

## **Seguridad aérea: fin de la era dorada**

La aviación en los países desarrollados ha llegado a ser tan segura que un pasajero que tomase un vuelo nacional todos los días tendría que viajar una media de 36.000 años antes de perecer en un accidente mortal. Sin embargo, existe la posibilidad de que ciertos peligros aéreos que en la década de los noventa habían desaparecido prácticamente del mundo desarrollado, estén a punto de resurgir. (Entre estos peligros se encuentran el terrorismo, las colisiones en pleno vuelo y los choques en tierra). En el presente artículo estudiamos datos recientes sobre el riesgo de mortalidad en los desplazamientos por aire y analizamos las previsiones para el futuro.

Arnold Barnett  
Massachusetts Institute of Technology  
Cambridge, Massachusetts, USA

(Palabras clave: transporte aéreo; fiabilidad de los sistemas de seguridad; análisis de riesgo estadístico)

Conferencia anual Blackett Memorial (Año 2000)

(Royal Aeronautical Society, 27 de noviembre de 2000)

## Seguridad aérea: fin de la era dorada

El título del presente trabajo sólo es viable si se aceptan tres premisas. La primera es que no hay duda de que estamos disfrutando de una verdadera “era dorada” de la seguridad aérea, en la que simplemente el mantenimiento de los niveles de riesgo en los valores actuales constituiría un panorama alentador. La segunda es que hay motivos muy serios para temer que los usuarios del transporte aéreo gozarán de una seguridad menor en los próximos años, si se compara con la de años anteriores. Pero la tercera premisa, planteada con un interrogante, es que cabe esperar que la seguridad en aviación no disminuya, a pesar de los peligros que la acechan.

En las siguientes páginas vamos a argumentar todas estas premisas. Nos basaremos en pruebas empíricas, pero también nos apoyaremos en cierto modo en la interpretación. El lector, por lo tanto, podrá pensar que algunos argumentos son más convincentes que otros, así, seguramente llegue a una conclusión diferente a la que alcanza el autor.

Comenzamos el análisis en la siguiente sección, en la que se analiza la posibilidad de medir la seguridad de los pasajeros en la aviación. A continuación procedemos a realizar algunos cálculos generales sobre los últimos niveles de seguridad. A partir de ahí, señalamos tres peligros potenciales que estuvieron en el origen de muy pocas muertes en la década de los noventa, pero que podrían causar muchas más víctimas mortales en los años siguientes. Después, sin negar esta valoración, introducimos algunos puntos en el análisis que contrarrestan el pesimismo. Por último, en la sección final, llegamos a lo que podríamos calificar como una especie de pronóstico.

### Seguridad aérea de los pasajeros: sistemas de medición

Nuestro interés recae en la seguridad de los pasajeros, y planteamos que el mayor miedo del viajero aéreo es morir en un accidente. Partiendo de esta suposición, la información sobre la posibilidad de que se produzca este resultado tiene una importancia singular. Sin embargo, existe una dificultad: varios de los “barómetros” más conocidos sobre seguridad en la aviación no guardan relación alguna con el riesgo de mortalidad por vuelo. Aquí, hablaremos del asunto estudiando dos de estos barómetros; otros se tratan en Barnett y Wang<sup>1</sup>.

#### Accidentes mortales por cada 100.000 horas de vuelo

Esta métrica se encuentra entre las utilizadas por el consejo nacional de seguridad en el transporte de EE.UU. (*US National Transportation Safety Board*) para medir los niveles de seguridad de las aerolíneas. Así, este organismo informó de que el transporte aéreo regular en Estados Unidos promedió un total de 0,2 accidentes mortales por cada 100.000 horas de vuelo durante el periodo de 1993 a 1996, un coeficiente que representa la mitad que el del mismo periodo de cuatro años en la década anterior.

Esta estadística, lamentablemente, tiene dos defectos: su numerador y su denominador. El término genérico “accidentes mortales” incluye todos los accidentes que causan al menos una muerte y, por lo tanto, desdibuja la distinción entre un accidente en el que muere un pasajero de 250 y otro en el que mueren 250 de 250. La medida no da importancia a las mejoras en la seguridad (por ejemplo, materiales que retardan el fuego) que reducen las víctimas mortales pero no las impiden.

