

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL CICLO LTO Y LOS TIEMPOS REALES DE OPERACION EN LOS 10 PRINCIPALES AEROPUERTOS DE LA ARGENTINA

Monteagudo, Juan P.; Coppa, Matías; D'lorio, Juan I. y Di Bernardi, Alejandro

Grupo de Transporte Aéreo – UIDET GTA-GIAI, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Calle 116 e/ 47 y 48, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.
juanpedro.monteagudo@ing.unlp.edu.ar

Palabras clave: LTO, aeropuertos, optimización, contaminantes.

Introducción

En los últimos años, las naciones del mundo han manifestado la intención de reducir los actuales niveles de contaminación. En ese contexto, existen diversos organismos que intentan definir líneas de acción en función de la caracterización actual de la actividad humana y de sus respectivas proyecciones. En relación a ello, podemos mencionar al Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la World Meteorological Organization (WMO) y a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) de la ONU, cuya preocupación fundamental se centra en los gases efecto invernadero (GEIs): H₂O (vapor), CO₂, CH₄, NO_x, O₃, CFCs, entre otros.

El sector aeronáutico no es ajeno a esta situación y ha asumido un rol activo en esta problemática. En el año 2007 se conformó el Grupo sobre Aviación Internacional y Cambio Climático (GIACC), dependiente de OACI. Este se encarga de desarrollar, difundir y recomendar un plan de acción que incluye estrategias económicamente eficientes y tecnológicamente factibles, así como medidas que los Estados miembros pudieran utilizar para lograr reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo a la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) la industria comercial aeronáutica crecerá desde 2,4 mil millones de pasajeros en 2010 a 16 mil millones en 2050, y es por ello que se busca reducir los impactos que esta actividad genera.

La caracterización de aportes contaminantes gaseosos se realiza en diferentes escalas, desde la local (entorno aeroportuario inmediato: 30 km de radio a partir de un punto de referencia) hasta la global (a través de la circulación atmosférica: miles de kilómetros). En este contexto, el estudio se concentra en la escala local inmediata, ya que busca caracterizar el entorno para definir las servidumbres gaseosas, que junto a las acústicas y a las superficies limitadoras de obstáculos, definen los usos del suelo en el entorno aeroportuario.

Para la determinación del impacto ambiental en el entorno aeroportuario, OACI ha estandarizado los tiempos de operación de las aeronaves comerciales en la aproximación al aeropuerto, el taxeo y el despegue.

A partir de dichos tiempos estandarizados, organismos internacionales como OACI, IPCC, y la Environmental European Agency (EEA), entre otros, calculan el aporte de emisiones gaseosas en el entorno aeroportuario, por lo que el cálculo y análisis de dichos tiempos brindarán la diferencia relativa del impacto ambiental en cada aeropuerto y en la región bajo estudio.

Este trabajo tiene por objetivo calcular los tiempos de operación en los diez aeropuertos con mayor tráfico de la República Argentina, teniendo en cuenta las aeronaves más utilizadas, sus plantas de poder asociadas, y las distancias máximas y mínimas de carreteo, para con

ello estimar la cantidad de contaminantes emitidos y compararlos con los métodos estandarizados.

Desarrollo

Independientemente del aeropuerto y del tipo de aeronave, OACI ha definido los tiempos y la potencia utilizada en cada etapa del ciclo LTO, a saber:

- *Landing*: son todas aquellas operaciones que se realizan desde los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto hasta que alcanza la superficie de la pista.
- *Taxiing*: son las maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma en condición de *Block-On* (calzos colocados) y las maniobras que realiza el avión desde el *Block-Off* (calzos afuera) hasta llegar a la cabecera de pista.
- *Take-off*: son las operaciones que realiza el avión en la pista para lograr el despegue.
- *Climbout*: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto.

