

Impacto ambiental del transporte aéreo y de las infraestructuras aeroportuarias

Cristófol Jordà Sanuy



DESCRIPTORES
TRANSPORTE AÉREO
IMPACTO AMBIENTAL
AEROPUERTOS
RUIDO
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
CAMBIO CLIMÁTICO
ESPACIOS NATURALES

Durante muchos años de apostolado aeronáutico, el que fue primer presidente de la sección española de la asociación de propietarios y operadores de aeronaves AOPA, Manuel Ortigosa, repetía una y otra vez una frase simple, certera y contundente: "Dos kilómetros de carretera no llevan a ninguna parte. Dos kilómetros de pista te llevan a cualquier parte del mundo".

A pesar de que España despegó económicamente en los años sesenta, en buena parte gracias al emergente sector turístico, y a pesar de lo mucho que éste debe al transporte aéreo, nuestros planificadores han olvidado muchas veces la frase en cuestión. Las inversiones en infraestructuras aeroportuarias han sido demasiadas veces fruto de la necesidad urgente y no de la anticipación y de una programación basada en la previsión.

Durante algunas décadas, se ha abusado sistemáticamente de la transformación de bases aéreas en aeropuertos, ante la atónita mirada de un Ejército del Aire que, desde 1910 y con independencia de la situación política del país, había efectuado su trabajo con constante profesionalidad y visión de futuro.

En paralelo a una explosiva popularización del transporte aéreo, la ciudadanía ha seguido viviendo de espaldas a la realidad y a las necesidades del mismo. En diciembre de 1903, los hermanos Wilbur y Orville Wright, de Dayton (Ohio, Estados Unidos), realizaron el que se ha considerado el primer vuelo de un vehículo más pesado que el aire, autopropulsado y con cierta capacidad para controlar su dirección. Hasta febrero de 1910 no tuvo lugar el primer vuelo propiamente dicho en España, concretamente en el hipódromo de Can Tunis (Barcelona) y con un piloto y un avión franceses. La Primera Guerra Mundial supuso un acelerón tecnológico, y los últimos aviones franceses de bombardeo, Salmson y Breguet, se convirtieron, el 1 de septiembre de 1919, en los primeros aviones comerciales de la historia. Un visionario, Pierre-Georges Latécoère, impulsó la línea postal entre Toulouse y Casablanca, que años después se convertiría en la

línea transatlántica Aéropostale, precursora de Air France. De rebote, Barcelona, Alicante y Málaga fueron las tres primeras escalas, o destinos, de esa primera ruta mundial.

La propia historia de este medio de transporte ha tenido un desarrollo relámpago. De ser un experimento postal, la aviación comercial pasó a consolidarse plenamente en las siguientes décadas, si bien como medio de transporte elitista. A partir de mediados de los setenta se fue popularizando en gran medida y, gracias a la aparición de las compañías de bajo coste a principios de los años noventa, ha podido llegar hasta su amplísimo alcance social actual.

Sin embargo, esta popularización del uso ha ido acompañada de un desconocimiento generalizado, por parte de los usuarios, de los mecanismos que rigen la operación de los aeropuertos, las aeronaves y el espacio aéreo. Si lo combinamos con la aparatosidad mediática de los accidentes, los problemas de saturación de nuestros principales aeropuertos —con retrasos y colas endémicos— y los problemas de ruido para los vecinos de las principales instalaciones, en la actualidad el ciudadano medio tiene una visión muy negativa del sector y, en especial, de su impacto ambiental. Esta percepción empeoró con la delicada situación que crearon los atentados del 11 de septiembre en Nueva York, que generó nuevas necesidades en materia de seguridad aeroportuaria. La respuesta de los responsables, tanto en el ámbito europeo como en el estadounidense, ha generado situaciones muy desagradables e incómodas en los controles para los pasajeros, que, en general, no acaban de ver —zapatos y cinturón en mano— la relación entre una mayor seguridad y la persecución implacable de pintalabios y cortaúñas, con una metodología opaca y unos personajes de corte un punto felliniano.

Sin embargo, los índices de crecimiento no solo han superado el bache de 2001, sino que no dejan de aumentar, con una tasa sostenida siempre por encima del 5% anual, y del 9% anual en el período comprendido entre 1960 y 2000.

Es muy difícil dar una idea del impacto económico de la aviación comercial con unas pocas cifras pero, con datos de finales de los noventa, vemos que el número de aeropuertos era de más de 10.000, la cifra de aeronaves se acercó a las 20.000, se cubrían unos 15 millones de kilómetros para 1.250 millones de pasajeros (en 2006, el número de pasajeros fue de 2.200 millones) y se generaban 14 millones de empleos. Esta última cifra también es de difícil concreción, ya que la interrelación entre la aviación comercial y el sector turístico es tal que resulta difícil situar la frontera. En cualquier caso, para el año 2006, la cifra manejada por la asociación de empresas de transporte aéreo IATA daba el valor de 5 millones de empleos directos entre aerolíneas, aeropuertos y empresas de construcción de aeronaves. Solo en Europa estamos hablando de 7.000 empresas, donde priman los puestos de trabajo de alta capacitación y las actividades son de gran valor añadido. A esto hay que añadir unos 6 millones más de puestos indirectos y 15 de empleo inducido. Según diversas fuentes, el transporte aéreo está vinculado al 8% del PIB mundial.

