



## 4<sup>to</sup> Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica



# SIMULACION DEL APORTE CONTAMINANTE GASEOSO DE CO Y NO<sub>x</sub> POR OPERACIÓN DE LOS GSE EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA

Sznajderman Lucas<sup>a</sup>, Coppa Matías<sup>a</sup>, D'Iorio Juan Ignacio<sup>a</sup>, Di Bernardi Alejandro<sup>a</sup>

<sup>a</sup>UIDET GTA-GIAI, Dto. Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata  
Calle 116 e/47 y 48-(1900), La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

**Palabras claves:** vehículos de apoyo, contaminación, aeropuerto, operaciones

### Resumen

En los aeropuertos, además de existir las emisiones derivadas de la operación de las aeronaves, deben tenerse en cuenta aquellas procedentes de los vehículos de apoyo en tierra, denominados en su conjunto como *GSE* (Ground Support Equipment). Los mismos están asociados al transporte de pasajeros desde las terminales a las aeronaves y viceversa, a los procesos de carga y descarga de mercancías y equipajes, al suministro de energía y combustible a la aeronave, al transporte de tripulaciones, entre otros tantos servicios.

Para efectuar el análisis del aporte de los GSE se debe caracterizar previamente el tráfico del aeropuerto en estudio para lo cual se analiza un día promedio donde se determina un perfil diario de operación y con ello las estimaciones del aporte contaminante mediante el software AEDT 2c y la base de datos ICAO.

El objetivo del trabajo es obtener el peso relativo del aporte contaminante de los GSE respecto a las emisiones totales del aeropuerto en su parte aeronáutica. Para ello se caracterizan tanto las emisiones gaseosas contaminantes generadas por los vehículos de asistencias como aquellas derivadas de las operaciones aéreas.

El presente estudio se encuentra encolumnado con los objetivos del Comité de Protección Ambiental Aeronáutica (CAEP), conformado por la Organización de aviación civil internacional (OACI), y particularmente con los del Grupo de Trabajo 3 (WG3) centrados en la mitigación de las emisiones gaseosas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El transporte aéreo desempeña un papel importante en el desarrollo económico y social sostenible en el mundo. En forma directa e indirecta sostiene el empleo de 56,6 millones de personas, contribuye con más de \$2,2 billones al producto interno bruto (PIB), transporta más de 2.900 millones de pasajeros y el equivalente a \$5,3 billones anuales en carga [1]. En el año 2014, el beneficio neto incluidos los impuestos fue de 16.4 mil millones de dólares, es decir, un margen de 2.2% en los ingresos. Este fue el quinto año consecutivo de rentabilidad, basado en el margen de beneficio de 10.6 billones de ganancias y 1.5% en 2013[2]. En el futuro se prevé un crecimiento constante, dependiendo primordialmente del desarrollo económico, del comercio mundial y de la evolución de los costos de las líneas aéreas (el cual depende, a su vez, en gran medida del precio del combustible). Sin embargo, este crecimiento estará también influenciado por algunos desafíos como, la congestión de los aeropuertos y del espacio aéreo, la protección del medio ambiente y las crecientes necesidades de inversión de capital

El volumen del tráfico aéreo mundial se ha ido duplicando una vez cada 15 años desde 1977, y se espera que este crecimiento continúe a pesar de ciclos de recesión cada vez mayores. Se pronostica que el tráfico regular de pasajeros, medido en términos de Revenue Passenger Kilometres (RPK), crezca de cinco mil millones a más de 13 mil millones en el período :2010-2030, con un promedio anual de tasa de crecimiento de 4,9%.

Respecto al tráfico internacional de pasajeros, se estima un aumento del 5,1% anual, mientras que el tráfico doméstico crecería a un ritmo más lento del 4,4% (período 2010-2030). Cabe mencionar, que en este último sector se espera un crecimiento con un promedio anual de 5.2% de 2010 a 2030, incrementado de 200 billones de Revenue Passenger Kilometres (RTK) en 2010, a 562 billones en 2030.

La consecuencia directa de un crecimiento del tráfico aéreo es un mayor consumo de combustible y una mayor contaminación gaseosa que afecta la calidad del aire, de vida, la fauna y zonas protegidas en las áreas vecinas a un aeropuerto. Considerando además que la tendencia temporal de crecimiento urbano lleva a la ciudad hacia las inmediaciones del predio aeroportuario, la anticipada identificación de áreas sensibles a contaminación acústica y gaseosa permite una menor afectación tanto en el desarrollo urbano y como aeroportuario. Instituciones nacionales e internacionales como la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y CAEP (Comité de Protección Ambiental en Aviación), estos últimos organismos dependientes de las Naciones Unidas, han puesto en evidencia la preocupación actual que existe por la identificación y cuantificación de las emisiones a través de distintos indicadores que ayudan en la toma de decisiones de medidas mitigadoras.