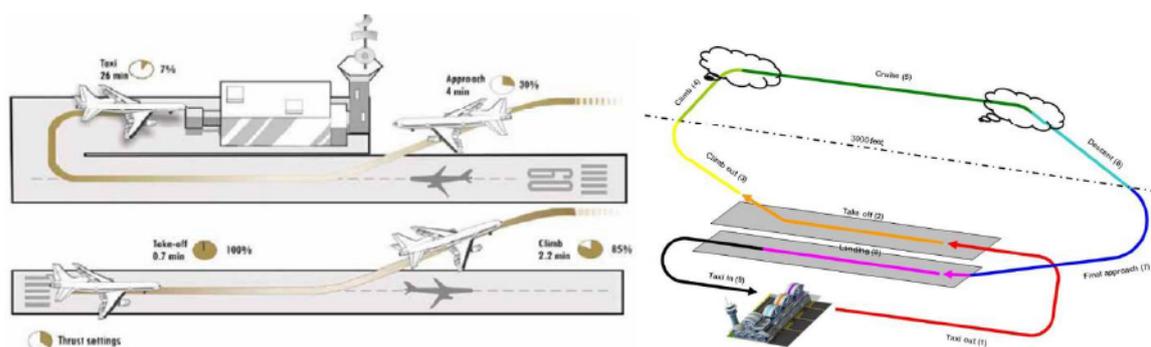


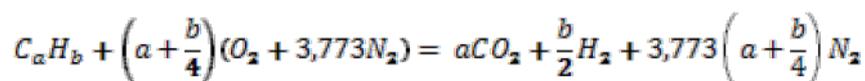
Figura 1 - Ciclo Landing-Take Off; izquierda: OACI 2013, derecha:EEA 2013.

Etapa	Duración (min)	Porcentaje de potencia (%)
<i>Approach</i>	4	30
<i>Taxiing</i>	26	7
<i>Take – off</i>	0,7	100
<i>Climb out</i>	2,2	85

Tabla 1 -Tiempo y potencia asociada a cada etapa del ciclo LTO.

Anualmente OACI informa los valores de consumo de combustible y emisiones de, hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO), y óxidos de nitrógeno (NO_x) de más de 500 motores comerciales que se producen en el ciclo LTO.

Los contaminantes producidos por un motor a reacción están influenciados entre otros por: tipo de combustible utilizado, riqueza de la mezcla, tipo de motor y cámara de combustión asociada y niveles de mantenimiento que el mismo tenga. La ecuación teórica (cantidad de aire estequiométrica) que indica la combustión para un combustible del tipo C_aH_b es:



Si la reacción se produce con un valor menor de aire que el necesario, el oxígeno es insuficiente para producir la quema total del combustible, generando de esta forma los gases contaminantes estudiados en este artículo.

Parte experimental

Se muestra a continuación el proceso metodológico aplicado:



A partir del estudio de los operadores aéreos con mayor frecuencia y participación en el transporte aéreo de la región, se analizó la flota de cada uno para obtener de esta manera las siguientes aeronaves características:

Aeronave	Planta poder
Boeing 737-800	CFM56-7B
Boeing 737-800	CFM56-5B; V2527-A
Boeing 767-300	CF6-80C2B, PW4060
Airbus A320-200	CFM56-7B

Tabla 2 - Aeronaves y plantas poder analizadas.

Los parámetros, ajustados a la configuración real y operativa de la aeronave y al aeropuerto, calculados para la obtención de los tiempos y consumos relativos, son los siguientes:

- *Approach*: velocidad de referencia ($V_{reff.}$), velocidad de aproximación ($V_{app.}$), longitud de campo de referencia (LCR), ángulo de descenso, velocidad de carreteo en pista.
- *Taxiing (Taxi In – Taxi out)*: distancias mínimas y máximas a plataforma, velocidades de carreteo (mínima y máxima).
- *Take-off – Climb out*: velocidad de ascenso, ángulo de ascenso, velocidad de rotación, margen (distancia remanente hasta el final de la pista o *stopway*).