Más aún, la estadísticas de seguridad basadas en el total de “horas de vuelo” (o, en el total de kilómetros cubiertos) son cuestionables porque la gran mayoría de los accidentes ocurren durante las fases de despegue/ascenso y descenso/aterrizaje del vuelo. Si el tiempo medio de viaje cambia de un periodo a otro, las tasas de accidentes basadas en la duración del vuelo podrían cambiar por motivos completamente ajenos a la seguridad.

Pérdidas irreparables (*hull losses*) por cada 100.000 salidas

Esta conocida medida de rendimiento (utilizada por la compañía Boeing entre otras) define un accidente grave como aquél en el que la nave sufre un daño tal que no puede volver a volar otra vez (es decir, se considera una pérdida irreparable del casco o *hull loss*). Al utilizar (sabiamente) las salidas como denominador, el cociente nos da la posibilidad de que un vuelo determinado acabe en la inmovilización de la nave.

Existe, sin embargo, sólo una pequeña conexión entre el destino del aparato y el de los pasajeros. En ciertos casos aislados (por ejemplo, turbulencias en aire claro) se pueden originar víctimas sin apenas causar daño al armazón. Pero más importante es la enorme variación que se observa en los resultados de las pérdidas irreparables, como lo demuestran dos de estas pérdidas cerca de Los Ángeles a principios de 2000:

**Southwest Airlines, Boeing 737, Burbank, California**

Pasajeros a bordo: 137

Víctimas mortales: 0

**Alaska Airlines, MD-80, costa de Malibú, California**

Pasajeros a bordo: 83

Víctimas mortales: 83

Se han dado muchos casos en los que un avión ha aterrizado con daños importantes pero, gracias a soberbios sistemas de emergencia, todos los pasajeros han sido evacuados antes de que el avión se viese envuelto en llamas y se convirtiese en una pérdida irreparable. Un rescate de este tipo es irrelevante para la tasa de pérdidas irreparables, sin embargo, es muy significativo para una evaluación sobre el riesgo de mortalidad del transporte aéreo.

**Riesgo de muerte por vuelo**

Análisis como los anteriores nos conducen a una conclusión: para evaluar el riesgo de muerte de un pasajero, es posible que el enfoque más fructífero sea calcular esa cantidad directamente, en lugar de utilizar medidas intermedias. Surge una estadística valiosa si se tiene en cuenta un conjunto oportuno de vuelos ya producidos (por ejemplo, vuelos nacionales británicos en el periodo 1990-99) y se hace la siguiente pregunta: si un pasajero hubiese elegido uno de esos vuelos completamente al azar, ¿cuál sería la probabilidad de que Q falleciese en un accidente? (Por **vuelo**, entendemos un viaje sin escala de un punto a otro). Q es el producto de la posibilidad de que el vuelo seleccionado sufra algunas víctimas entre los pasajeros y la probabilidad condicional de que el pasajero esté entre esas víctimas, asumiendo que se produzcan. Si los vuelos se numeran de 1 a N, entonces Q sigue la regla:

$$Q = \sum x_i / N \quad (1)$$

Aquí la suma es de 1 a N, y  $x_i$  es la *fracción* de pasajeros en el vuelo  $i$  que no sobrevive. (Para la aplastante mayoría de vuelos,  $x_i = 0$ ; para un vuelo en el que el 20% del pasaje fallece,  $x_i = 0,2$ ).

La estadística Q –en adelante denominada Riesgo de muerte por vuelo– tiene una serie de propiedades atractivas. Sopesa cada accidente por la proporción de pasajeros fallecidos, lo que resulta más informativo que la respuesta a preguntas del tipo “¿corrieron peligro los pasajeros?” o “¿resultó el armazón muy dañado?” La estadística hace justicia a la evidencia empírica ignorando la distancia o la duración de un vuelo. Y es fácil de entender y de calcular. Para un mayor análisis de la estadística, véase Barnett y Higgins<sup>2</sup>. Trabajaremos con la estadística Q a lo largo del conjunto de esta ponencia.