La contaminación gaseosa producto del uso de vehículos impulsados por motores de combustión interna es un problema de preocupación mundial en la actualidad. En las instalaciones aeroportuarias se produce una gran actividad diariamente, desde la realizada por las aeronaves, a aquellas destinadas a dar asistencia a pasajeros, mercancías y aeronaves en tierra (vehículos handling). En los aeropuertos, además de registrarse las emisiones procedentes de las aeronaves, se determinan como principales fuentes de emisión las procedentes de los vehículos de transporte en accesos y estacionamientos del aeropuerto, las procedentes de fuentes estacionarias (caldera y depósitos de combustible), las que se generan en las prácticas contraincendios, y aquellas procedentes de vehículos de apoyo en tierra (llamados Ground Service Equipment-GSE).

El handling engloba entre sus operaciones el transporte de pasajeros desde las terminales a las aeronaves y viceversa, los procesos de carga y descarga de mercancías y equipajes, el suministro de energía y combustible a la aeronave, transporte de tripulaciones, así como todas las maniobras que deben realizarse para situar al avión en posición para efectuar el despegue o el inicio de la rodadura según el caso.

Como se mencionó previamente, las emisiones debido a los movimientos de las aeronaves representan el mayor porcentaje, pero en la actualidad no se han publicado estudios específicos que caractericen y cuantifiquen el porcentaje de los distintos gases contaminantes respecto a las posibles fuentes en un aeropuerto. Pocos son los informes que cuantifican las emisiones en general de un aeropuerto, por ejemplo, se presenta a continuación una clasificación de las fuentes respecto a emisiones global:

% Aeronaves	% GSE/APU	% Accesos	% Estacionamiento	% Fuentes estacionarias y extinción de incendios
59.09	25.57	5.43	4.08	5.83

Tabla 1: Porcentaje de emisión global de contaminantes según fuente de emisión. Los contaminantes considerados fueron: CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, y PM<sub>10</sub> según indican informes de AENA.

De forma esquemática se presenta a continuación las distintas fuentes de emisiones gaseosas en un aeropuerto



Figura 1: Fuente típicas de emisiones en un aeropuerto

Los vehículos de asistencia (GSE) incluyen todos los equipos de servicio en tierra y los vehículos normalmente asociados con los movimientos de la aeronave en la plataforma [3]. Cada uno de estos vehículos poseen distintos tiempos de operación que, debido a su función, y no todos los procesos pueden realizarse simultáneamente.[4]

El tipo de GSE varía según la aplicación en función de su operación. Por ejemplo, algunos son requeridos para brindar servicio a la aeronave luego del aterrizaje, otros para el despegue, otros para brindar servicio a los pasajeros y otros para las operaciones de carga y descarga. En concordancia con ello y a los efectos de disponer de valores de referencia se presenta a continuación una tabla descriptiva:

GSE	Función	Tipo de motor	Rango de factor de carga	Servicio por tiempo (min)
Aire acondicionado	Provee aire acondicionado	100-150 KW diésel.	15%-50% carga	Depende del tiempo y agenda
Unidad de aire	Provee aire de alta presión para que prendan algunos motores	150 kw.	90% carga	3-5
Tractor de empuje	Empuje de aeronaves	95kw a 400kw.	25% carga	5-10
Rampa de acceso	Provee acceso	30-65kw.	25% carga	2-10
Cinta de carga	Transfiere carga	30kw diésel o GNC.	50% carga	10-50
Carga	Levanta carga pesada	60kw diésel o gasolina.	25% carga	10-50
Delivery de carga	Transferencia de carga	30kw.	25% carga	10-50
Catering y servicios	Limpieza y almacenamiento de comida	85-130kw.	10-25% carga	10-30
Lavatorio, agua potable	Almacenamiento de agua y limpieza de baños	120kw.	25% carga	5-20
Colectivo de pasajeros	Transporte de pasajeros	100kw diésel, GNC o nafta.	25% carga	Depende del tiempo y agenda
Camión de combustible	Transferencia de combustible	200kw.	10-50% carga	10-40

Figura 2: Caracterización de los principales GSE, funciones, tipo de motor y tiempo de servicio. [5]