Se muestran a continuación los aeropuertos bajo análisis:

Nombre	Código OACI/IATA	Ciudad, Provincia
Aeroparque Jorge Newbery	SABE/AER	Ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires
Aeropuerto Internacional de San Carlos de Bariloche Tte. L. Candelaria	SAZS/BRC	Bariloche, Rio negro
Aeropuerto El Calafate Comandante Armando Tola	SAWC/FTE	El Calafate, Sta Cruz
Aeropuerto de Cataratas, Cataratas del Iguazú	SARI/IGU	Iguazú, Misiones
Aeropuerto de Comodoro Rivadavia Gral. Enrique Mosconi	SAVC/CRV	Comodoro Rivadavia, Chubut
Aeropuerto Internacional de Córdoba Ing. A. Taravella	SACO/COR	Cordoba, Cordoba
Aeropuerto Internacional de Ezeiza	SAEZ/EZE	Ezeiza, Buenos Aires

Nombre	Código OACI/IATA	Ciudad, Provincia
Ministro Pistarini		
Aeropuerto Internacional de Mendoza Francisco Gabrielli	SAME/MDZ	Mendoza, Mendoza
Aeropuerto Internacional de Salta Martín Miguel de Güemes	SASA/SLA	Salta, Salta
Aeropuerto de Ushuaia Malvinas Argentinas	SAWH/USH	Ushuaia, Tierra del Fuego

Tabla 3- Aeropuertos analizados.

Teniendo en cuenta la configuración geométrica de cada aeropuerto, y las características operativas de las aeronaves citadas, se procedió entonces a calcular los tiempos medios (para los 10 aeropuertos considerados) para cada etapa definida en el ciclo LTO y estimar los contaminantes emitidos.

Resultados y discusión

Se muestran a continuación los resultados obtenidos:

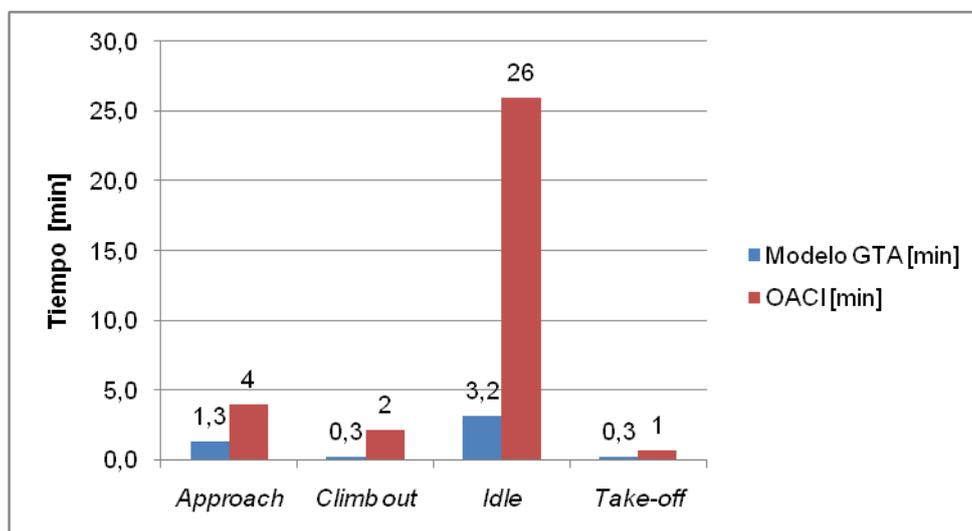


Figura 5 - Tiempos promedio totales calculados y tiempos de OACI.

