

Análisis de la interacción entre la operatividad aerocomercial y el entorno inmediato. Competitividad Territorial.

Matías Coppa¹, Juan Ignacio D'Iorio¹, Sergio Pitrelli¹, Alejandro Di Bernardi¹

El objeto del presente trabajo es evidenciar la relación existente entre el aeropuerto y su entorno, para lo que se caracteriza la población afectada por las emisiones gaseosas y acústicas producidas por las plantas de poder de las aeronaves que operan en el aeropuerto; se estudia la afectación al entorno aeroportuario mediante la relación con las servidumbres aeronáuticas, específicamente las superficies limitadoras de obstáculos (SLOs); y la posibilidad de accidentes en el entorno inmediato basado en las estadísticas existentes.

Se realiza un estudio comparativo sobre distintos aeropuertos testigo en base a documentos publicados anteriormente por el Grupo de Transporte Aéreo del Departamento de Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Las emisiones gaseosas y acústicas analizadas son las producidas durante el ciclo Landing Take-Off, las cuales fueron obtenidas mediante software de simulación. Se plantearon distintos escenarios operacionales de los aeropuertos, para proceder a su simulación y posterior obtención de las curvas de dispersión de contaminantes.

Seguidamente se contrastan los mapas de accidentes aéreos en el entorno inmediato y los casos de afectación a través de las SLOs, considerando las áreas proyectadas de las mismas sobre el terreno. Para poder estimar las zonas afectadas se contrastan todos los resultados con datos censales del entorno que circunda al aeropuerto. [1]

El estudio efectuado se encuentra encolumnado con los objetivos del comité de protección ambiental aeronáutica (CAEP) conformado por la Organización de aviación civil internacional (OACI), particularmente con los del Grupo de Trabajo 1 (WG1), Grupo de Trabajo 1 (WG2) y Grupo de Trabajo 3 (WG3).

Palabras clave: entorno, aeropuerto, ruido, gases, SLO.

Contexto Internacional

El transporte aéreo es un importante componente de la economía e incide de forma directa en el desarrollo y el bienestar de las poblaciones. La provisión de servicios aerocomerciales y de infraestructura aeroportuaria son elementos esenciales de cohesión territorial, que en función de sus características cualitativas, pueden generar beneficios económico-sociales en la economía del país [1].

El volumen del tráfico aéreo mundial se ha venido duplicando una vez cada 15 años desde 1977; se espera que este crecimiento continúe a pesar de ciclos de recesión cada vez mayores [2]. 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% [3]. Este crecimiento en el tráfico aéreo se verá reflejado a su vez en el incremento en la cantidad de operaciones y su correspondiente actividad aeroportuaria.

Un aeropuerto se caracteriza por ser un nodo de intercambio multimodal de transporte donde se dan las transferencias tierra-aire y aire-tierra, pasando de un medio aéreo a uno terrestre y viceversa. Naturalmente, para el buen funcionamiento, es necesario contar con la infraestructura adecuada, de forma tal que se realicen las operaciones y el intercambio. Esta situación deviene, por lo general, en una transformación paulatina y progresiva de aeropuertos con entornos rurales a urbanos, donde la competencia territorial resulta evidente.

Lamentablemente, esta situación de crecimiento no es siempre consensuada, resultando en las correspondientes penalizaciones.

El crecimiento de un aeropuerto y de la ciudad a la cual brinda servicio, puede concluir en la formación de un Aeropuerto City o Aerotrópolis; dichos conceptos han sido estudiados y desarrollados por distintos autores desde hace ya más de una década debido a la aparición cada vez más frecuente de aeropuertos con características similares.

Schiphol Group describe un Airport City como un centro dinámico de integración de personas, negocios, logística, compras, información y entretenimiento. Es decir, tomando como punto central el aeropuerto, se combina la logística aeroportuaria, viajes de negocios, ocio y tiempo libre, siempre a través de la planificación de uso de suelo [4].

Los grandes aeropuertos del mundo empiezan a adoptar esta forma de diseño. Actualmente la tendencia en el manejo de los aeropuertos es complementar las técnicas tradicionales de funcionamiento con actividades comerciales, atracciones culturales, hoteles o lugares de estadía, oficinas, centros de convenciones y exhibiciones, áreas de ocio recreación y fitness, logística y distribución, catering y servicios de comida, zonas de libre intercambio, outlets de fábricas, y servicios médicos.

Pero no solo lo que se encuentra dentro del predio aeroportuario puede modificarse, sino que una de las características de estos nuevos aeropuertos es también la transformación de toda la zona que rodea al mismo. En las inmediaciones se desarrollan industrias no relacionadas a la aviación como pueden ser el almacenamiento, centros financieros y comerciales, para lograr de esta forma la maximización de los ingresos no relacionados al viaje aéreo. A su vez, se ha observado con mayor frecuencia el asentamiento de grandes compañías y fábricas (generalmente multinacionales) en zonas cercanas.

Lógicamente clave para que el flujo de personas y/o carga pueda satisfacer la demanda, es necesario garantizar una accesibilidad adecuada a los predios aeroportuarios. Podemos caracterizar algunas de las situaciones principales de un Airport City como:

- Emplazarse en una ciudad con un gran número de habitantes
- Estar completamente inmerso en zonas urbanizadas
- Contar con servicios no aeronáuticos en la terminal y alrededores
- Estimular el desarrollo de la industria y actividades comerciales

La falta de planificación aeroportuaria genera restricciones a su propio desarrollo por la limitación en su capacidad de expansión, necesaria para hacer frente al constante aumento de tránsito de pasajeros y/o carga. Asimismo, el aeropuerto también se transforma en un obstáculo para el avance de la ciudad. Se presenta a continuación el caso del aeropuerto y la ciudad de Las Vegas, California, Estados Unidos.