### Servicios de vuelos nacionales en países desarrollados

Aunque el hecho pueda sorprender al lector, aproximadamente 2/3 de los vuelos a reacción de pasajeros en el mundo corresponden a servicios nacionales en países desarrollados. (Entendemos por países desarrollados o del Primer Mundo las democracias avanzadas tanto en el terreno económico como en el tecnológico, categoría en la cual colocamos a Australia, Austria, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Sudáfrica, España, Suecia, Suiza, Estados Unidos y Reino Unido). Por lo tanto, nos referimos primero a la estadística Q para los vuelos a reacción nacionales en países desarrollados, centrándonos en la década de los noventa. En esta década hubo cerca de 75 millones de vuelos a reacción nacionales en países desarrollados, de los cuales el número total de “equivalentes a catástrofes completas” (esto es,  $\sum x_i$ ) fue 5,78. Si aplicamos (1), tenemos un cálculo de riesgo de muerte por vuelo de **1 entre 13 millones**.

Obviamente, uno de cada 13 millones es una cifra baja, ¿pero cuánto? Si se tomase un vuelo al día, con ese nivel de riesgo de mortalidad, se podría viajar una media de 36.000 años antes de fallecer en un accidente mortal. Visto de otro modo, un niño que despegue hoy en un vuelo nacional a reacción en un país desarrollado tiene diez veces más probabilidades de ganar en el futuro una medalla de oro olímpica que de no llegar a su destino. En una lotería de Massachusetts llamada *Megabucks*, la posibilidad de ganar el gran premio (*Jackpot*) es de 1 entre 5,2 millones. Es decir, un residente de Massachusetts que compre un ticket de lotería tiene dos veces y media más probabilidades de ganar el *Jackpot* que de “perder” desastrosamente en el próximo vuelo nacional que tome.

Un nivel tan mínimo de riesgo –muy por debajo de las cifras comparables de las décadas anteriores a los noventa (véase Oster, Strong, y Zorn<sup>3</sup> en pág. 81, Barnett y Higgins<sup>2</sup>)– podría asociarse razonablemente con una era dorada de la seguridad aérea. De hecho, la estadística es tan alentadora que nos hace plantearnos una pregunta. Más allá de cierto punto, un riesgo se hace tan pequeño que es poco práctico preocuparse por él. Cuando nos comemos un bollo dulce, no pensamos en la posibilidad de que esté envenenado. Cuando vamos a la tienda, no tenemos miedo de que el techo caiga sobre nuestras cabezas. ¿Es, del mismo modo, la seguridad en la aviación un problema que, en

lo esencial, se ha resuelto, hasta el extremo de que hablar de él daría a entender que sufrimos algún trastorno personal?

La respuesta a una pregunta tan radical es, sin duda, “no”, como ponemos de manifiesto en las siguientes secciones.

### **El mundo entero**

Hay varios problemas con la creencia de que “todo es maravilloso”. La tabla 1 plantea una cuestión obvia: el éxito en la seguridad de los vuelos a reacción en los países desarrollados no se reproduce en otros ámbitos. El riesgo de mortalidad en estos vuelos es dos veces mayor en los vuelos internacionales que en los nacionales y en los vuelos a reacción entre países desarrollados y países en desarrollo, o dentro de estos últimos, es más de veinte veces más alto. No se mide el progreso en un colegio por el rendimiento del mejor alumno; haríamos algo parecido si terminásemos la lectura de la tabla 1 en la primera línea.

#### **Aquí va la tabla 1**

Es más, incluso dentro de los países desarrollados no es determinable en el futuro que el récord reciente continúe en vigor. Entenderemos mejor este punto si consideramos ciertos peligros específicos, a saber, el sabotaje y el riesgo de colisión en tierra y en pleno vuelo.

### **Amenazas potenciales en los países desarrollados**

#### **Sabotaje**

En la década de los noventa, las acciones criminales con éxito contra los viajeros aéreos prácticamente desaparecieron de los cielos de los países desarrollados. (Véase tabla 2). Sólo hubo un incidente que causó víctimas: tres pasajeros (de 267) murieron en un intento de secuestro en Argelia. Este resultado general resulta aún más extraordinario si se tiene en cuenta el récord justo antes de la década de los noventa. En 1987, un empleado descontento de una línea aérea provocó el accidente de un vuelo nacional de Estados Unidos matando al piloto y al copiloto; en 1988, el vuelo Pan Am 103 explotó sobre Lockerbie; en 1989, una bomba destruyó un DC-10 francés sobre África. En ninguno de estos sucesos hubo supervivientes.