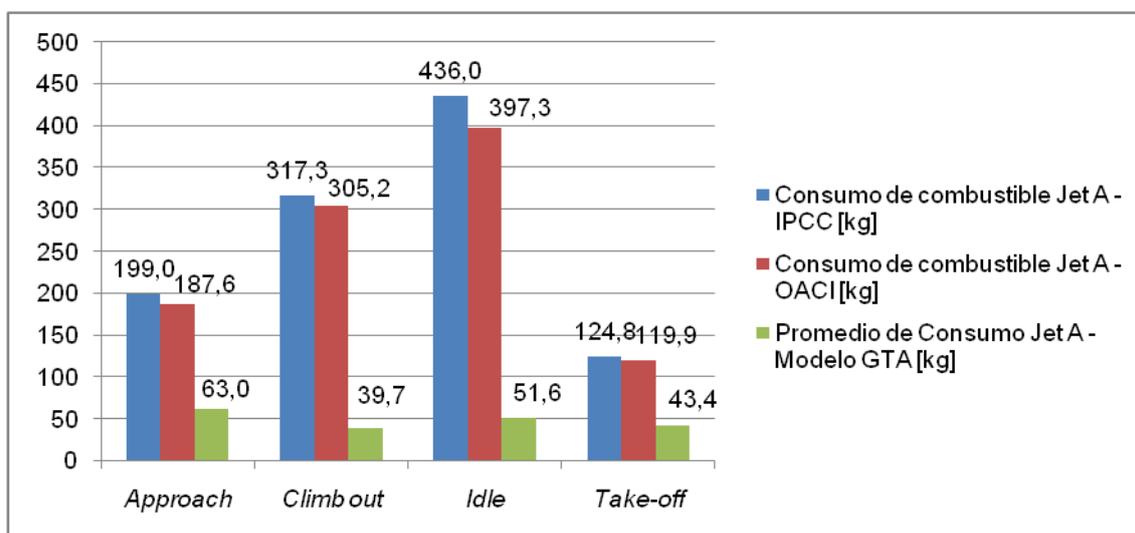


Figura 6 - Consumo de combustible según los tiempos calculados y los brindados por OACI e IPCC.

Como se mencionó anteriormente, el consumo de combustible durante cada etapa del ciclo genera emisiones contaminantes, siendo los tres gases principales: HC, CO y NO_x. Se muestra a continuación el promedio de emisiones según los tiempos asociados al ciclo LTO.

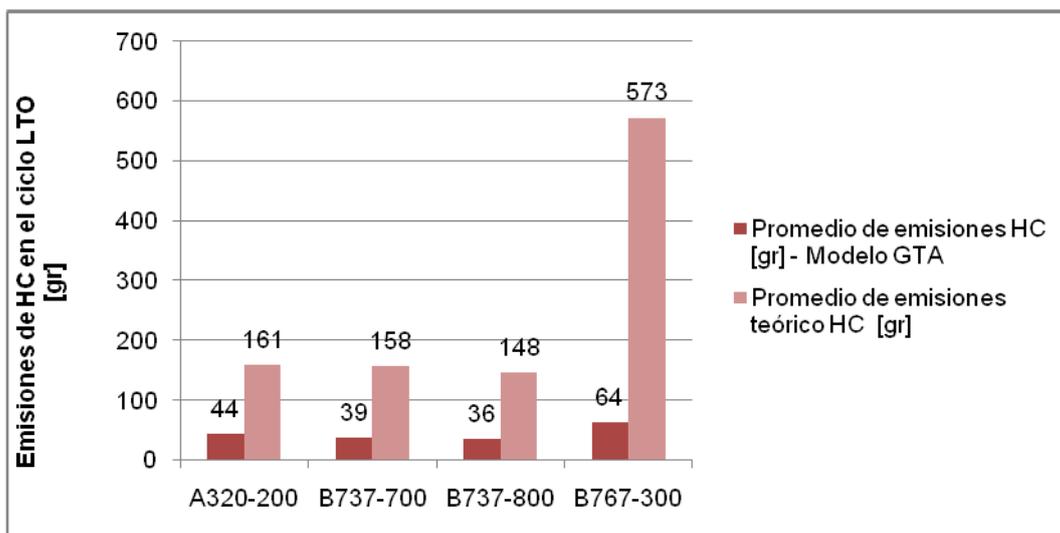


Figura 7 - Promedio de emisiones totales de HC en el ciclo LTO.