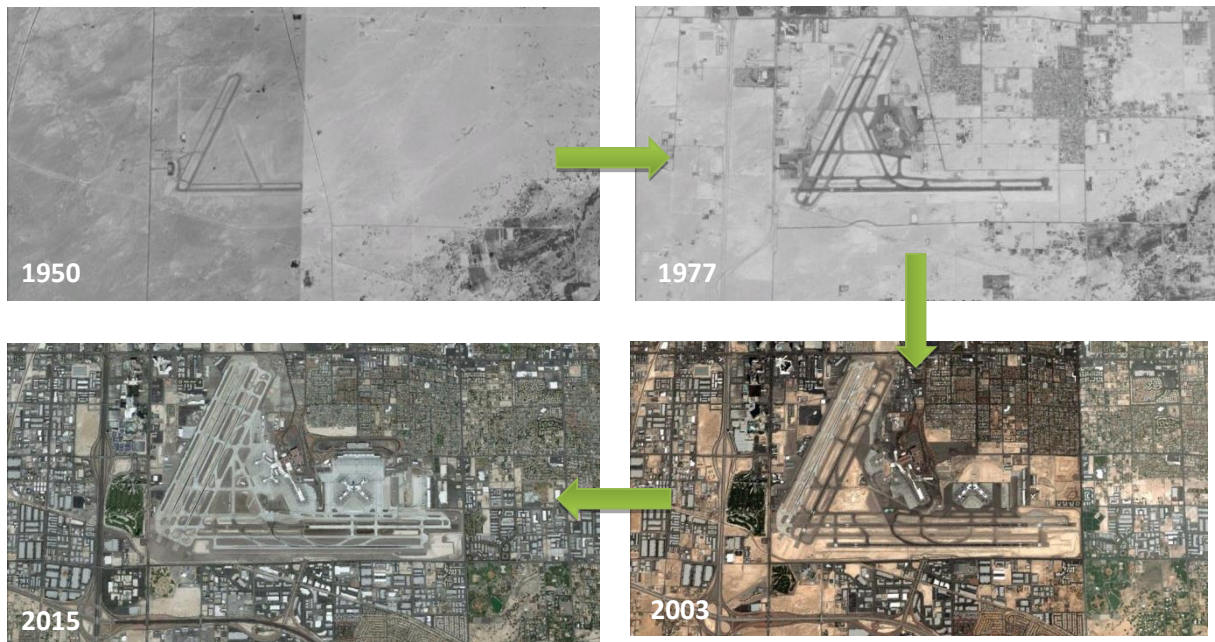


Figura 1. Crecimiento del entorno aeroportuario, Aeropuerto Internacional de Las Vegas

A partir del análisis de las imágenes se puede observar la evolución del aeropuerto de rural a urbano, donde se observa un crecimiento constante y en conjunto entre ambos actores. Llegada esta situación, ante una necesidad de crecimiento del aeropuerto, las respectivas autoridades del aeropuerto y de la ciudad deberán evaluar la mejor opción: traslación del aeropuerto a otra ubicación, expropiación de tierras del entorno aeroportuario o cierre y utilización de las instalaciones aeroportuarias para otros usos. Dichas alternativas han sido aplicadas en distintos aeropuertos del mundo, se presenta a continuación un caso de expropiación de las tierras urbanas para la expansión del aeropuerto:



Figura 2. Crecimiento del entorno aeroportuario, Aeropuerto Internacional de Pekín-Capital, 2003 a 2015

A partir de un estudio [5], se obtuvo que del total de 7.780 aeropuertos comerciales (con codificación IATA u OACI), aproximadamente 910 aeropuertos se encuentran en una condición de crecimiento crítica respecto a su entorno debido a la trama urbana de la ciudad que brinda servicio. Se concluye a su vez que 22 aeropuertos han dejado de operar y 4 están próximos a hacerlo debido a los siguientes factores:

- Carencia de espacio para poder expandirse y hacer frente al aumento de la demanda del tráfico aéreo.
- Seguridad Operacional asociada con las fases de despegue y aterrizaje de la aeronave así como del movimiento de las mismas en tierra.

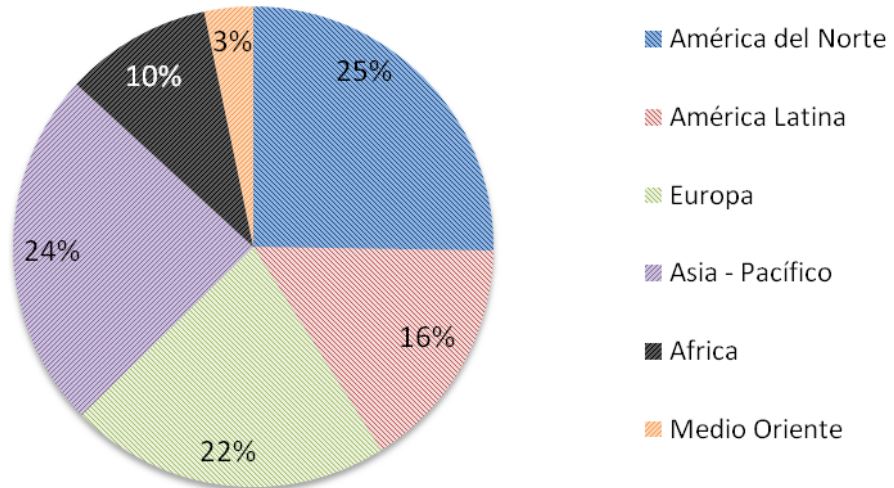


Figura 3. Aeropuertos emplazados en tramas urbanas

Entendiendo a la seguridad operacional como una problemática común en los aeropuertos urbanos, en el presente documento se analiza la interferencia de la ciudad con las Superficies Limitadoras de Obstáculos (SLOs) y los Accidentes aeronáuticos mediante el análisis de las excursiones de pista (despistes). Por otro lado, teniendo en cuenta las emisiones gaseosas y acústicas se estudiará el impacto ambiental debido al transporte aéreo en el entorno.

Se busca caracterizar la afectación del transporte aéreo en las ciudades mediante el análisis de cuatro parámetros:

- Contaminación acústica: Huellas de nivel de presión sonora – Población afectada
- Contaminación Gaseosa: Modelos de dispersión gaseosa – Población afectada
- Seguridad operacional: Superficies limitadoras de Obstáculos: Población y área afectada - Municipios interferidos
- Seguridad operacional: Localización de accidentes aeroportuarios – Probabilidad de accidentes – Área afectada.

Contexto Nacional

El Sistema Nacional Aeroportuario está compuesto por 55 aeropuertos (23 Aeropuertos Internacionales y 32 Aeropuertos de Cabotaje) que de acuerdo al Plan Estratégico Nacional son los de mayor importancia dentro del país debido a la magnitud de tráfico que manejan, el tipo de aeronaves de mayor porte que pueden operar en los mismos y, las instalaciones y servicios que prestan. De acuerdo al concepto de Aeropuerto City definido anteriormente, en el país no se encuentra ninguno que cumpla dichas condiciones, pero si existen aeropuertos en

los cuales el predio del mismo y la trama urbana se encuentran en las condiciones críticas analizadas debido a la falta de planificación y ordenamiento territorial.

Con más de 20 millones de pasajeros transportados en el 2014 en los aeropuertos del SNA, se observa la consolidación del incremento sostenido de la demanda de transporte aéreo en la última década, cuyo crecimiento total entre 2004 y 2014 fue de un 84,5%. Frente a este creciente aumento del tráfico de pasajeros, cargas y aeronaves la definición, planificación, ejecución y fiscalización de políticas en materia aeroportuaria se vuelve fundamental para satisfacer y prever las necesidades actuales y futuras de los pasajeros, de los usuarios y de la actividad aeronáutica nacional.

Si bien en el presente documento se realiza un análisis comparativo de aeropuertos nacionales e internacionales que se encuentran en dichas condiciones, se utilizará como caso de estudio aeropuertos analizados con anterioridad por este GTA y presentados en publicaciones con referato.