#### **Aquí va la tabla 2**

Existen dos explicaciones posibles para la tabla 2. Quizá el deseo de dañar a los pasajeros de avión de los países desarrollados haya disminuido realmente en los últimos años. Otra explicación sería que las mejoras en las medidas de seguridad han impedido algunos posibles ataques y han frustrado otros. La segunda explicación es sin duda la más reconfortante, ya que implica que estaríamos protegidos de futuros renacimientos de malas intenciones.

Desgraciadamente, hay muy poca base para suponer una recién descubierta infalibilidad en las medidas de seguridad de los países desarrollados. Los equipos y los procedimientos más avanzados son dignos de alabar, pero hay veces que la tecnología punta y la realidad de las cosas se encuentran separadas por un ancho mar.

Los terroristas potenciales sólo tienen que leer el periódico para saber que seguramente las precauciones actuales no sean suficientes para impedir futuros actos de sabotaje<sup>4,5,6</sup>. Es más, no tienen por qué limitarse a las pequeñas noticias de los periódicos: en internet pueden encontrar una sorprendente cantidad de información detallada.

Y, si adoptamos una visión amplia, en la década de los noventa no hay signos de una renuncia generalizada al uso de la violencia contra civiles inocentes. El terrorismo creció en partes del mundo desarrollado que no estaban acostumbradas a experimentarlo: en Estados Unidos, tuvieron lugar explosiones mortales en Oklahoma City y en el World Trade Center de Nueva York; en Japón, se soltó gas venenoso en el metro de Tokio. También en esa década se descubrió un plan terrible para atacar a la aviación civil. En 1996, se condenó en Nueva York a una persona acusada de elaborar un plan (desmantelado por escaso margen) para destruir **una docena** de vuelos a reacción que regresaban a casa provenientes de Asia. (Como parte del plan, los conspiradores hicieron explotar una pequeña bomba en un Boeing 747 en Filipinas). Un experto en terrorismo formuló la poco tranquilizadora opinión de que el complot nunca hubiese conseguido hacer caer doce aviones; como mucho, “cuatro o cinco”.

Que la tabla 2 sirve de poco consuelo ya se demostró en octubre de 2000, cuando terroristas utilizaron una bomba de gran potencia en Yemen contra el portaaviones estadounidense Cole. Al día siguiente, un comunicado de Londres<sup>7</sup> informó de que “el miedo a ataques terroristas tras la explosión de violencia en Oriente Medio afectó negativamente a las acciones de las líneas aéreas en general el viernes”. Un analista afirmó que “Por el momento, los aviones no son el objetivo número uno, pero podrían serlo”. Otro opinó que “es fácil imaginar (a partir de los acontecimientos recientes) que alguien lo intente también en un avión”. Lo seguramente hace que las líneas aéreas sean objetivos tentadores es que un ataque en un avión cuenta con una posibilidad realista de matar a todos los que estén a bordo. Este panorama contrasta con los resultados en el metro de Tokio y en el World Trade Center, donde el objetivo quizás pudo haber sido matar a centenares o a miles de personas, y sin embargo la cifra real de muertos fue de doce y seis respectivamente.

### **Colisiones en pista**

Hubo dos colisiones en pista en la década de los noventa en las que fallecieron un total de 30 pasajeros de vuelos a reacción en países desarrollados. Ambos casos sucedieron en Estados Unidos; la tabla 3 muestra la estadística de riesgo mortal basada en esta característica.

### **Aquí va la tabla 3**

Sin embargo, los años venideros podrían ser más peligrosos, por la simple razón de que el tráfico aéreo está creciendo. De hecho, la intuición sugiere que el riesgo de colisiones graves podría variar no por el nivel de tráfico, sino, todavía peor, por su cuadrado. Para poner una analogía en tierra, consideremos una calle de un solo sentido que tenga una señal de *Stop* en su intersección con una calle de dos direcciones con mucho tráfico. Supongamos que el tráfico aumenta un 20% en este área. En una primera aproximación, podría esperarse que el número de vehículos en la calle de un solo

sentido que violan la señal de *Stop* aumentase en un 20% anual. También es posible que se previese un aumento del 20% en la posibilidad de que, *cuando se produzca una violación*, otro vehículo que venga por la calle más concurrida esté tan cerca de la intersección que se origine un accidente. El efecto general es que los accidentes crecerían por un factor de  $1,2 \times 1,2 = 1,44$  es decir, el 44%.