La creciente sensibilidad sobre la problemática medioambiental ha arrojado sombras sobre este medio de transporte, que ha empezado a recibir críticas por una serie de problemas como la gran necesidad de espacio para las infraestructuras aeroportuarias, una emisión de ruido muy molesta y de difícil atenuación en las maniobras de despegue y aterrizaje y una tasa de utilización de combustibles fósiles, por pasajero y kilómetro, superior a la de cualquier otro sistema de transporte, lo que supone una contribución a la aceleración del cambio climático.

A continuación analizaremos someramente estas implicaciones ambientales.

Consumo de territorio y repercusiones sobre el ciclo del agua

La necesidad de espacio de las modernas infraestructuras aeroportuarias resulta evidente. Un aeropuerto moderno de tipo medio necesita pistas de, al menos, 3.000 metros de longitud, terminales múltiples, plataformas para el estacionamiento de aeronaves, una ciudad aeroportuaria con capacidad para albergar las actividades, servicios de apoyo a la aeronave y al pasajero, etc. En conjunto, estamos hablando de superficies ideales de algo menos de 1.000 hectáreas para aeropuertos simples de una pista, alrededor de 1.500 hectáreas para sistemas de dos pistas, tipo Barcelona, y algo más del doble para aeropuertos grandes, de cuatro pistas, tipo Barajas.

Evidentemente, el consumo de espacio es cuantitativamente significativo. Sin embargo, el principal problema suele ser el impacto ambiental derivado de la calidad, intrínseca o relativa, de los territorios.

El retrato robot de un espacio útil para construir o ampliar un aeropuerto es el de una superficie grande, llana y con espacios libres de urbanización, pero cercana a las grandes ciudades a las que debe prestar servicio. Dicho espacio, si existiese, sería objeto de una feroz actividad urbanizadora, y de no ser así, sería un ámbito destacado por sus valores naturales y sometido, por lo tanto, a alguna fórmula de protección como espacio natural. La falta de candidatos suele pro-



Foto: Enric Palaués-FFAC



Foto: Josep Tomàs Subirana

Figs. 1 y 2. Noventa años separan estas dos imágenes, que corresponden prácticamente al mismo punto del aeropuerto de Barcelona. La velocidad de los aviones que aparecen ha variado un orden de magnitud, la capacidad de carga se ha multiplicado por 200, uno lleva 300 veces más combustible que el otro y la distancia mínima para despegar es 25 veces mayor. Está claro que el impacto ha crecido en proporción y la sostenibilidad del transporte aéreo es un reto tecnológico de primer orden.

vocar que las instalaciones existentes sufran procesos de ampliación, que se van solapando en el tiempo y que las mantienen en permanente saturación.

A diferencia de otras ciudades europeas que trabajan con sistemas de dos o más aeropuertos, aquí ha primado el modelo de infraestructura única, por lo que difícilmente se dan casos de instalaciones completamente nuevas, salvo interesantes excepciones como Lleida-Alguaire. Tampoco la intermodalidad ha estado presente en nuestros aeropuertos hasta tiempos muy recientes —y aún hoy es incipiente—, con lo cual la mayor parte de la tarea de aproximar a los pasajeros ha recaído en el transporte privado y el taxi, lo que supone unas necesidades de espacio aun mayores.

Si comparamos este impacto con el de otras modalidades de transporte, podemos toparnos con resultados curiosos. Así, en opúsculos aparecidos en los años noventa, a mayor gloria del TGV francés, se indicaba que la superficie de terri-





Fig. 3. La necesidad de espacio es una fuente de impactos ambientales del transporte aéreo. Imagen de las obras del nuevo aeropuerto comercial de Lleida-Alguaire: el movimiento de tierras obliga a un tratamiento muy detallado del impacto sobre la hidrología.

torio consumida por la línea férrea de alta velocidad entre París y Lyon era ligeramente inferior a la del aeropuerto Charles de Gaulle de París. Lo que no se indicaba era el consumo de territorio que se hubiese necesitado para dar en TGV el mismo servicio a idéntico número de pasajeros y a las mismas distancias que desde dicho aeropuerto, probablemente algunas decenas de miles de kilómetros cuadrados si contabilizásemos las rutas intercontinentales.