Contaminación acústica

La importancia en el impacto ambiental, debido a la contaminación acústica producto de la aviación comercial comenzó en 1972 cuando OACI, mediante el Anexo 16 Vol. 1, adoptó nuevos estándares de niveles de presión sonora para aeronaves de vuelo subsónico.

La contaminación sonora producida por los aviones durante los despegues y los aterrizajes en las zonas aledañas a los aeropuertos, conforman uno de los efectos directos negativos más importantes sobre la población [6]. El principal objetivo de la planificación es reducir al mínimo la población afectada por el ruido de las aeronaves mediante la introducción de la zonificación del uso del suelo alrededor de los aeropuertos y helipuertos [7]. Algunas recomendaciones y especificaciones se encuentran descriptas por OACI en el en el Manual de Planificación de Aeropuertos, Parte 2 [8].

De la normativa vigente se concluye que existen diferentes formas de afrontar la problemática del ruido de las aeronaves: desde la fuente, mediante el manejo y la planificación de los usos del suelo y mediante procedimientos operacionales y restricciones operativas. Gran parte de los esfuerzos de la OACI para hacer frente a las emisiones acústicas se han concentrado en reducir el ruido en la fuente. Los aviones y helicópteros que se fabrican hoy en día están obligados a cumplir las normas de homologación acústica adoptadas en el Anexo 16 [9].

Un ejemplo del avance tecnológico y de la interacción con el crecimiento urbano/aeroportuario fue llevado a cabo en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza donde mediante el análisis de la Evolución de la huella de ruido en tres escenarios temporales distintos (1990, 2000 y 2010) se observa que a pesar del avance de la trama urbana, creándose zonas habitadas en gran parte de las adyacencias al predio aeroportuario, el número de personas afectadas, con respecto a 1990, disminuyó un 4,15% en el 2000, y un 36,61% en 2010.

Se observa que a pesar del crecimiento de operaciones con respecto a 1990, que aumentó un 221,57% para el 2000, y un 354,10% para el 2010, la eficiencia en los motores ha logrado la disminución del tamaño de las curvas (largo y ancho), lo que se traduce en una disminución de la población afectada. Se presenta a continuación los resultados obtenidos en dicho estudio [10]:

Año	Nivel de presión sonora (dB)				Afectación total	Operaciones Año
	55 y 60	65 y 70	75 y 80	85		
1990	265.509	45.895	4.068	360	315.832	18.615
2000	188.913	109.341	4.128	325	302.707	41.245
2010	184.621	14.257	1.145	176	200.199	66.065

Si bien se reconoce a la contaminación sonora como uno de los efectos directos negativos más importantes sobre la población, la percepción de una comunidad y por ende el total de la población afectada depende de distintos factores: nivel de presión sonora del evento, duración del evento, frecuencia del evento, horario del día, reacción individual al evento, densidad de población, nivel de presión sonora de ambiente, condiciones meteorológicas, entre otros [11].

Un Aeropuerto nacional particular de análisis es el Aeropuerto Internacional Jorge Newbery, que se encuentra emplazado en condiciones críticas para su crecimiento y de afectación a áreas sensibles de la ciudad de Buenos Aires. En la siguiente imagen se muestra las huellas obtenidas el análisis debido a las operaciones por ambas cabeceras:

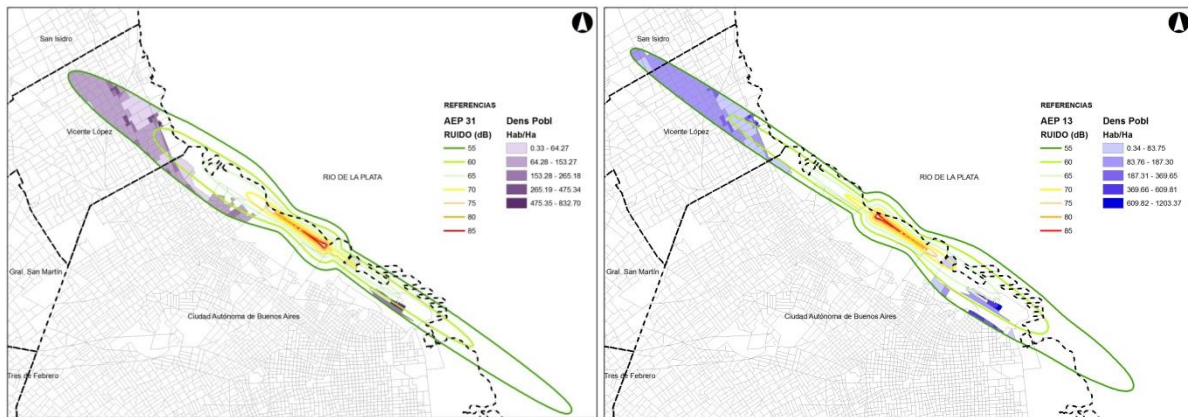


Figura 4. Población afectada por el ruido: Izquierda - Pista 31, Derecha – Pista 13 [12]

Para la estimación de la población afectada se suele utilizar un software de información geográfica (gvSIG, Arc GIS, entre otros) junto con los radios censales de la ciudad correspondiente. Los resultados obtenidos en dicho estudio marcaron que la población afectada alcanzaba los 150.000 habitantes y un área total de 13.600.000 metros cuadrados por las operaciones en dicho aeropuerto.

En la siguiente imagen (Fig. 3) pueden observarse las huellas en el Aeropuerto Internacional de Guarulhos, donde el mismo se encuentra totalmente inmerso en la ciudad de San Pablo, y en el Aeropuerto Internacional de Santiago de Chile donde el crecimiento de la mancha urbana se dió en toda la zona este y sur del aeropuerto, llegando en la actualidad prácticamente al límite del predio del mismo.