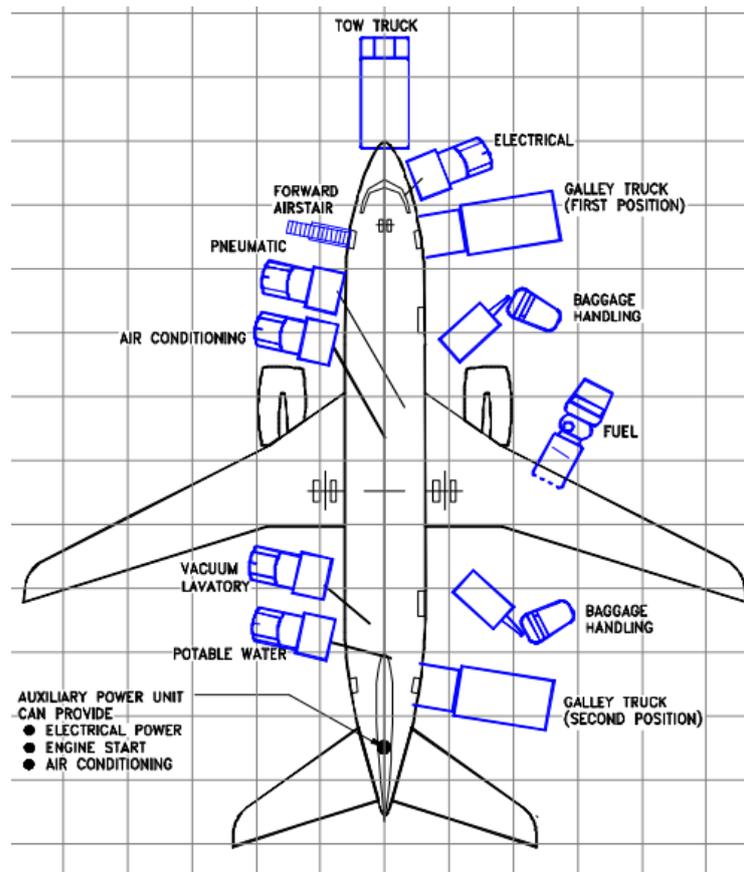


Figura 3: Posicionamiento típico de los vehículos GSE de un Boeing 737 , según el airport planning [6].

El uso de combustibles alternativos y energía eléctrica para la reducción de emisiones ha surgido como la mejor opción ante el combustible convencional. Actualmente, los primeros combustibles alternativos conocidos que utilizan éstos vehículos son el gas natural comprimido (GNC), petróleo gas licuado (PGL), etanol y biodiesel. La principal reducción con combustibles alternativos es sobre los gases CO y Material Particulado. [7]

La “Energy Policy Act” en el año 1992 definió algunos combustibles alternativos que no dependen de la industria petrolera y son beneficiosos para el medioambiente. Se consideran las siguientes opciones como combustible alternativo a las convencionales como la gasolina o diésel: [8]

- Gas natural
- Propano
- Metanol
- Hidrógeno
- Electricidad

## 2. HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

A continuación, se detalla el proceso para el cálculo de las emisiones gaseosas derivadas de las operaciones de las aeronaves y de los respectivos GSE.

- Identificación de los meses picos del Aeropuerto de Ezeiza y mezcla de tráfico operativo para esos meses,
- Análisis de herramientas de cálculo a utilizar,
- Identificación del ADPM (*Average Day Peak Month*).
- Caracterización del flujo de movimientos diario y la hora pico en dicho día,
- Determinación de perfiles de servicio típico según aeronave. Análisis de todos los vehículos handling soporte de cada avión (tiempos de servicio, potencia de motores, factores de carga, entre otros factores considerados),
- Cálculos con los distintos software y bases de datos del aporte contaminante de estos vehículos y el de las aeronaves correspondientes para cada movimiento, y

- Elaboración de tablas comparativas de la contaminación provocadas por aeronaves para un ciclo LTO y por los GSE asociados



Figura 4: Proceso lógico de trabajo para determinar la contaminación gaseosa

Para las emisiones provocadas por los vehículos de asistencia, se utilizaron los datos estándar de servicio de cada vehículo por cada aeronave, sin tener en cuenta los tiempos y recorridos asociados hasta llegar al objetivo, según software AEDT.

## 2.1. Movimientos de las aeronaves en el día promedio

Para las simulaciones se utilizaron los siguientes movimientos para el Aeropuerto de Ezeiza en el día promedio identificado:

Aeronave	Movimientos del día promedio	Motor
A319	11	CFM56-5B9
A320	27	CFM56-5B4
A321	2	V2530-A5
A330	12	GE CF6-80 E1A2
A340	12	CFM56-5C2
B737/8	57	CFM56-7B26
B747	4	JT9D-7QN
B767 300	11	PW4060
B777 200/300	28	GE90-90B
E190	24	CF34-8E5

Tabla 2: Aeronaves utilizadas y movimientos para el día promedio con indicación de sus respectivos motores

## 2.2. Ciclo Landing Take Off (LTO)

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.