Sin duda, los argumentos intuitivos pueden ir en todas direcciones: se pueden defender una gran variedad de relaciones funcionales entre tráfico y riesgo. Sin embargo, existe una base empírica para la regla cuadrática que acabamos de exponer. Barnett, Paull, y Iadeluca<sup>8</sup> analizaron todas las 292 incursiones en pista que tuvieron lugar en Estados Unidos en 1997, centrándose en los 40 sucesos (i) considerados con un potencial de accidente “extremadamente alto” por un panel de expertos entre los que se encontraban pilotos y controladores de tráfico aéreo y (ii) ocurridos en condiciones de visibilidad reducida (amanecer/atardecer, noche, bruma/niebla). Los investigadores quisieron dilucidar si la propagación de estas incursiones peligrosas en los aeropuertos de Estados Unidos era proporcional a el cuadrado de los niveles de tráfico de 1997. Con un sistema per cápita, por ejemplo, ¿tuvieron aproximadamente ese año los aeropuertos con 500.000 operaciones cuatro veces más acontecimientos peligrosos que los aeropuertos con 250.000?

La hipótesis cuadrática pasó las pruebas estadísticas con nota. Curiosamente, las hipótesis alternativas “mas cercanas”, a saber, que los acontecimientos peligrosos variaban linealmente con el tráfico o con el cubo de los niveles de tráfico, no pasaron las pruebas estadísticas que se hicieron con los datos. La regla de oro cuadrática, se presenta como el más creíble de los análisis de datos, así como su desagradable implicación de que el aumento en la actividad aeroportuaria podría causar un crecimiento desproporcionado en el riesgo de colisión. Un aumento del 50% en el tráfico, por ejemplo, podría provocar un aumento del 125% en colisiones.

Teniendo en cuenta varios fenómenos, Barnett y col.<sup>8</sup> calcularon que el riesgo de muerte en colisión en pista por vuelo en Estados Unidos podría ascender a 1 entre 25 millones en el periodo 2003-2022, cuatro veces la cifra correspondiente de la tabla 3. Debido al aumento en el número de pasajeros de los vuelos a reacción, la cifra anual de víctimas mortales podría experimentar un crecimiento más acusado, de tres al año en el periodo 1990-99 a cerca de 30 por año en el periodo 2003-2022. Es razonable temer que Europa Occidental –escenario de las dos peores colisiones en pista de la historia (Tenerife, Madrid)– estará sujeta a la misma tendencia general.

#### **Colisiones en pleno vuelo**

La tabla 4 resume el riesgo de muerte en 1990 en países desarrollados originado por colisiones entre aviones en pleno vuelo.

#### **Aquí va la tabla 4**

La tabla habla por sí sola, pero podríamos añadir que se basó en 100 millones de vuelos aproximadamente. Una colisión en pleno vuelo es lo más aproximado, en materia de aviación, a un problema completamente resuelto.

Sin embargo, el peligro no ha desaparecido del todo, ya que el control de tráfico aéreo no es una entidad estática. En Europa Occidental, existe una gran presión para

reemplazar los numerosos sistemas de tráfico nacionales por un sistema centralizado. En Estados Unidos está previsto que los convenios actuales –conforme a los cuales los aviones están confinados a una red de trayectorias de vuelo prescritas– se revisen a favor del “vuelo libre”, que permitirían a los aparatos volar en rutas rectas del punto de origen al de destino. El vuelo libre se traduciría en la reducción de la duración del vuelo y en menor consumo de combustible, lo que ahorraría miles de millones de dólares anuales.