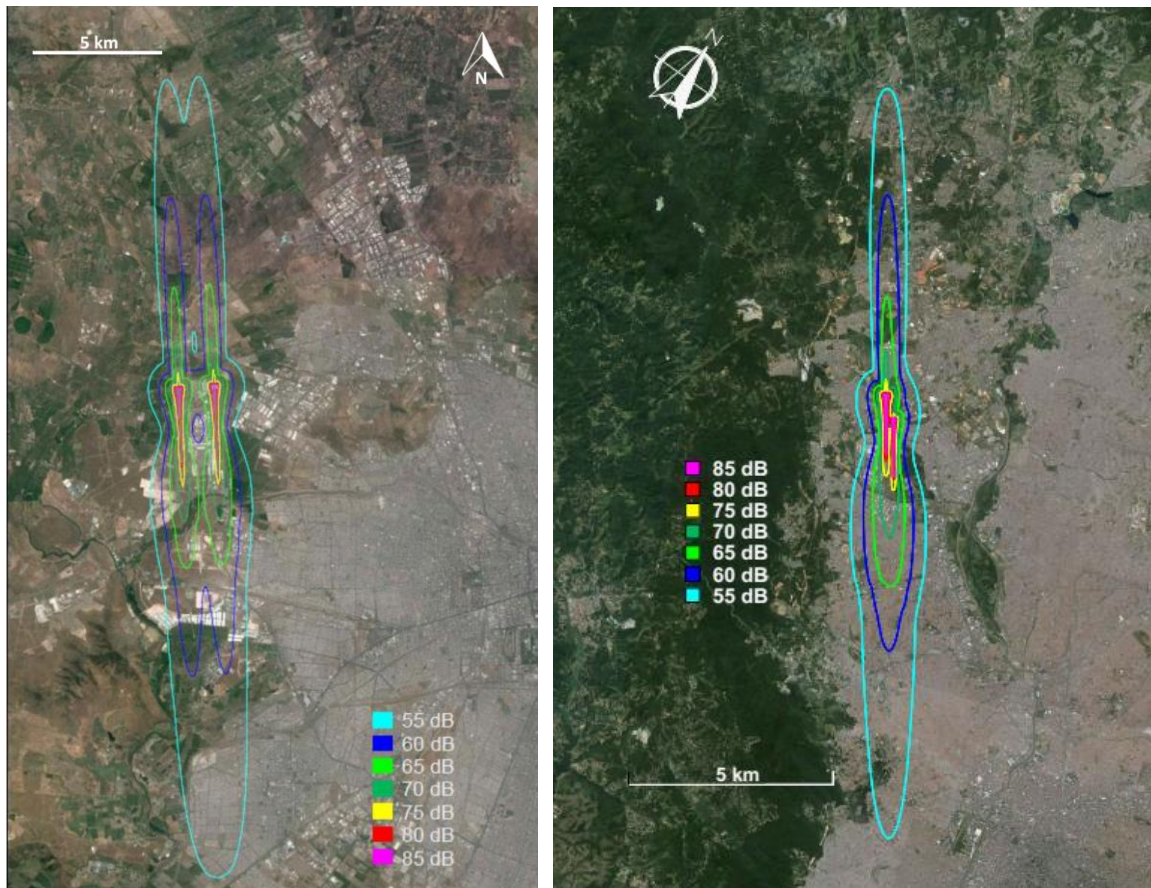


Figura 5. Huellas acústicas en: Izquierda: Aeropuerto Internacional de Santiago de Chile [13], Derecha: Aeropuerto Internacional de Guarulhos [14].

Contaminación gaseosa

Las emisiones de los motores de los aviones incluyen el dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos no quemados (HC), material particulado (PM), compuestos orgánicos volátiles (VOC_s), y otros compuestos [15], [16]. Aproximadamente un 70% de dichas emisiones son CO_2 y un 30 % de H_2O , donde el resto de los compuestos representan menos del 1%.

Para una mejor caracterización de las emisiones y evaluación del impacto ambiental identificamos dos etapas de vuelo en el cual la aeronave opera: en el entorno aeroportuario, compuesto por el ciclo Landing Take-Off (LTO) y vuelo en crucero. Si bien se han realizado estudios comparativos de las mediciones en ambas etapas [17], en el presente documento se analizará el impacto en el ciclo LTO debido al impacto directo en la población que reside en el entorno aeroportuario. Se presenta a continuación la afectación de los óxidos de nitrógeno sobre la Ciudad de Buenos Aires debido a las operaciones en el Aeropuerto Jorge Newbery,

además se presenta una tabla con los habitantes y el área afectada por el resto de los gases analizados:

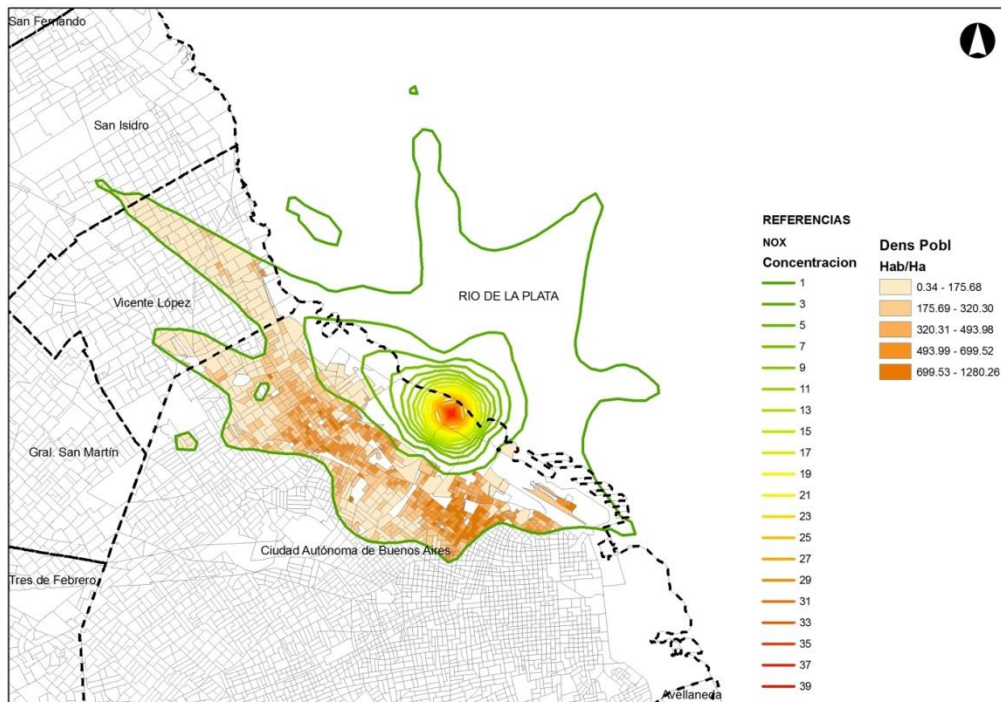


Figura 6. Población afectada por el NO_x, concentración en µg/m³. [18].

Concentración	Población Afectada (habitantes)	Área Afectada (m ²)
Población Afectada por CO		
2 (mg/m ³)	1.076.550	50.672.900
12 (mg/m ³)	2.500	150.000
Total	1.079.050	50.822.900
Población Afectada por NOx		
1 (mg/m ³)	677.000	29.231.250
3 (mg/m ³)	19.800	1.448.500
5 (mg/m ³)	750	82.500
Total	697.550	30.762.250
Población Afectada por HC		
0,25 (mg/m ³)	236.380	9.913.600

Cabe destacar, que las aeronaves no son la única fuente de emisiones en la actividad aeronáutica. Esta incluye, a su vez, el tráfico desde y hacia los aeropuertos, autobuses de transporte, equipo de apoyo en tierra (GSE), unidades de potencia auxiliar (APU) que pueden llegar a contribuir hasta un 18% del total [19] [20]. Existen en la actualidad distintos métodos de cálculo los cuales incluyen modelos de simulación operacional, atmosférica, entre otros [21].