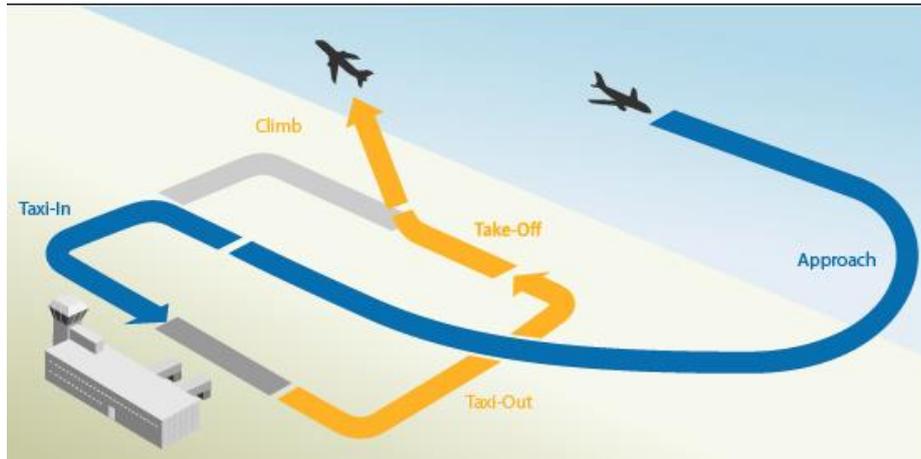


Figura 5: Ciclo Landing-Take off

Estos tiempos estandarizados por la OACI son definidos de la siguiente manera:

- 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.
- Taxi: son las maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma en condición de BlockOn (calzos colocados) y las maniobras que realiza el avión desde el BlockOff (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.
- Climb out: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto

Etapa	Duración (min)	Porcentaje de potencia (%)
Approach	4	30
Taxing	26	7
Take-off	0.7	100
Climb out	2.2	85

Tabla 3- Tiempo y potencia asociada a cada etapa del ciclo LTO

### 2.3. Herramientas de simulación

En el presente trabajo se utilizaron diferentes herramientas para la simulación (software y base de datos) de los escenarios operacionales con el objeto de obtener datos para el desarrollo de los indicadores, a continuación, se describen los softwares utilizados y la base de datos ICAO:

- Aviation Environmental Design Tool (AEDT Versión 2c, FAA): software que modela el rendimiento de la aeronave y sus vehículos de asistencia en el espacio y tiempo para estimar el consumo de combustible, emisiones, ruido, y las consecuencias de calidad del aire. Es una herramienta completa que proporciona información a los interesados sobre la FAA en cada uno de estos impactos ambientales específicos. AEDT está diseñado para modelar los estudios individuales que varían en alcance de un solo vuelo en un aeropuerto para escenarios en los planos regional, nacional y global.
- ICAO Aircraft Engine Emissions Databank v22: base de datos con diversos coeficientes de motores tanto de vehículos terrestres como aéreos.

### 2.4. Aeropuerto de referencia: Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini de Ezeiza

El trabajo se enfoca en el: Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini de Ezeiza. La elección del mismo se basó en la importancia dentro del país con respecto al volumen de operaciones. Actualmente las operaciones en el aeropuerto presentan una distribución de aproximadamente 80% de operaciones internacionales y 20%. A continuación, se presentan 3 tablas que resumen las principales características del aeropuerto:

	Movimientos de aeronaves			
	Pasajeros	Carga	Aviación General	Total
Aeropuerto de Ezeiza	60.771	3.642	2.421	66.834
Total del SNA	306.404	3.711	145.847	455.962
Porcentaje respecto al total en el SNA	19,83%	98,14%	1,66%	14,66%

Tabla 4: Cantidad de tráfico de pasajeros, cargas y aeronaves en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza Ministro Pistarini y en total de todos los aeropuertos del SNA (Sistema Nacional de Aeropuertos) del país, según estadísticas del ORSNA (Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos) en el año 2015 [9].

Clave de referencia	4F
Horario operativo	24 hs
Superficie del predio	3.475 hs
Operaciones aéreas	66.834
Movimiento de pasajeros total anual	9.127.906

Tabla 5: Características generales del Aeropuerto Internacional de Ezeiza.

Pista	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
17	3.105	3.105	3.105	3.105
35	3.105	3.405	3.105	2.805
11	3.300	3.500	3.300	3.300
29	3.300	3.300	3.300	3.300

Tabla 6: Distancias declaradas del Aeropuerto Internacional de Ezeiza [10].