La utilización de este tipo de superficies suele ser la fuente de los impactos más relevantes, como la no siempre fácil convivencia entre aeropuertos y espacios naturales protegidos, sean marismas o no, o entre aeropuertos y núcleos de población vecinos situados sobre la prolongación del eje de las pistas. Son problemas generalizados en el ámbito internacional que, desgraciadamente, no tienen soluciones de resultado óptimo e inmediato. El caso de Barcelona, con una pista situada entre dos humedales, es parecido al de una gran cantidad de aeropuertos de todo el mundo. Recordemos en este punto el aeropuerto de Niza, con una cabecera prácticamente metida en una zona de especial protección para las aves, el Washington DC National, cuyas balizas se adentran en las aguas de un meandro del río Potomac, y un largo etcétera que incluye algunos de los aeropuertos de mayor tráfico del sudeste de Estados Unidos.

Lamentablemente, este impacto sobre espacios naturales adyacentes no tiene otra alternativa que la aplicación de medidas compensatorias y, por descontado, precisa una evaluación objetiva de las opciones que garanticen un uso del suelo

ajustado a las necesidades reales del transporte aéreo. Dicho transporte no debería ser la excusa para el cambio de uso de suelo de alto valor ecológico, agrario o social, para actividades satélite o inducidas, que podrían emplazarse en zonas no necesariamente pegadas al campo de vuelo propiamente dicho. No se debería renunciar a un motor económico de primera magnitud por una aplicación robótica de normativas ambientales, y conviene recordar que las necesidades de los campos de vuelo no son para nada flexibles. Por el contrario, pavimentar un espacio natural protegido para colocar, por ejemplo, una playa de taxis pegada a una terminal, puede ser síntoma de una visión igual de integrista y obtusa del territorio, fruto de un contexto cultural que debe superarse.

Otro de los inconvenientes que se derivan de la utilización de grandes zonas llanas es la dificultad para hallar espacios de laminación de aguas pluviales. La impermeabilización de grandes superficies obliga a adoptar medidas cuidadosamente estudiadas para evacuar el agua de escorrentía, con especial atención a las puntas. En gran parte de la España mediterránea, las precipitaciones torrenciales de otoño son un problema agudo que puede complicar la gestión de los entornos aeroportuarios, tanto por inundación si no se adoptan las medidas de evacuación suficientes, como por la interferencia en los procesos de recarga de los acuíferos locales que dichas medidas ocasionan. Solo la presencia de un sumidero fluvial cercano y suficiente, caso de Barajas, por ejemplo, puede aliviar esta problemática.

Repercusiones sobre la biodiversidad

El consumo de territorio rico en biodiversidad constituye un impacto en sí mismo, que no admite medidas correctoras más allá de las preventivas y compensatorias. No obstante, la circulación aérea conlleva a su vez un tipo de incidente, las colisiones con aves, que pone en peligro la seguridad del vuelo. Se ha hablado mucho sobre cuál es en realidad el aumento de la peligrosidad que supone operar en las proximidades de una zona natural, sea marisma o estepa.

Lo verdaderamente grave es que muchas veces se ha hablado desde ópticas interesadas y subjetivas (por ejemplo para justificar la "necesidad" de eliminar los espacios naturales cercanos a un aeropuerto o para tratar de impedir la ubicación de un aeropuerto cerca de un espacio natural) y siempre hasta ahora desde el desconocimiento y con ausencia de datos fiables. Lo cierto es que para la OACI, la Organización Internacional de Aviación Civil, se trata de un fenómeno mundial con un registro promedio de 8.500 casos anuales notificados (en 30 países durante los últimos cinco años) y que nunca será erradicado del todo, ya que un simple pájaro puede generar una emergencia.

Desde 1999, y aprovechando los estudios ambientales de la ampliación del aeropuerto de Barcelona, el operador español Aena inició una labor sin precedentes en Europa al formalizar unos protocolos de estudio y actuación sobre este fenómeno. Se encargó la coordinación de los trabajos a una autoridad científica de la Universidad de Barcelona, el profesor Xavier Ferrer, quien inicialmente puso el acento en la necesidad de pedir la colaboración de las compañías aéreas y los técnicos aeroportuarios para detectar y estudiar los casos con método científico, la única forma de conocer la incidencia real, las causas y la peligrosidad relativa de los diferentes grupos de aves. La aplicación de un protocolo y la colaboración de los servicios de cetrería que Aena había contratado para mantener a raya a las bandadas que suponían una mayor amenaza permitieron identificar a los elementos más peligrosos, utilizando incluso técnicas de análisis del ADN, ya que los restos de las colisiones en el aire suelen ser exiguos. Al final, entre los más peligrosos protagonistas estaban unas aves que resultaron ser ajenas a las marismas: las gaviotas.