La importancia de dichos análisis radica en el impacto ambiental generado y la afectación en la salud de los habitantes, algunos de los efectos producidos pueden ser enfermedades

respiratorias y cardiovasculares, cambio en las funciones pulmonares e incremento de problemas respiratorios de acuerdo a algunos estudios, entre otros. De acuerdo a un estudio, las emisiones gaseosas del sector de transporte aéreo emitidas en el año 2006 produjeron 9.970 muertes prematuras en todo el mundo, las cuales el 20% de ellas son debido a los gases emitidos durante el ciclo LTO [22].

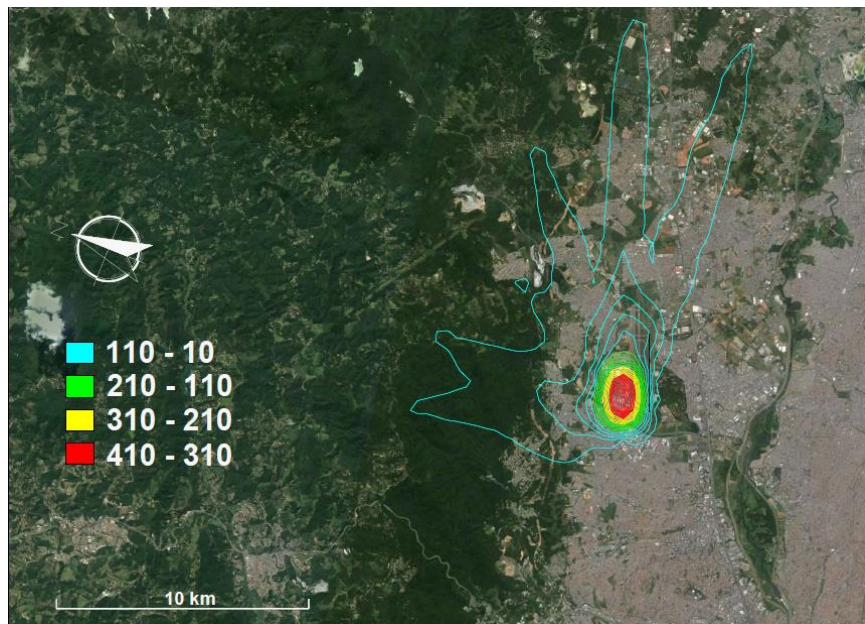


Figura 7. Curvas de concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por las operaciones en el Aeropuerto Internacional de Guarulhos [14].

Superficies limitadoras de obstáculos

Las SLOs son superficies complejas cuya finalidad es definir el espacio aéreo libre de obstáculos alrededor de los aeropuertos para que puedan llevarse a cabo las operaciones con seguridad y evitar penalizar o inutilizar los aeródromos por obstáculos en el entorno. Es decir, son superficies imaginarias que permiten una operación segura de las aeronaves durante sus fases de aterrizaje, despegue y vuelos en circuito.

Las SLOs dependen de la clave de referencia y del tipo de aproximación a pista del Aeropuerto, si bien son complejas y están formadas a su vez por superficies de distinta geometría, las mismas marcan los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio. Se presenta a continuación una proyección de las mismas en el Aeropuerto San Martín de los Andes donde se observa la interferencia con la orografía

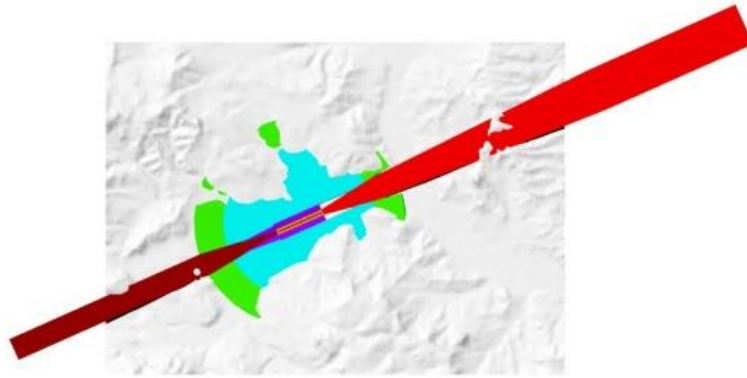


Figura 8. Análisis año 2007 - San Martín de los Andes.

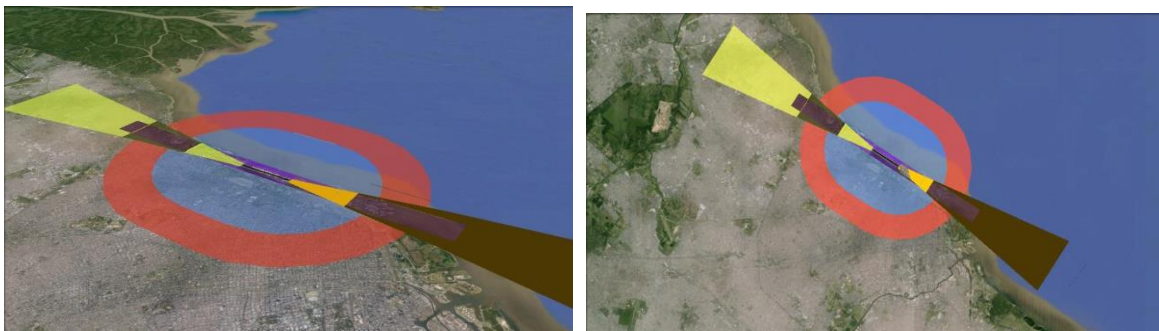


Figura 9. Proyección de las SLOs en el Aeropuerto Internacional Jorge Newbery.

A partir de un estudio realizado en todos los Aeropuertos del SNA se concluye que las superficies totales de las áreas urbanas afectadas resultan ser 887 km², que comparándola con la superficie de la ciudad autónoma de Buenos Aires (200 km²) representa 4,4 veces la superficie de la misma. A su vez, a partir de los datos de los partidos municipales y teniendo en cuenta los datos de población y densidad, se obtuvo que la cantidad de población afectada por las SLOs en todo el país alcanza los 3.901.957 habitantes; comparándola con la población total de Argentina (40.117.096 habitantes) representa el 9,73% [23].

Las extensiones de las mencionadas superficies hacen necesario que deban ser consideradas por los planificadores que intervienen en la redacción de los Códigos Urbanos (CoU), tanto a nivel municipal, provincial e inclusive nacional debido a la cantidad de partidos en los que éstas pueden afectar. Un ejemplo de dicha situación se da en el Gran Buenos Aires, donde a partir del análisis de los 18 emplazamientos aeroportuarios se observa que impactan en 31 partidos además de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires [24].