Donde:

- TORA (Take-Off Run Available): Recorrido de despegue disponible, comprende la longitud de pista y el umbral.
- TODA (Take-Off Distance Available): Distancia útil de despegue que incluye umbral desplazado y Clearway.
- ASDA (Accelerate Stop Distance Available): Distancia de aceleración o parada, utilizada en caso de un aborto de despegue.
- LDA (Landing Distance Available): Distancia de aterrizaje disponible, desde 50 pies sobre el umbral de pista hasta el final de la pista.

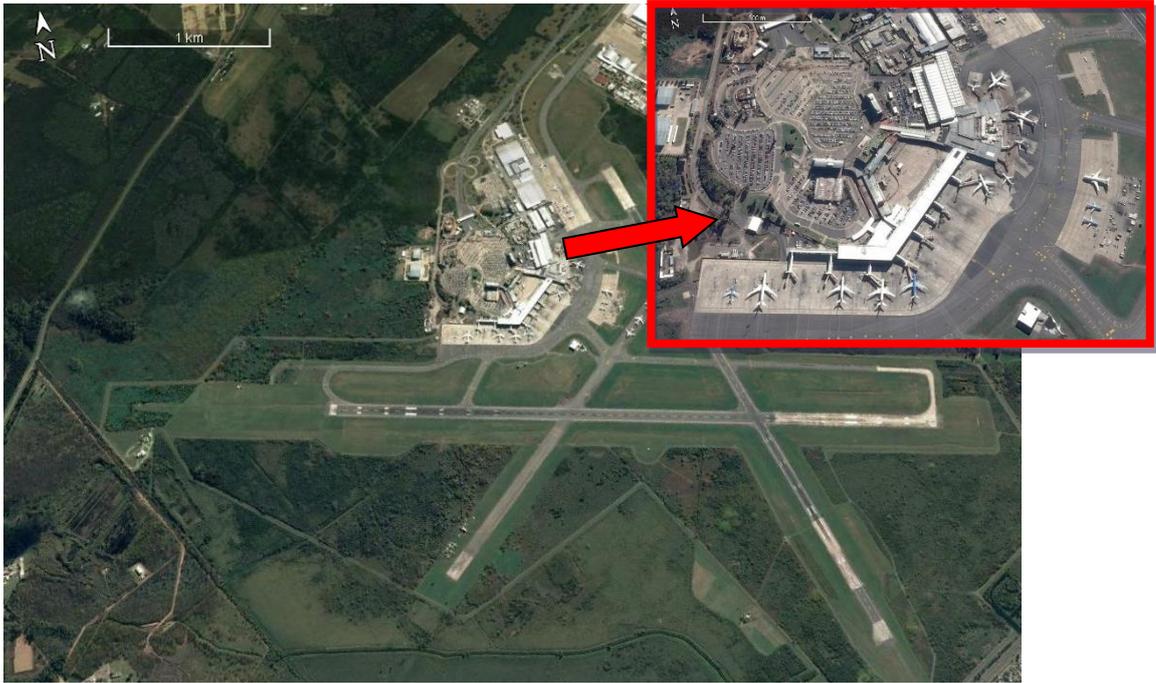


Figura 6: Vista aérea del Aeropuerto Internacional de Ezeiza y su plataforma aerocomercial de pasajeros.

### 3. CALCULOS REALIZADOS

#### 3.1. Estudio según la base de datos ICAO de las emisiones de CO y NO<sub>x</sub> para ciclo LTO

La base de datos contiene coeficientes en gramos, de CO y NO<sub>x</sub> entre otros, emitidos por su caudal de combustible consumido. Como dicho caudal depende del tiempo, se utilizaron los tiempos establecidos en el ciclo LTO con el fin de obtener, en kg, el combustible consumido. Por lo tanto, para contabilizar las emisiones generadas por los motores identificados dentro de la base de datos ICAO, se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Emisiones (gr)} = f * FF * t \quad (1)$$

En donde

- $f$ : coeficiente (gr del gas contaminante/kg)
- $FF$ : Fuel Flow: Caudal de combustible (kg/s)
- $t$ : tiempo (segundos)

#### 3.2. Cálculo del aporte contaminante del CO y NO<sub>x</sub> con el software AEDT y verificación según su manual técnico para los GSE