Pero estos cambios presentan auténticos problemas de seguridad. Fusionar docenas de sistemas de control de tráfico aéreo que, aunque similares, no son sin embargo, idénticos en sus procedimientos, es poco probable que sea un proceso sencillo. Y las trayectorias de vuelo, infinitamente alteradas en virtud del vuelo libre, podrían reducir la “conciencia situacional” de los controladores de tráfico aéreo. Los puntos móviles que representan a los aviones en las pantallas de los controladores –que en la actualidad se alinean como puntos en una cuadrícula– podrían en el futuro parecerse a moléculas de gas esparcidas aleatoriamente. Si se excluyen herramientas informáticas extremadamente fiables, seguramente resultará más difícil para los controladores detectar situaciones de riesgo antes de que devengan críticas.

Y, más allá de los casos específicos, cabe imaginar que **cualquier** cambio importante en el control del tráfico aéreo representa un peligro. Una de las nociones fundamentales de la sociología industrial es la “curva de aprendizaje”, conforme a la cual los nuevos procedimientos engendran errores y dificultades que no habían sido previstos. La tabla 4 muestra que las innovaciones en el control de tráfico aéreo no disminuyen la probabilidad de una colisión en pleno vuelo, ya que no hay literalmente nada que disminuir. Si surgen modificaciones en el riesgo de estas colisiones, tendrán que ser necesariamente a peor.

### **Por otro lado...**

Acabamos de examinar tres peligros para la aviación en los países desarrollados que apenas causaron muertes en la década de los noventa. En dos de ellos –sabotaje y colisión en pleno vuelo– hay motivos suficientes para temer que los riesgos podrían aumentar en los próximos años. En el tercero –colisión en pista– hay motivos para imaginar que los riesgos deberían aumentar en los años venideros. Es más, los últimos avances en seguridad logrados en los países desarrollados no han sido asimilados en otros lugares y, podrían existir fuentes de peligro futuro que todavía desconocemos. (Antes de agosto de 2000, ¿quién iba a imaginar que sólo el reventón de un neumático podría causar la destrucción de un Concorde SST?) Con este telón de fondo, no hay apenas motivos para considerar la seguridad en la aviación como una preocupación obsoleta.

Sin embargo, este debate tan sensato quizá sea algo exagerado, ya que ignora una tendencia muy importante en la historia de la aviación: una y otra vez, los peligros mortales de los desplazamientos aéreos han resultado inocuos gracias a los avances tecnológicos, a la formación y a los métodos establecidos. (¿Cómo es posible si no que el récord de seguridad en los países desarrollados sean casi perfecto?) Hace quince años, por ejemplo, el gradiente transversal de la velocidad del viento inducido por la tormenta era motivo de gran preocupación. Había causado cinco desastres en líneas aéreas de Estados Unidos en apenas una década. Pero desde entonces, una gran cantidad de



medidas han reducido el peligro; y de hecho, algunos de los aviones nuevos ejecutan maniobras de escape automáticas a la primera señal de gradiente transversal.

Incluso para los peligros específicos de los que hemos hablado, hay elementos esperanzadores. En Estados Unidos tanto la *National Transportation Safety Board* como la *Federal Aviation Administration* han señalado las colisiones en pista como la primera amenaza de la aviación estadounidense. En consecuencia, organizaciones públicas y privadas están explorando concienzudamente una serie de innovaciones –tecnológicas y de otra índole– que es posible que prevengan las colisiones en los aeropuertos. Si es cierto el tópico de que reconocer un problema es el primer paso para resolverlo, las colisiones en pista ya han empezado a recorrer su camino hacia el olvido.

Del mismo modo expresamos el temor de que el vuelo de trayectoria libre podría complicar seriamente el trabajo de los controladores de tráfico aéreo. Sin embargo, estos vuelos cambiarían también la geometría de las trayectorias de vuelo que, por sí mismas, podrían reducir el riesgo de las colisiones en pleno vuelo<sup>9</sup>. Por poner un ejemplo sencillo, examinemos la figura 1, que representa un avión que viaja de A hacia B y otro de C a D. De conformidad con las rutas establecidas hoy en día, es probable que el primer avión siguiese la trayectoria A-E-F-B y el segundo, la trayectoria C-E-F-D. Por lo tanto, los aviones podrían llegar a estar muy próximos en el segmento EF, pero si pudiesen viajar directamente en línea recta a sus destinos, no se aproximarían en ningún lugar.