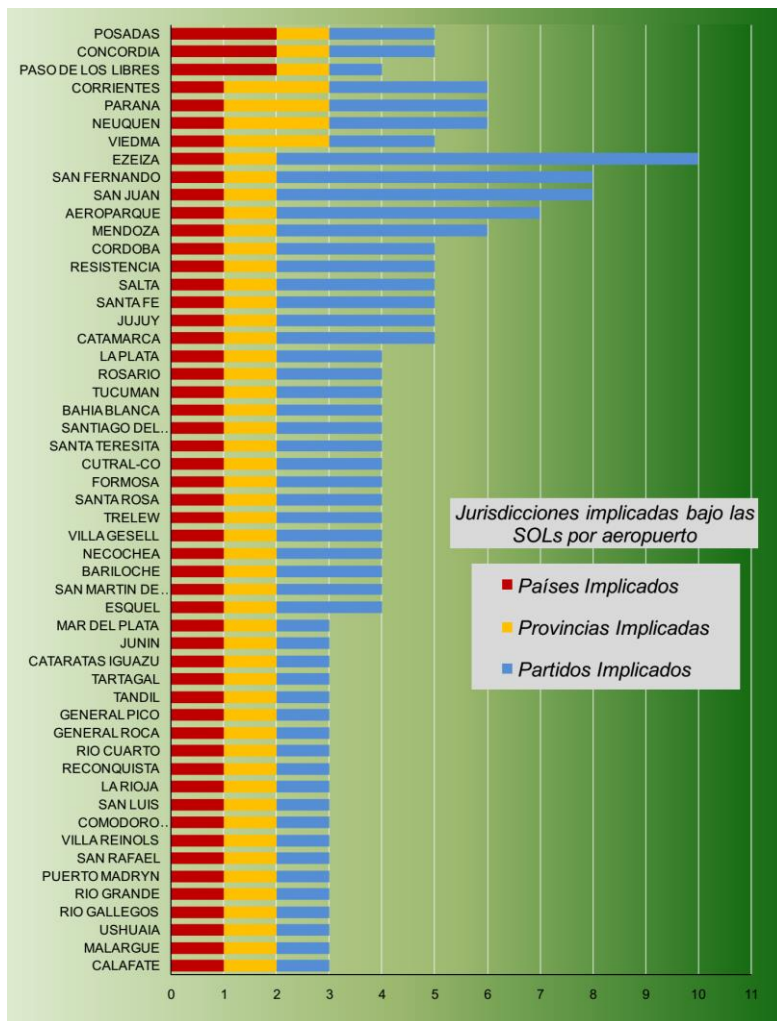


Figura 10. Jurisdicciones implicadas bajo las SLOs [24].

En ese mismo estudio se concluye que casi el 13 % (12,87 %) está en la zona de influencia de las superficies de más de un aeropuerto, lo cual muestra la necesidad de la planificación integral y profundización del tratamiento de la temática. Se presenta a continuación una imagen de los resultados obtenidos:

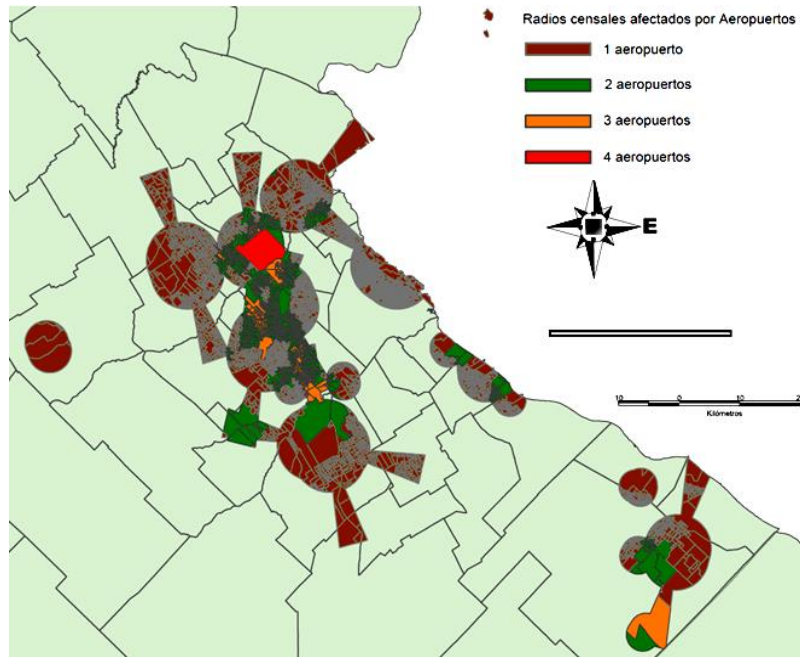


Figura 11. Población afectada por más de un Aeródromo/Aeropuerto. [24].

Un caso de actuación de la Autoridad Aeronáutica en la interferencia de las SLOs con la ciudad puede observarse en el Aeropuerto Jorge Newbery, donde mediante la Disposición N° 126/98 se han delimitado las mismas; esta situación se contempla en la siguiente figura:

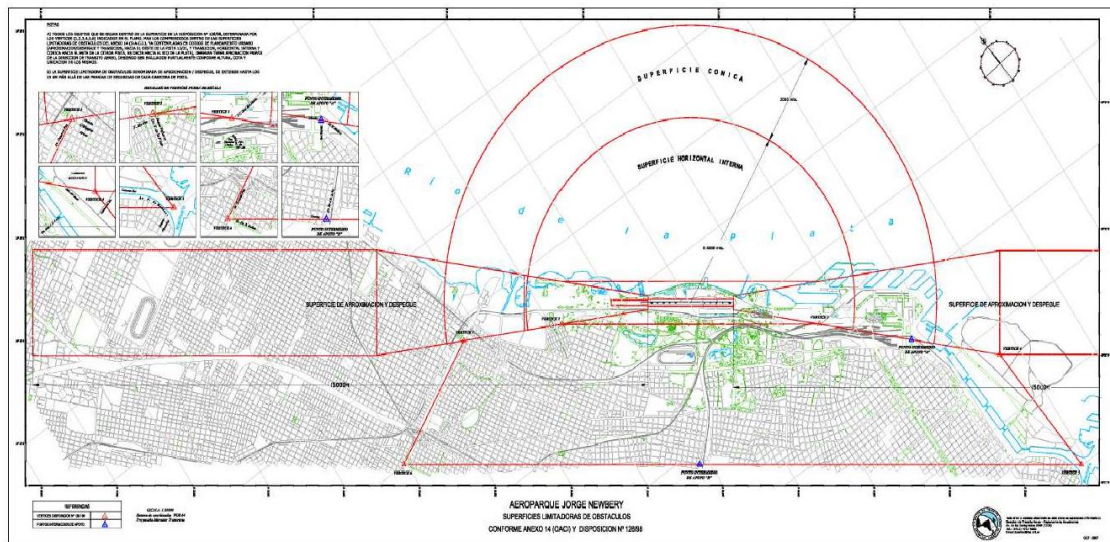


Figura 12. Modificación de las SLOs en el Aeropuerto Jorge Newbery.

Cabe destacar que si bien las mismas han sido modificadas de acuerdo a su traza original, al proyectar las mismas sobre la ciudad la población total que se encuentra por debajo alcanza los 1.500.000 habitantes como se muestra en la Figura 9.

