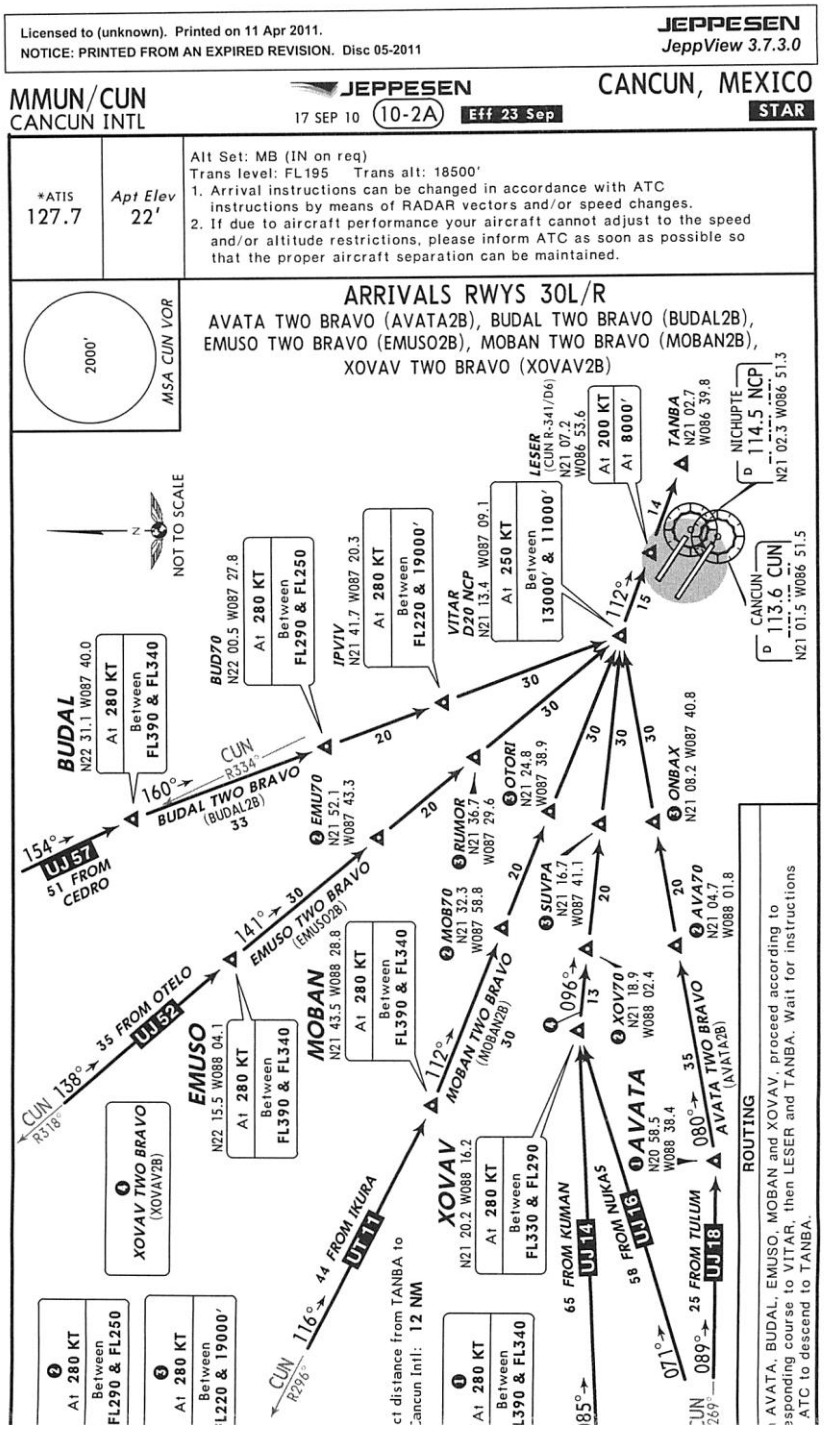


Ilustración 22 Procedimientos de Descenso Continuo en el Aeropuerto Internacional de Cancún.