Se trata de aves de gran tamaño, que vuelan en bandadas y que, en la zona del aeropuerto de Barcelona, eran muy frecuentes. Su presencia era fruto de que el aeropuerto estaba situado en medio de su ruta entre el puerto y la desembocadura del río, donde podían descansar sin ser molestadas, y los vertederos de residuos urbanos, que constituían una fuente inagotable de alimento. La coordinación entre Aena y las autoridades encargadas de la gestión de residuos ha permitido actuaciones que han hecho descender muy significativamente las incidencias de este grupo.

Del mismo modo, estos estudios han permitido establecer criterios de gestión en las zonas húmedas adyacentes que minimicen la presencia de especies como las anátidas o los cormoranes en lugares peligrosos, como las sendas de ascenso y descenso, en algunos casos con medidas ingeniosas como la instalación de dormideros artificiales en puntos no conflictivos para la circulación aérea.



Foto: F.V. Rios

Fig. 4. Boeing 737 de la compañía holandesa KLM después de un "incidente" con una rapaz a 5.000 pies sobre las montañas del Penedès (Barcelona). Curiosamente, el nombre del avión, "Crested Cot", corresponde a un ave de marisma, la focha cornuda.

En la gestión de pistas la labor también es intensa. Ya no se trata de aplicar una medida espectacular, sino de sumar los resultados de diversas medidas eficaces. Por poner unos ejemplos, se está complementando la labor de los cetreros y sus halcones con la instalación de focos de barrido láser que espantan las aves que intentan posarse en una franja de seguridad alrededor de las pistas. La gestión de las zonas intersticiales herbosas entre pistas y rodaduras se efectuaba hasta hace poco con unas siegas periódicas basadas en criterios estéticos. Sin embargo, la hierba rala, con un aspecto de prado o campo de golf, constituye un gran atractivo para las aves, mientras que dejarla crecer hasta los 20 centímetros las incomoda cuando intentan posarse en ese ámbito, con lo cual se evita su presencia. Cubrir con cables o redes las acequias y cunetas de desagüe impide que los patos y otras aves, señaladas como potencialmente peligrosas, utilicen el aeropuerto para dormir.

La División de Medio Ambiente de Aena está realizando gestiones para ampliar estos estudios y sus resultados a otros aeropuertos de la red con distintas características ambientales, ya que los resultados de Barcelona son realmente alentadores. No obstante, hay que tener presente que un porcentaje elevado de incidentes se produce con aves y en zonas que nada tienen que ver con los alrededores del aeropuerto. Así, aves migratorias que vuelan en grupos masivos de miles de ejemplares (vencejos, golondrinas, estorninos, etc.) seguirán siendo un peligro a cualquier altitud y en cualquier punto.

Vertidos, residuos y sustancias peligrosas

El impacto ambiental provocado por un aeropuerto en funcionamiento es, en relación con estos aspectos, como el de una ciudad, ni más ni menos. Así, en un aeropuerto del tamaño del de Madrid pueden coexistir unos 500 vehículos a motor, se pueden llegar a generar en un año cerca de 3.000 toneladas métricas de residuos sólidos y, en un día, más de 1.000 metros cúbicos de aguas residuales.



Por dar una cifra curiosa, en 1999 Iberia recogió de sus aviones la friolera de 2.715 toneladas métricas de desperdicios, la mayoría de los cuales provenía del *catering* de a bordo.

La importancia de este problema se ve reducida precisamente por el hecho de que son impactos comunes, para los que se dispone de tecnología perfectamente eficaz a costes muy razonables. En condiciones normales, no supone ningún problema su tratamiento y, en los diseños aeroportuarios, hace mucho tiempo que se introduce como un elemento más.

Caso aparte son los vertidos, accidentales o no, de combustibles, de líquidos anticongelantes con los que en invierno se pueden rociar las alas de las aeronaves o de los líquidos de procesos industriales que tienen lugar en los aeropuertos.

En el caso particular de España, la normativa interna de Aena es muy exigente, por lo que existen mecanismos de control para garantizar la "estanqueidad" del recinto aeroportuario frente a dichos vertidos que, caso de producirse, son aislados y tratados convenientemente. Del mismo modo, la lucha preventiva, por ejemplo mediante la normativa especial de instalación de depósitos de carburante, hace que cada vez sea más difícil que un hipotético accidente en las plataformas pueda tener consecuencias graves para el entorno.

Contaminación acústica

Nadie desea llegar a un aeropuerto alejado del punto de destino final de su viaje. A pesar de que zonas tan saturadas como el área metropolitana de Londres disponen de sistemas de varios aeropuertos, algunos de los cuales pueden estar a casi cien kilómetros del centro de la metrópoli, en la práctica solo el aliciente de vuelos realmente baratos los hace atractivos. Por muchas promesas de intermodalidad y de lanzaderas que conecten con la urbe, un porcentaje muy elevado de pasajeros desea ir a Madrid-Barajas y no a unos hipotéticos Madrid-Ocaña o Madrid-Salamanca, por poner un ejemplo. Del mismo modo, existe un techo para las opciones de apoyo entre Barcelona y Girona o Reus, por citar solo los dos aeropuertos vinculados a las dos capitales de mayor demografía. Sin embargo, un aeropuerto cercano a un área habitada no puede eludir causar molestias a la parte de la población afectada por los sobrevuelos.