La verificación de los resultados brindados por el software con su respectiva base de datos, consistió en analizar el manual técnico del mismo para corroborar los cálculos que éste realiza a la hora de ingresar aquellos vehículos de interés. Se observaron entonces algunos coeficientes relacionados con las emisiones gaseosas, que relaciona la potencia del motor (HP), el tiempo de servicio (segundos) y el factor de carga de cada vehículo dependiendo lógicamente de su función. Por lo tanto, analizado el manual técnico y con los coeficientes que la misma herramienta ya tiene cargada, se realizaron los siguientes cálculos para cada vehículo para así luego comparar los que el programa genera como resultados:

$$\text{Emisiones (gr)} = f * LF * t * HP$$

En donde

- $f$ : coeficiente (gr del gas contaminante/HP\*LF\*t)
- $HP$ : Potencia del motor
- $t$ : tiempo (segundos)
- $LF$ : Factor de carga correspondiente a cada vehículo

#### 4. RESULTADOS

En primer lugar, se presentan los resultados de la cuantificación de las emisiones generadas por movimiento de cada aeronave en el día promedio según el software utilizado y la base de datos, con su respectiva relación.

Emisiones generadas en cada operación de las aeronaves en el ciclo LTO						
Aeronave	ICAO		AEDT		Relación AEDT/ICAO	
	CO (gr)	NOx (gr)	CO (gr)	NOx (gr)	CO	NOx
A319	6.885	3.341	8.005	1.375	1,16	0,41
A320	7.250	4.738	7.539	1.911	1,04	0,40
A321	2.503	8.033	4.796	3.720	1,92	0,46
A330	11.042	15.820	13.637	4.752	1,23	0,30
A340	6.416	6.653	9.414	3.980	1,47	0,60
B737/8	5.507	3.150	4.853	1.838	0,88	0,58
B747	19.946	25.895	97.394	38.135	4,88	1,47
B767 300	7.234	14.715	4.722	8.455	0,65	0,57
B777 200/300	12.638	21.586	20.069	11.161	1,59	0,52
E190	2.059	2.221	1.849	979	0,90	0,44
Total	81.480	106.150	172.278	76.306		
Promedio					1,57	0,58

Tabla 4: Tabla comparativa de las emisiones de CO y NO<sub>x</sub> por cada operación de las aeronaves según ICAO y AEDT.

Analizando de forma comparativa las emisiones producto de la operación en el ciclo LTO y los GSE asociados se presenta a continuación los resultados para las emisiones de CO y NO<sub>x</sub> :

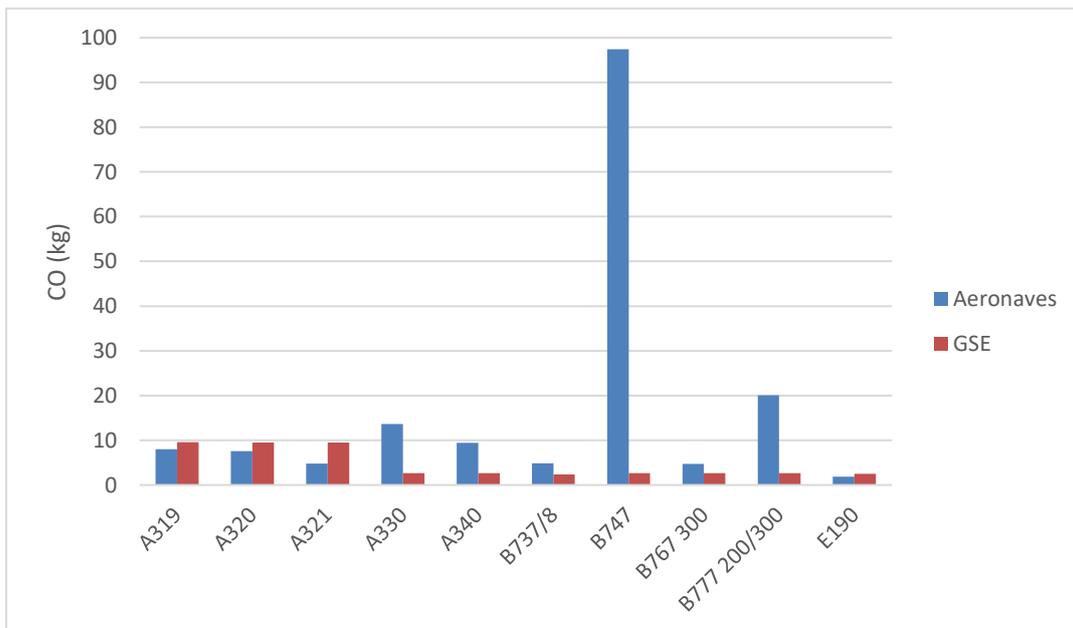


Figura 7: Comparación de emisiones de CO (kg) en una operación de cada aeronave con sus respectivos GSE.