Accidentes

De acuerdo al Anexo 13: "Investigación de accidentes e incidentes de aviación", se define a un accidente como a *"Todo suceso, relacionado con la utilización de una aeronave, que ocurre dentro del período comprendido entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave, con intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las personas han desembarcado, durante el cual: cualquier persona sufre lesiones mortales... la aeronave sufre daños o roturas estructurales la aeronave desaparece o es totalmente inaccesible.*

Si bien las fases de aterrizaje y despegue suponen aproximadamente un 2% del tiempo de vuelo, un estudio realizado por Boeing a lo largo de los últimos 50 años demostró que acaparan más del 30% de los accidentes aéreos. Estos suelen traducirse en numerosas pérdidas humanas, ya sea de pasajeros o transeúntes ajenos a la aeronave, así como también masivas pérdidas materiales [25].

De los accidentes ocurridos durante el aterrizaje y el despegue, más del 95% se atribuyen a excursiones de pista. Una excursión de pista ocurre cuando una aeronave se sale por los lados, o excede su pista designada tanto en el aterrizaje como en el despegue. A partir del estudio de la base de accidentes aéreos de ADREP (Accident/Incident Data Report) de la OACI, en donde se hace referencia a 576 accidentes ocurridos entre los años 1970 y 1989, y a partir de la base de datos de "World Aircraft Accident Summary - WASS" [26], la cual abarca un período de 21 años, desde 1990 hasta 2010 inclusive, este GTA ha realizado estudios de localización de accidentes dentro del predio aeroportuario, los cuales se presentan a continuación.

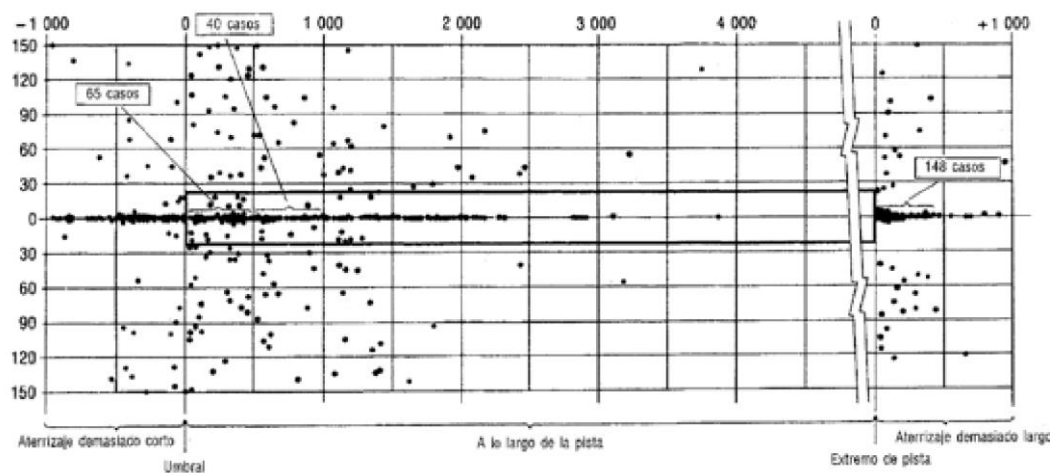


Figura 13. Posición final de las Aeronaves accidentadas (ADREP).

En cuanto a la fase de vuelo, se encontró que la gran mayoría de las excursiones de pista ocurren durante el aterrizaje. Esto no debe sorprender dado que las excursiones de pista, y particularmente aquellas ocurridas durante la fase de aterrizaje (72%), son el accidente aéreo más recurrente según determinaron varios organismos como IATA [27]. El aterrizaje, a diferencia del despegue o de otras fases de vuelo, involucra el control estricto de diversas variables con un consecuente aumento en la carga de trabajo de la tripulación, convirtiéndola así en la fase más propensa a sufrir excursiones de pista. A partir de la base de datos de la *WASS* se realizó el siguiente mapa estadístico, que tiene en cuenta la posición final de la aeronave accidentada, se presenta a continuación el caso específico detrás del umbral.

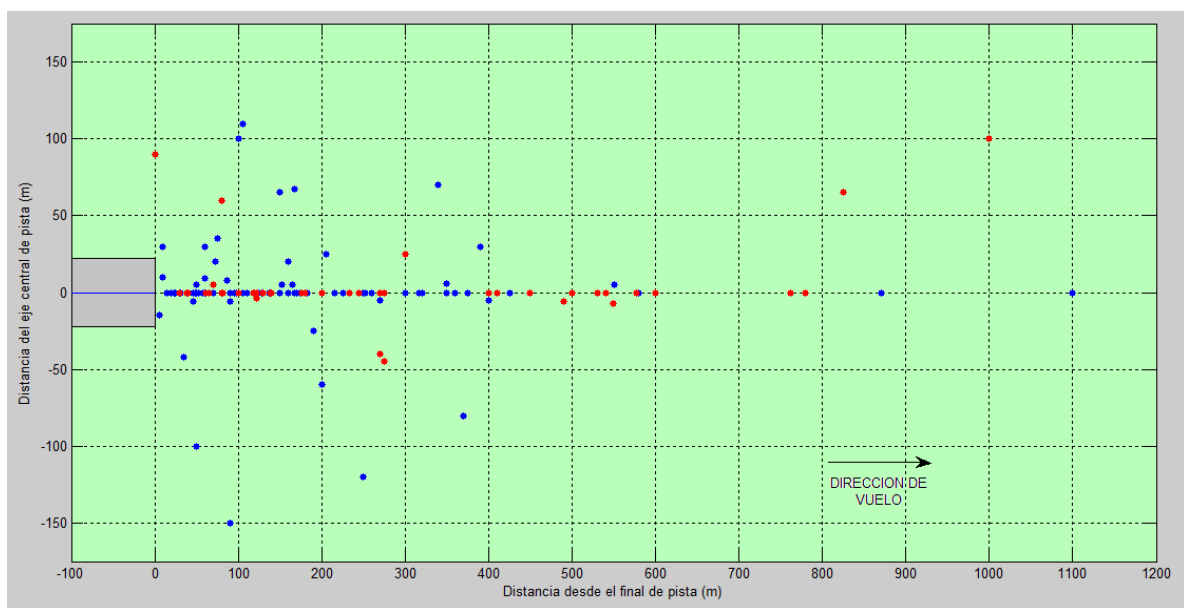


Figura 14. Posición final de las Aeronaves Accidentadas ubicadas detrás del umbral de pista por Aterrizaje Largo (Fuente: Elaboración Propia).

La gran mayoría de estos accidentes se ubican dentro de los 600 metros posteriores al final de pista, en la prolongación del eje de la misma, debido a los accidentes ocurridos por un Aterrizaje Largo. En la siguiente figura se presenta la proyección de la ubicación de las aeronaves accidentadas en el aeropuerto de Congonhas.



Figura 15. Excursiones de Pista emplazadas en el Aeropuerto de Congonhas, San Pablo, Brasil.