En los últimos treinta años de actividad aeronáutica en España, se ha producido una concatenación de hechos que ha llevado a nuestros aeropuertos a situaciones muy delicadas, y que podría resumirse más o menos así:

- Aumento de la franja de población potencialmente usuaria y, por lo tanto, gran crecimiento de la demanda. Saturación de infraestructuras a menudo obsoletas o pensadas para otros usos. Saturación del espacio aéreo.
- Falta de intervención de la administración aeronáutica en la planificación urbanística de los entornos aeroportuarios y, paralelamente, ausencia de la administración local en la planificación de los aeropuertos, sus accesos y la actividad económica en sus áreas de influencia. Colapso urbanístico en las áreas de potencial ampliación aeroportuaria.
- Creciente preocupación por la calidad ambiental del entorno próximo a grandes ciudades y aumento de la sensibilidad ante la contaminación atmosférica y acústica.



Foto: Josep Tomàs Subirana



Foto: Josep Tomàs Subirana

Figs. 5 y 6. Dos aviones que corresponden a dos generaciones tecnológicas. Si bien el Tupolev 154 (arriba) fue en su momento un gran avión, su consumo específico, con tasas de emisión de CO₂ y NO_x por pasajero y kilómetro, casi dobla el del Airbus 320 (abajo). La tercera generación está llegando con prestaciones mucho mejores. En palabras del Presidente de la IATA: "El reto del siglo XX fue volar, el del siglo XXI hacer el vuelo ambientalmente sostenible".

Con este panorama, la presión del entorno sobre las instalaciones hace que cualquier ampliación con nuevas pistas provoque rechazo, por suponer forzosamente el sobrevuelo a baja altura de áreas habitadas. La falta de previsión, o la inhibición de las autoridades aeronáuticas y el sometimiento de muchos ayuntamientos al dictado de los intereses del mercado inmobiliario, ha llevado al enclaustramiento de algunos aeropuertos de los que, para colmo, se pide el cierre. Desde hace unos dos años, la Dirección General de Aviación Civil ha intensificado notablemente sus esfuerzos e interviene de forma preceptiva y vinculante en las modificaciones de planeamiento de las áreas de influencia de los aeropuertos, mediante informes en los que comprueba que sean respetadas las denominadas "servidumbres aeronáuticas" en sus dos vertientes, geométrica y radioeléctrica. Lo malo es que, en muchos casos, el daño ya está hecho.

En estos casos, la administración ambiental optó por utilizar como método de evaluación de la magnitud del impacto las llamadas "huellas sonoras". Se trata simplemente de aplicar modelos matemáticos en los que se introduce un cierto número de variables, entre las que destacan las rutas de las aeronaves y la composición de las flotas de las compañías aéreas. El modelo más utilizado es el INM, que nos da por franjas horarias el Leq o nivel sonoro equivalente, el cual integra en dicho intervalo la energía acústica producida por los sucesos aeronáuticos acumulados. De la aplicación del modelo se

deduce un mapa de isófonas para el horario diurno y otro para el nocturno. La envolvente de la isófona 65 dB(A) día y 55 dB(A) noche configura a grandes rasgos la "huella". Dentro de dicha huella se vulneraría una recomendación de la Unión Europea, que señala esos límites y esa escala, por lo que solo se puede pensar en financiar la insonorización de los receptores, en expropiar sus bienes o en cancelar el proyecto aeronáutico.

A pesar de que el INM es un modelo en constante evolución, creado por el MITRE (un centro dependiente del prestigioso Instituto Tecnológico de Massachussets) y utilizado con gran éxito en los cinco continentes, la realidad es que la escala de medida en decibelios es logarítmica. De ahí que hablar de cualquier aumento o descenso, por pequeños que sean, supone fuertes variaciones en la percepción del receptor que, además, es absolutamente subjetiva. La utilización del nivel equivalente L_{eq} tiene ventajas, pero el grave inconveniente es que no pondera el efecto estresante que suponen los picos o episodios de ruido muy fuerte durante un intervalo corto de tiempo. Por ello, aunque Aena ha realizado una inversión sin precedentes en materia de aislamiento acústico en algunos barrios cercanos al aeropuerto de Barajas, sigue recibiendo quejas. Del mismo modo que las recibe de barrios situados en la prolongación del eje de la nueva pista del aeropuerto de Barcelona, si bien están fuera de la "huella" teórica y de la frontera de la inversión en insonorización. Los que conocen el terreno recordarán sin duda que, con la ubicación de la pista anunciada o incluso en construcción, un bosque de grúas pobló esa zona, donde se levantaron decenas de bloques a tres kilómetros de la cabecera. ¿Descoordinación entre administraciones? Sin lugar a dudas, en materia de medio ambiente, siempre es mejor prevenir, ya que las únicas medidas parcialmente paliativas son las siguientes:

- *Renovación de las flotas de aeronaves.* Los reactores de 1990 producían nueve veces menos ruido que los de 1960, y en los turbohélices el factor de disminución era de 4,5. En la mayoría de los aeropuertos de Europa, por ejemplo, desde 2002, no se permite que operen los aviones más ruidosos (denominados de Capítulo II), como pueden ser el DC-9, el DC-10 o el inefable protagonista del puente aéreo durante años, el Boeing 727, al igual que algunos aviones de fabricación soviética de la misma época y parecida tecnología. Según la IATA, en 2020, un avión común fabricado con la tecnología actualmente disponible habrá reducido su ruido en un 50%, un camino realmente interesante. Afortunadamente, los fabricantes de motores están consiguiendo que sus nuevos modelos simultaneen disminución de consumo, de emisión de CO_2 y de ruido.
- *Gestión de cabeceras y rutas.* Hasta hace pocos años, el factor que decidía prácticamente el sentido en que se utilizaba una pista era el viento dominante, en el que se debe operar contra el viento para favorecer una menor velocidad relativa respecto del suelo a igualdad de sustentación. En las circunstancias actuales, y teniendo en cuenta que los aviones modernos tienen una mayor tolerancia para operar incluso con viento en cola, factores como el aumento de la capacidad aeroportuaria o la utilización de rutas que no

molesten a los núcleos de población vecinos se tienen en cuenta en casi todos los aeropuertos a la hora de decidir en qué dirección se despega y aterriza.

- *Procedimientos de abatimiento de ruido.* Son muy útiles y consisten en realizar maniobras, sobre todo en despegue, que permitan evitar el sobrevuelo de núcleos poblados. También pueden consistir en la utilización de velocidades, regímenes de motor o configuraciones de las superficies hipersustentadoras que provoquen el mínimo ruido posible. En otros casos, se procura pasar sobre el núcleo a la mayor altitud. Se trata de procedimientos en continua evolución y los profesionales de la navegación aérea están sacándoles el máximo partido. Las rutas RNAV son un buen ejemplo, ya que consisten en la selección de un rosario de puntos por los que el avión es obligado a pasar en ascenso, con lo cual se pueden esquivar perfectamente las zonas más sensibles, en una especie de eslabon de precisión. El sistema clásico de radioayudas era inviable por impreciso.

Con el conjunto de estas medidas, los resultados pueden ser notables, aunque el mejor remedio siempre será una adecuada planificación, con supremacía de las infraestructuras de interés general sobre los intereses urbanizadores locales.

Contaminación atmosférica

En la mayoría de publicaciones divulgativas sobre el cambio climático, la aviación aparece como uno de los máximos responsables de las emisiones de CO_2 y otros gases relacionados con el efecto invernadero y, por lo tanto, con la aceleración de cambios en el clima y el calentamiento global. Las cifras de emisión por pasajero y kilómetro, en comparación con otros medios de transporte, arrojan muchas dudas sobre las posibilidades reales de que el transporte aéreo pueda ser sostenible a largo plazo, al menos tal y como se ha concebido hasta la fecha.

Sin embargo, las compañías aéreas, bien a través de la IATA, bien de forma autónoma e independiente, han pasado al contraataque profundizando en la explicación de las cifras, actualizándolas y dando argumentos acerca de la evolución que dichas emisiones han tenido y van a tener en el futuro.

El panel de expertos de las Naciones Unidas acepta para el año 2000 un reparto que, entre otros, atribuye el 14% de las emisiones de CO_2 al sector del transporte, dentro del cual las mayores tasas unitarias de emisión corresponden al avión que, por pasajero y kilómetro, emite tres veces más que un tren. A esto se añaden ejemplos aparentemente objetivos, como el de que un solo vuelo de París a Nueva York consume 120.000 litros de queroseno, que la aviación comercial consumió 39 billones de litros o que un motor de avión "consume" 500 kilogramos de aire cada segundo. No está mal. Casi cualquier ciudadano debería sentirse culpable por no hacer esa ruta en cercanías de RENFE... Veamos a qué corresponden esas cifras y cuál es la situación real.

De entrada, el sector del transporte es directamente responsable de ese 14%, como la industria y la actividad agrícola lo son de idéntico porcentaje o la producción de energía lo es del 24%. Dentro del sector transportes, el transporte por carretera produce el 10,5%, el transporte marítimo y ferro-



for City of Tomorrow

vate cars and taxis, whence they would be whisked without delay to their destination. Similar facilities would serve passengers arriving by transport planes and airship lines. By centralizing air and land terminals

in one building, the "aerotropolis" would save time now lost in journeying to and from airports far from the heart of a city.