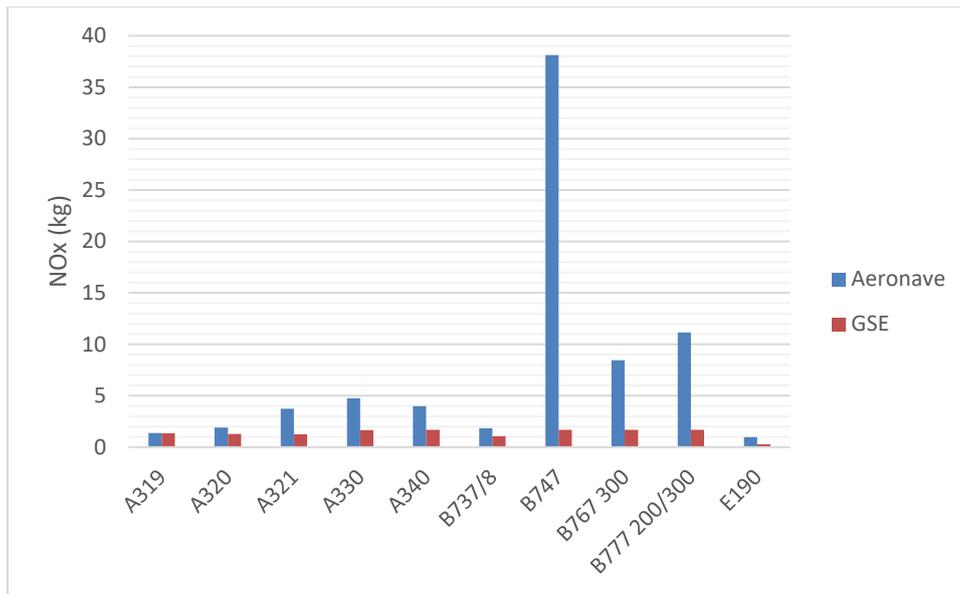


Figura 8: Comparación de emisiones de NOx (kg) en una operación de cada aeronave con sus respectivos GSE.

La siguiente tabla cuantifica y compara las emisiones de CO y NO<sub>x</sub> de los GSE con cada aeronave sobre el total de las emisiones en el día promedio analizado.

Modelo	Aeronaves en LTO				GSE				Total	
	CO (gr)	NO <sub>x</sub> (gr)	CO (%)	NO <sub>x</sub> (%)	CO (gr)	NO <sub>x</sub> (gr)	CO (%)	NO <sub>x</sub> (%)	CO (gr)	NO <sub>x</sub> (gr)
<b>A319</b>	88.058	15.127	46	51	105.308	14.821	54	49	193.366	29.948
<b>A320</b>	203.544	51.603	44	60	257.257	34.427	56	40	460.801	86.030
<b>A321</b>	9.592	7.440	33	75	19.043	2.528	67	25	28.635	9.968
<b>A330</b>	163.647	57.024	84	74	31.912	20.029	16	26	195.559	77.052
<b>A340</b>	112.965	47.758	78	70	32.015	20.209	22	30	144.980	67.967
<b>B737/8</b>	276.612	104.782	67	63	133.631	61.164	33	37	410.243	165.946
<b>B747</b>	389.577	152.540	97	96	10.672	6.736	3	4	400.248	159.276
<b>B767 300</b>	51.942	93.000	64	83	29.347	18.525	36	17	81.290	111.525
<b>B777 200/300</b>	441.519	245.539	88	87	58.695	37.050	12	13	500.214	282.589
<b>E190</b>	44.371	23.487	43	76	59.753	7.302	57	24	104.123	30.789
<b>TOTAL</b>									<b>2.519.459</b>	<b>1.021.090</b>

Tabla 5: Emisiones de CO y NO<sub>x</sub> en el ciclo LTO en el día promedio analizado.

Como se observa en la tabla anterior el total de emisiones de monóxido de carbono producto de la operación de las aeronaves en el ciclo LTO y de los GSE supera las 2,5 toneladas, y para el caso del NO<sub>x</sub>, supera 1 tonelada. En la siguiente gráfica se observa de manera comparativa el aporte de cada una de las fuentes analizadas