A partir de la composición de los perfiles longitudinales y transversales de la localización de los accidentes, se realizó un modelo estadístico en función de la ubicación y la probabilidad de accidente. En la siguiente figura se observa la probabilidad de sufrir un accidente en el Aeropuerto Jorge Newbery.



Figura 16. Modelo estadístico aplicado en el Aeropuerto Jorge Newbery.

Conclusiones

El desarrollo de la actividad humana y el crecimiento de las urbanizaciones hacia los aeropuertos no es un tema menor, debe ser difundido para su conocimiento y consideración en los desarrollos de planes estratégicos, códigos urbanos, planes maestros, entre otros. La falta de planificación lleva a una restricción operacional en el aeropuerto con considerables pérdidas económicas, y una afectación ambiental directa a la población que reside en el entorno aeroportuario.

La planificación y gestión del uso del suelo es un medio eficaz para garantizar que las actividades de ambos actores sean compatibles. El crecimiento de la actividad aeronáutica, asociado a la tendencia mundial del incremento de la densidad de población en grandes ciudades, se verá reflejado en la aparición de nuevos Aeropuertos City.

Por otra parte, debido a las extensas áreas de afectación se ve la necesidad del tratamiento del tema en conjunto por los distintos partidos o jurisdicciones implicados. El trabajo en el tratamiento del tema por una o algunas jurisdicción, puede ser totalmente en vano si no se toman conciencia del tema desde una visión sistémica, a su vez, se refleja la importancia del tratamiento del tema en los Códigos de Ordenamientos Urbanos con relación a la seguridad operacional de las operaciones aéreas.

Bibliografía

- [1] J. D. Kasarda, "The Evolution of Airport Cities and the Aerotropolis," *Airpt. Cities Evol.*, pp. 1–39, 2008.
- [2] International Civil Aviation Organization (ICAO), "Global Air Navigation Plan - Capacity and Efficiency," 2013.
- [3] International Civil Aviation Organization (ICAO), "2013 Environmental Report : 'Destination Green,'" 2013.
- [4] a. P. Saraf and G. L. Slater, "An efficient combinatorial optimization algorithm for optimal scheduling of aircraft arrivals at congested airports," *2006 IEEE Aerosp. Conf.*, pp. 1–11, 2006.
- [5] M. Coppa, E. M. Brito, G. Ramírez, N. Tomassini, and D. Pablo Gregorio., "Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes," in *IV Congreso de la*

- Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo*, 2013, p. 151.
- [6] P. Mieszkowski, “An estimate of the effects of airport noise on property values,” *J. Urban Econ.*, vol. 5, no. 4, pp. 425–440, 1978.
- [7] A. V. Moudon, “Real Noise from the Urban Environment. How Ambient Community Noise Affects Health and What Can Be Done About It,” *Am. J. Prev. Med.*, vol. 37, no. 2, pp. 167–171, 2009.
- [8] International Civil Aviation Organization (ICAO), “Doc 9184: Airport Planning Manual,” 2002.
- [9] International Civil Aviation Organization (ICAO), “Annex 16: Environmental Protection - Volume 1: Aircraft Noise,” 1975.
- [10] J. I. D’Iorio, A. Di Bernardi, M. Coppa, J. P. Monteagudo, and N. Tomassini, “Evolución de la huella de ruido en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza,” in *Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica*, 2014.
- [11] A. Mahashabde, P. Wolfe, A. Ashok, C. Dorbian, Q. He, A. Fan, S. Lukachko, A. Mozdzanowska, C. Wollersheim, S. R. H. Barrett, M. Locke, and I. a. Waitz, “Assessing the environmental impacts of aircraft noise and emissions,” *Prog. Aerosp. Sci.*, vol. 47, no. 1, pp. 15–52, 2011.
- [12] I. D’Iorio, M. Chapela, A. Puebla, and A. Di Bernardi, “Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos de suelo,” in *IV Congreso de la Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo*, 2013, p. 215.
- [13] M. Coppa, J. I. D’Iorio, J. P. Monteagudo, and N. Tomassini, “Contaminación acústica en el Aeropuerto Internacional de Santiago de Chile y su impacto en la planificación de usos del suelo,” in *XIII Jornadas de Jóvenes Investigadores*, 2014.
- [14] A. Di Bernardi, M. Coppa, and J. I. D’Iorio, “Contaminación acústica y gaseosa en el Aeropuerto Internacional de Guarulhos y su impacto en la planificación de usos del suelo,” in *SITRAER– Air Transportation Symposium*, São Paulo, Brazil, 2014.
- [15] Federal Aviation Administration, “Aviation & Emissions A Primer,” 2005.
- [16] International Civil Aviation Organization (ICAO), “A summary of research and perspectives presented at the ICAO Workshop on Aviation and Alternative Fuels,” 2009.
- [17] E. T. Turgut, O. Usanmaz, and M. A. Rosen, “Estimation of commercial aircraft emission according to flight phase,” *J. Environmental Sci.*, p. 6, 2014.
- [18] J. I. D’Iorio, M. Chapela, and A. Di Bernardi, “Contaminación gaseosa en sistemas

- aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo,” in *IV Congreso de la Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo*, 2013, p. 139.
- [19] M. Palocz-Andresen, “Emissions at airports and their impact at the habitat,” *Period. Polytech. Mech. Eng.*, vol. 53, no. 1, pp. 13–17, 2009.
- [20] J. Hannah, D. Hettmann, N. Rashid, C. Saleh, and C. Yilmaz, “Design of a carbon neutral airport,” *2012 IEEE Syst. Inf. Eng. Des. Symp. SIEDS 2012*, pp. 40–45, 2012.
- [21] J. S. Kurniawan and S. Khardi, “Comparison of methodologies estimating emissions of aircraft pollutants, environmental impact assessment around airports,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 31, no. 3, pp. 240–252, 2011.
- [22] S. R. H. Barrett, R. E. Britter, and I. a. Waitz, “Global mortality attributable to aircraft cruise emissions,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 44, no. 19, pp. 7736–7742, 2010.
- [23] S. Pitrelli, E. A. Puebla, and R. Faut, “Superficies limitadoras de obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.,” in *IV Congreso de la Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo*, 2013, p. 416.
- [24] S. Pitrelli, A. Pesarini, A. Di Bernardi, L. Bechara, and A. Puebla, “Relación entre aeropuertos y aeródromos del ámbito metropolitano de la Ciudad de Buenos Aires a través de las superficies limitadoras de obstáculos.,” in *Terceras Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión*, 2015, p. 66.
- [25] Boeing, “Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents -Worldwide Operations 1959-2010,” 2013.
- [26] F. G. Limited, “World Aircraft Accident Summary,” 2015. [Online]. Available: <http://www.asias.faa.gov/pls/apex/f?p=100:44:0::NO::>
- [27] International Air Transport Association (IATA), “Preventing Runway Excursions. Landing on wet / Contaminated Runways.,” 2011.