Other parts of the building provide space for offices and light industrial plants, theaters, two enormous arenas for football and baseball games, restaurants, and cafes.

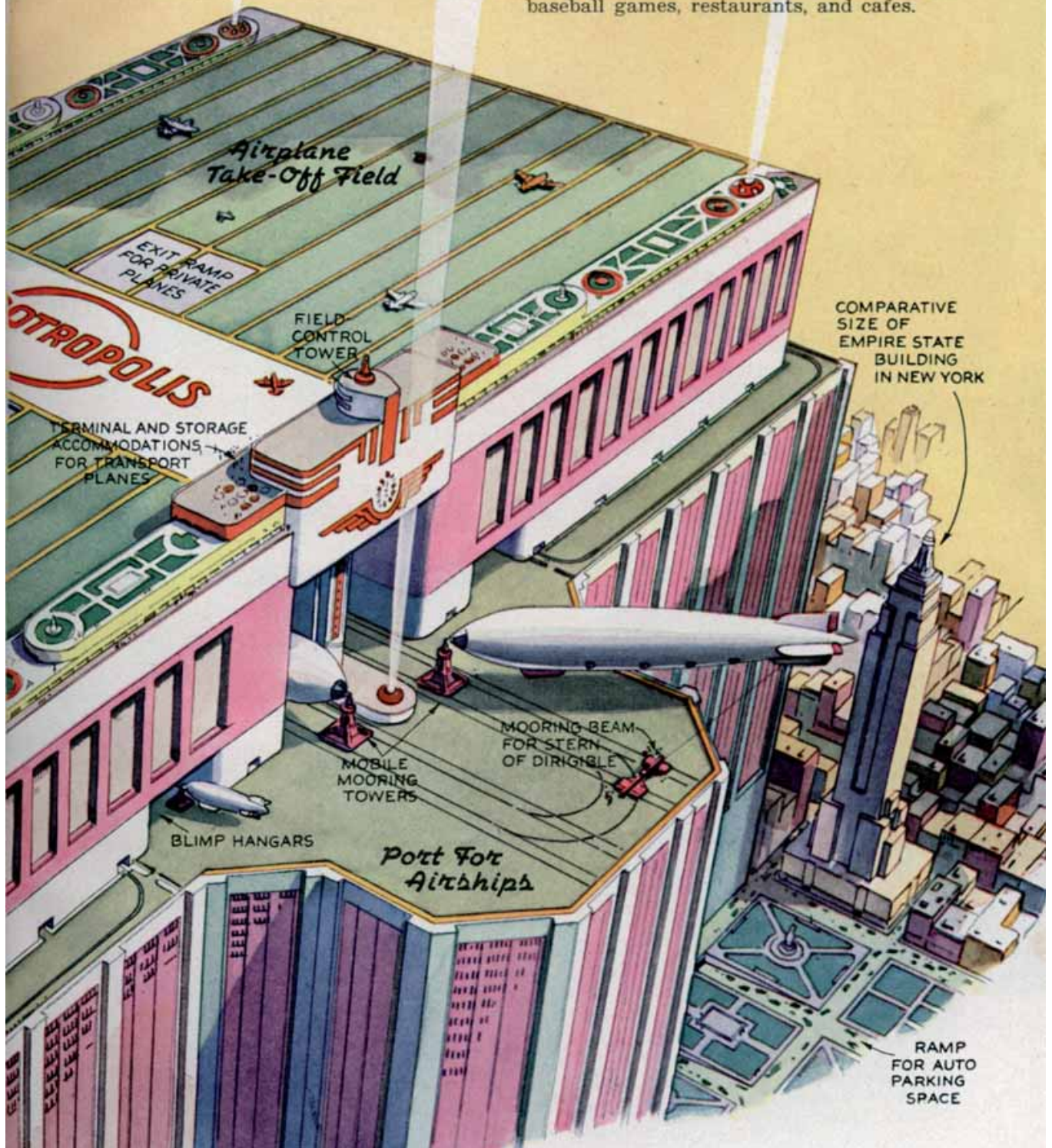


Fig. 7. Lanzar previsiones a medio plazo es siempre muy arriesgado. Contemplan una imagen de 1939 sobre lo que creían iba a ser el "transporte del futuro". Fuente: *Popular Science*, noviembre de 1939.

viario juntos el 1,9% y el transporte aéreo el 1,6%. No parece, pues, que la aviación, con su aportación del 1,6%, sea una gran protagonista en esta historia. Sin embargo, sí está siendo una gran protagonista a la hora de asumir su responsabilidad en la reducción de dichas emisiones.