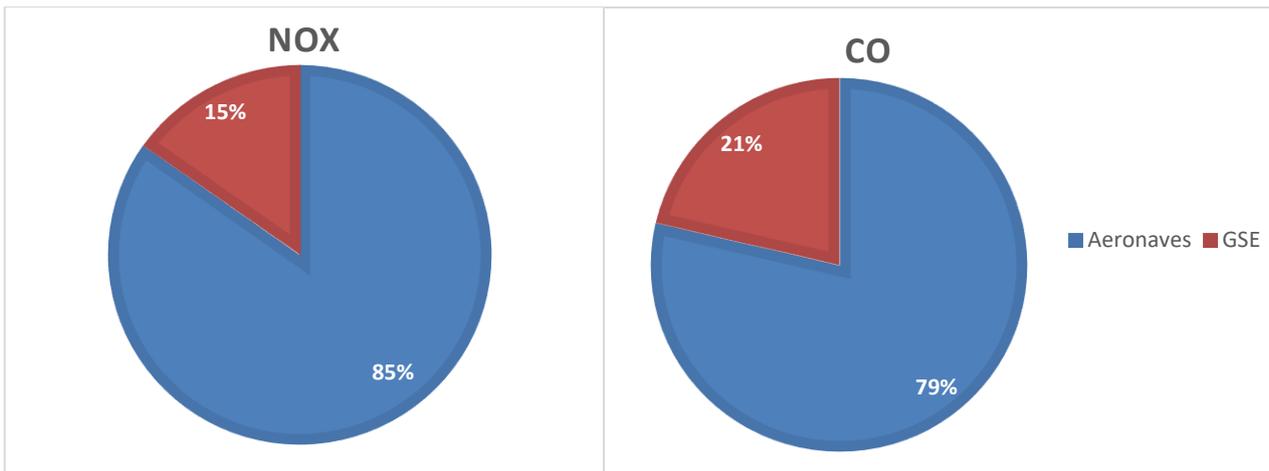


Figura 9: Relación de las emisiones, de las aeronaves y los GSE en el día promedio. Izq: Monóxido de Carbono (CO). Der: Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>)

## 5. CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado, respecto a las emisiones debido a la operación de aeronaves utilizando el software AEDT y de los cálculos con la base de datos de ICAO, se observa que los resultados obtenidos poseen un mismo orden de magnitud con una variación de hasta un 40%. Si bien el ciclo analizado es el mismo (tiempos y potencias respectivas) y el AEDT utiliza como base de datos la de ICAO la diferencia radica principalmente en la modelización e hipótesis propias del programa.

Por otro lado, comparando las emisiones de los GSE con aquellas producto de la operaciones de las aeronaves, se observa que el porcentaje es mayor al esperado donde el aporte de CO es de hasta un 36% y el del NO<sub>x</sub> alcanza el 27%. La diferencia principal en entre dichos porcentajes tiene que ver con las emisiones propias del tipo de combustible utilizado por los GSE.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos no tienen en cuenta las emisiones producto del tiempo y distancias en traslado y posicionamiento de los GSE dentro de la plataforma, por lo que a partir de los próximos estudios se espera que el porcentaje relativo de aporte de los GSE aumente de forma considerable dependiendo del aeropuerto analizado.

Para lograr una caracterización completa de los gases contaminantes producto de la actividad aeroportuaria este tipo de estudio debe ser complementado con el análisis de las emisiones de las otras fuentes presentes en un aeropuerto: Parte Pública, fuentes puntuales, Ground Access Vehicles (GVA), entre otros tantos.

## REFERENCIAS

- [1] International Civil Aviation Organization, “Global Air Navigation Plan Fourth Edition,” pp. 1–128, 2013.
- [2] A. Report, “Annual Report 2014-2015,” 2015.
- [3] EUROPEAN ORGANISATION NAVIGATION FOR THE SAFETY OF AIR, “Airport Local Air Quality Studies,” 2005.
- [4] T. Horstmeier and F. De Haan, “Influence of ground handling on turn round time of new large aircraft,” *Aircr. Eng. Aerosp. Technol.*, vol. 73, no. 3, pp. 266–271, 2001.
- [5] ICAO, *Airport air quality manual*, vol. 1. 2011.
- [6] “AIRPORT PLANNING B 737.” .
- [7] K. Johnson, S. E. Bennett, A. S. Highway, L. Rock, S. Grossman, E. Potts, and L. Mckee, *REPORT 149 Improving Ground Support Equipment Operational Data for Airport Emissions Modeling.* .

- [8] S. Rosenbloom, D. H. Butler, J. Robert E. Skinner, V. a. Arroyo, J. B. Barker, W. a. V. Clark, J. Eugene A. Conti, J. M. Crites, and P. J. C. Hammond, *Airport Ground Support Equipment (GSE): Emission Reduction Strategies, Inventory, and Tutorial*. 2012.
- [9] A. F. A. Aeropuerto, D. S. Rafael, and D. I. Tránsitos, “Movimiento operacional de los aeropuertos del Sistema Nacional Aeropuertos del SNA Pasajeros,” pp. 5–6, 2015.
- [10] MADHEL Manual De Aeródromos y Helipuertos, Dirección Nacional de Inspección de Navegación Aérea Dirección Regulación, Normas y Procedimientos. Departamento Información Aeronáutica.