#### Aquí va la figura 1

En cualquier caso, nuestro análisis de riesgo ha sido incompleto en lo que respecta a un punto importante. Hemos descrito amenazas que causaron escasas víctimas mortales en los años noventa pero que podrían causar muchas muertes en los próximos años. Sin embargo, no hemos mencionado las amenazas complementarias que fueron causa de accidentes aéreos en la década de los noventa pero que seguramente sean menos problemáticas en el futuro. En el supuesto de que tengan lugar mejoras suficientes en la seguridad aérea, el riesgo de mortalidad general podría disminuir a pesar de contratiempos en algunos ámbitos.

Sirva de ejemplo ilustrativo de este punto el recuerdo de el único desastre de un vuelo a reacción nacional sucedido en Europa Occidental en los años noventa. El origen del accidente se produjo en gran parte por que no se supo discernir bien el modo en que una pantalla de la cabina de mandos medía la velocidad de descenso del avión: como un ángulo formado con el horizonte o bien en metros por segundo. Los viajeros pueden tener la seguridad de que, tras las consecuencias del accidente, la mayoría de las cabinas de mandos son mucho más fáciles de interpretar y que, por lo tanto, no es fácil que se vuelva a producir a corto plazo una repetición del incidente.

En realidad, hoy en día existe una gran determinación para detectar ambigüedades y otras dificultades mucho antes de que originen accidentes. Los datos de las operaciones rutinarias se almacenan, comparten y analizan mucho más exhaustivamente y con mayor sofisticación de lo que se hacía incluso hace diez años. A medida que la previsión sustituye a la experiencia a posteriori, la reacción ante las

tragedias será un componente más pequeño del proceso de entender el riesgo. El resultado, esperamos, serán menos tragedias de las que aprender.

### **Comentarios finales**

¿Cómo se entiende todo esto? Quizá los pesimistas tengan razón y la era dorada de la seguridad aérea haya llegado a su fin. Sin embargo, es un hecho que, en los países desarrollados, las líneas aéreas, los fabricantes de aviones y los organismos reguladores han mostrado una asombrosa habilidad para continuar mejorando. No nos apresuremos a apostar en su contra. Si la edad de oro de la seguridad aérea ha terminado, es posible que se deba a que estamos entrando en la era de Platino.

### **Agradecimientos**

En relación con la conferencia Blackett, agradezco a Mike Pidd su ayuda, aliento y, no menos importante, la propia invitación. También agradezco a la *Operational Research Society*, la *Royal Aeronautical Society* y *British Airways* por su gran apoyo y generosidad al crear esta espléndida ocasión. Por último, agradezco al corrector John Ranyard su detallada lectura del manuscrito original y sus diversas sugerencias.

### **Referencias bibliográficas**

- (1) Barnett, A. y A. Wang, "Passenger-mortality Risk Estimates Provide Perspectives about Airline Safety," *Flight Safety Digest*, abril 2000
- (2) Barnett, A. y M.K. Higgins, "Airline Safety: The Last Decade," *Management Science*, noviembre 1989
- (3) Oster, C., J. Strong, y C. Zorn, **Why Airplanes Crash: Aviation Safety in a Changing World**, Oxford University Press
- (4) *Newsweek*, "The Inside Story of Flight 990," 21 de noviembre de 1999 (artículo principal, varios corresponsales)
- (5) *USA TODAY*, "Security Vows Sputter as Pan Am 103 Memories Fade," 15 de mayo de 2000
- (6) *Scotland on Sunday*, "Undercover Team Finds Gaping Hole in Airport Security," 19 de noviembre de 2000 (Peter Laing, corresponsal)
- (7) **Reuters Limited**, "Terrorism Fears Hammer Global Airline Stocks," 14 de octubre de 2000 (enviado por Bradley Perrett, corresponsal de líneas aéreas europeas)
- (8) Barnett, A., G. Paull, y J. Iadeluca, "Fatal US Runway Collisions Over the Next Two Decades," *Air Traffic Control Quarterly*, Volumen 8, número 4
- (9) Barnett, A., "Free-Flight and En Route Air Safety: A First-Order Analysis," *Operations Research*, noviembre-diciembre 2000