Hemos hablado del CO₂, si bien gases como el vapor de agua, los óxidos de nitrógeno y otros también tienen su papel. El CO₂, no obstante, es el mejor indicador del conjunto. Cuando hablamos del ferrocarril o del transporte por carretera, olvidamos que difícilmente la elección es posible: el 80% de las emisiones en aviación se producen en vuelos a más de 1.500 kilómetros de distancia, donde no siempre existen alternativas viables al avión. También se omite que las cifras que tanto gustan a los responsables ferroviarios son consumos específicos teóricos, y se evita sistemáticamente el valor de la tasa de ocupación, al igual que se omite el detalle de que, en los modernos motores de aviación, el funcionamiento implica que solo el 20% del aire ingerido pasa por las cámaras de combustión, mientras que el 80% restante es derivado lateralmente. Por eso reciben el nombre de motores *turbofan*.

Los consumos específicos que suelen aceptarse como promedio son de 2,5 l/pasajero-km para el tren AVE y de 7,2 l/pasajero-km para el avión.

Si recalculamos las cifras con todos los datos, es decir, con un 45% de utilización media para el tren y un 75% para el avión, las cifras se acercan significativamente. Si llevamos las ocupaciones al extremo y tenemos en cuenta las flotas más modernas de aeronaves, vemos que un tren de alta velocidad puede estar arrojando a la atmósfera 112 gramos de CO₂ por pasajero y kilómetro, un coche promedio con tecnología y cifras del 2007 estaría en los 164 gramos (un coche muy ajustado, 100 gramos) y una compañía aérea con alta tasa de ocupación, flota con edad media inferior a 4 años, etc., da cifras de 95,7 gramos (*easyJet* 2007). Volviendo a las cifras de consumo de combustible, los datos del Airbus 380 ya no son de 7,2 sino de 2,9 litros, y estamos pendientes de conocer los datos del nuevo Boeing construido con materiales compuestos, mucho más ligeros, y con aerodinámica perfeccionada.

En resumen, los datos de partida a fecha de hoy suponen un nivel real no tan disparatado, sino cerca de la línea de muchos otros medios de transporte y con un potencial de ahorro superior. En los años noventa ya se produjo un punto de inflexión. Un Airbus 320 consumía un 40% menos de combustible que un DC-9 o un Boeing 727 y de un modo más eficiente. Estos datos se refieren a consumos promedio actuales. En el futuro, el gran reto de la aviación será desvincularse del uso de combustibles fósiles, cosa que ya pueden hacer, aunque sea parcialmente, otros medios de transporte (un TGV puede utilizar energía nuclear o de fuentes renovables, al menos en teoría). En la actualidad, hay dos grandes líneas de investigación: una a más largo plazo y de resultado incierto, basada en el uso de hidrógeno, y otra pensando en la obtención de alcoholes u otros biocombustibles a partir del cultivo forzado, incluso de algas... Si alguna ventaja tienen las turbinas frente a los motores alternativos es su versatilidad para usar diferentes combustibles.



Foto: Josep Tomàs Subriana

Fig. 8. Una foto para Juan Lara.

De acuerdo con las previsiones de las compañías y los fabricantes, en la Unión Europea se prevé que, en el año 2020, utilizando solo tecnología óptima del año 2000, la disminución de emisiones de CO₂ será del 50%, cifra que aumenta hasta el 80% para los óxidos de nitrógeno.

Las claves para que ese ahorro pueda ser superior se centran en los siguientes campos de actuación:

- *Mejoras en los motores.* La nueva tecnología UDF (*unducted fan* o de rotor abierto) puede mejorar en un 30% las cifras actuales.
- *Mejoras en las aeronaves.* Centradas en la gran reducción que supone la utilización de materiales compuestos como la fibra de carbono, ya usada en tecnología militar y en componentes aerodinámicos. También se está ganando terreno a grandes pasos con la mejora de la aerodinámica, disminuyendo la resistencia. Si vuelan, por ejemplo, en un Boeing 737 de las últimas series, comprobarán que el extremo de las alas se vuelve hacia arriba. Esta modificación aparentemente simple, los denominados *winglets*, supone un ahorro de centenares de litros en cada viaje.
- *Optimización de rutas.* Por este concepto, la IATA declara haber reducido las emisiones de CO₂ en el período comprendido entre 2000 y 2007 en unos 25 millones de toneladas métricas.
- *Mejora de la eficiencia.* Tanto en el sistema de control aéreo como en la operación de las infraestructuras.

Ante tal panorama, observamos que este sector, que por descontado es consciente del impacto que produce, tiene y tendrá un papel residual en un proceso mucho más amplio. La aviación pide que el esfuerzo sea asumido con igual voluntad por el resto de los sectores y, sobre todo, que los responsables políticos establezcan un régimen fiscal que premie el esfuerzo y castigue también fiscalmente las actividades casi marginales que basan su exigua rentabilidad en la nula reinversión, exprimiendo flotas obsoletas y despreocupándose de los procesos de I+D. □