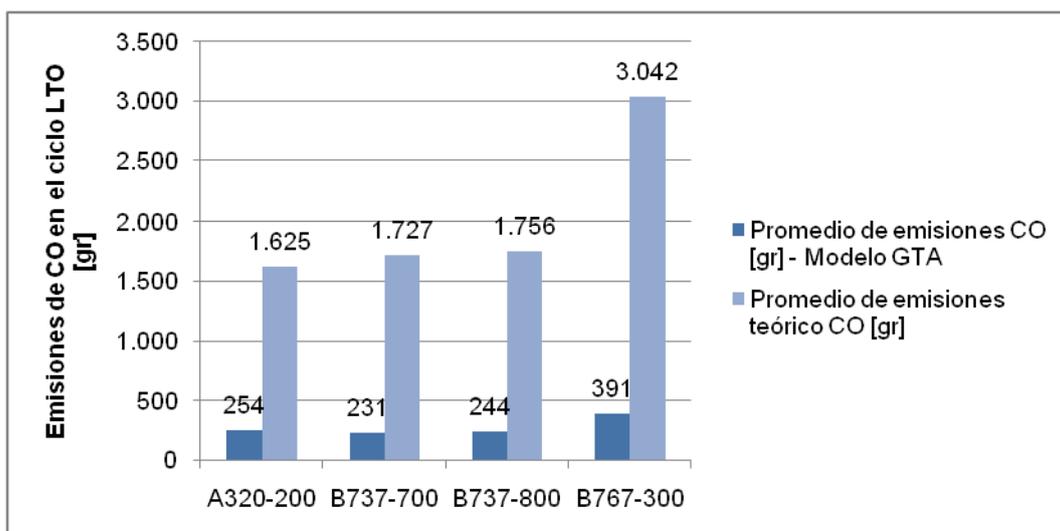


Figura 8 - Promedio de emisiones totales de CO en el ciclo LTO.

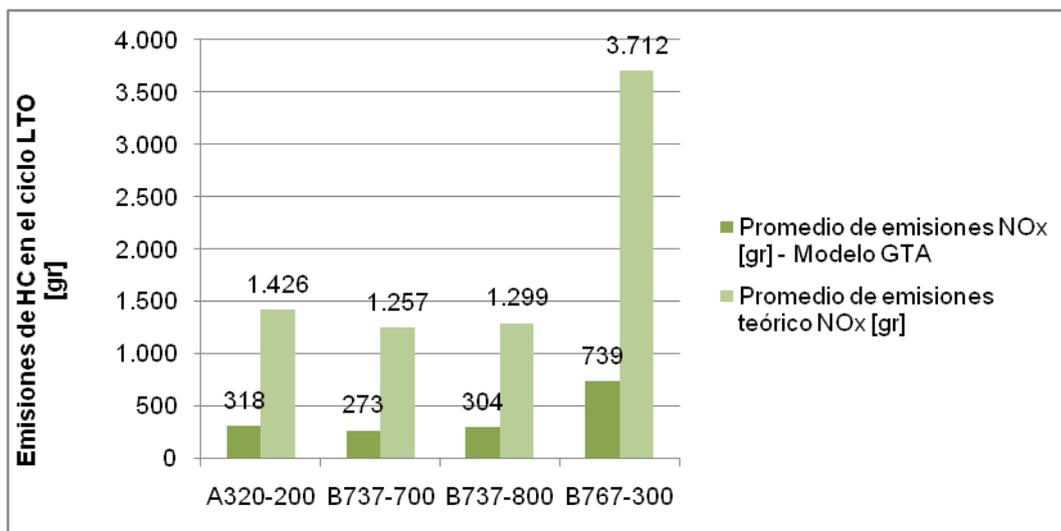


Figura 9 - Promedio de emisiones totales de NOx en el ciclo LTO.

Conclusiones

Se puede concluir que los tiempos empleados para las distintas fases en el ciclo LTO, dependiendo de las aeronaves y aeropuertos intervinientes, presentan diferencias, en algunos casos importantes, con respecto a los establecidos por OACI y asumidos por la IPCC. Si bien no se tuvieron en cuenta las posibles esperas dentro del método de cálculo, se evidencian las diferencias. En un futuro trabajo incluiremos las demoras típicas en los aeropuertos analizados, así como también aeropuertos importantes de otras regiones y diferentes flotas.

Este trabajo tuvo la intención de poner en evidencia la diferencia del impacto ambiental producto de las operaciones en el ciclo, es por ello que se hicieron valores promedio de emisiones. El fin último es desarrollar un método de cálculo que sea dependiente de parámetros específicos, tanto del aeropuerto como de la flota en cuestión, y no uno con parámetros impuestos y genéricos como es el actual propuesto por OACI.

Bibliografía

- IATA. Vision 2050. Singapore, 12 de Febrero de 2011. Disponible en: <http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/Documents/vision-2050.pdf>.
- ICAO 2013 Environmental Report. Disponible en: <<http://cfapp.icao.int/Environmental-Report-2013/>>.
- EMEP-inventory-guidebook-Tech12-2013-final. Disponible en: <<http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>>.
- ICAO Engine Emissions Databank, 2013 Disponible en: <<http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>>.
- HEYWOOD, John B. "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, 1988.