

# AMENAZA VOLCÁNICA A LA SEGURIDAD AERONÁUTICA

Extracto de *Aviation Safety Journal*, Vol. 2, No 3

## RIESGOS VOLCÁNICOS Y SEGURIDAD AERONÁUTICA

### LECCIONES DEL DECENIO PASADO

*Jets* y turbinas modernos están diseñados para operar en ambientes sin polvo y gases corrosivos. Las erupciones volcánicas explosivas lanzan estos gases, diminutos fragmentos de roca y ceniza, a la altura de vuelo. Los últimos diez años han ocurrido unas diez veces por año.

En los últimos doce años, nubes de ceniza volcánica han dañado más de 60 aeronaves, principalmente *jumbos*, en ruta y en aeropuertos. En 7 casos les han causado pérdida de potencia de las turbinas -durante el vuelo-, con un total de más de 2 000 pasajeros. La reparación de un 747-400 dañado por una nube cinerítica del Volcán Redoubt, Alaska, costó más de US \$80 000 000. Los radares a bordo no las detectan. Lo único seguro es evitarlas.

### FONDO

El primer caso notable fue por el Volcán Santa Elena, en el Edo. de Washington, en 1980. Rápidamente aumentó el interés, por los volcanes Galunggung (Indonesia, 1982), Redoubt (Alaska, 1989 y 1990), Pinatubo (Filipinas, 1991), y otros de Colombia, Italia, Japón, Estados Unidos y Zaire.

### NUBES DE CENIZA

Los volcanes activos emiten plumas y nubes de varios tipos:

**Plumas quietas** vapor de agua y gases, con pocas partículas de roca, o ninguna. Rara vez rebasan 20 000 pies de altura; se dispersan unas decenas de millas. No son amenaza significativa

**Columnas eruptivas:** pilares violentos, en forma de coliflor, de ceniza y gas. En decenas de minutos pueden elevarse hasta 40 000 a 100 000 pies. Contienen bloques de roca de hasta varias pulgadas, y densas concentraciones de cenizas y gases. Duran pocas horas; afectan un área de pocas millas; su amenaza a la aviación es leve pero se les debe evitar.

**Nubes cineríticas a la deriva:** fragmentos de roca diminutos, y gases, alejados por los vientos. Penetran la estratosfera, las corrientes a chorro pueden transportarlas miles de millas. Pueden circundar la Tierra en semanas; la mayor parte de la ceniza se deposita en pocas horas a pocos días. **Constituyen la mayor amenaza a la aeronavegación.**

La mitigación del riesgo es compleja: la detección mediante radares y visual es difícil. De noche es más difícil, pues las nubes

normales pueden encubrirlas. Esto obliga a monitorearlas mediante:

- Observadores vulcanológicos en el terreno
- Reportes de pilotos (PIREPS)
- Observaciones satelitales
- Pronósticos meteorológicos

Es vital la comunicación inmediata de los observadores y de los meteorólogos a despachadores y controladores de vuelos, y a los pilotos.

### CASOS

**Galunggung.** En 1982, dos Boeing 747-200, en vuelos nocturnos irrumpieron en erupciones diferentes del Volcán Galunggung, en Java. Se percibieron las llamas de San Telmo y polvo fino que rápidamente invadía la cabina, olor a azufre y turbulencia moderada. La ceniza penetró las turbinas, provocó pulsaciones, interrupción de energía y pérdida inmediata de potencia de los 4 turborreactores. Después de caer unos 25 000 pies con motores apagados, los pilotos lograron reencender las turbinas, y salvos aterrizaron en Yakarta. Los daños fueron cuantiosos, en los reactores y en el exterior.

**Redoubt.** De diciembre de 1989 a abril de 1990 se afectó notablemente la aviación comercial

y militar cerca de Anchorage. Se dañaron cinco *jets* comerciales. A 25 000 pies, el piloto de un Boeing 747-400 nuevo intentó rebasar la nube hacia arriba; ya había ascendido unos 3000 pies más cuando se apagaron las cuatro turbinas. Bajó 13000 pies, luego logró el reencendido. Nadie resultó herido, pero motores, instrumentos y el extintor se dañaron gravemente. La reparación costó más de US \$80 000 000.

**Pinatubo.** La erupción del 15 de junio de 1991 fue la más grande de los últimos 60 años. Una nube gigantesca rápidamente se desplazó hacia el sur del Mar de China, Borneo e Indochina. Coincidente con un gran tifón, cinco aeropuertos filipinos resultaron dañados, en dos bases aéreas su espesor fue de hasta seis pulgadas. El humedecimiento de la ceniza y el sacudimiento constante del terreno derribaron numerosos hangares e instalaciones de mantenimiento.

La ceniza dañó al menos 20 *jets* comerciales, la mayor parte durante el vuelo. A 10 turborreactores, incluidos 4 de un solo 747, se les hubo de reemplazar. Varios aviones más se averiaron en tierra, por la ceniza e incuria al removerla de las ventanillas.

La mayoría de los encuentros ocurrieron a más de 600 millas del

volcán; sólo 2 en la cercanía de Manila. Los restantes fueron al oeste de las Regiones de Información de Vuelos de Singapur, Ho Chi Min y Hong Kong. De inmediato vulcanólogos filipinos detectaron las erupciones. Mediante información satelital en tiempo real, meteorólogos y vulcanólogos de Estados Unidos también lo sabían, y velocidad y trayectoria de la nube. El problema fue de información oportuna a entes aeronáuticos idóneos.

## DAÑOS

Hay daños inmediatos y mediatos. La identificación -y a veces la reparación- de los primeros es fácil; la de los mediatos es mucho más difícil; primordialmente los causa el anhídrido sulfuroso, de afinidad ácida.

*Daños durante el vuelo.* La arena provoca variados daños, por lo común inmediatos. La ceniza

contiene fragmentos agudos de vidrio volcánico, y de minerales y rocas de tamaño entre polvo fino y 3.2 cm. Son feldespatos, cuarzo y piroxenas. Es dura: puede rayar y rebajar vidrio, plástico y metales. La superficie de las ventanillas de lanternas, cubiertas ligeras para aterrizaje, bordes conductores de las alas y el fuselaje se avería. La ceniza penetra aberturas diminutas exteriores y los suministros de aire para instrumentos aeronáuticos, como el sistema estático del tubo pitot. Su introducción en los reactores a chorro puede deteriorar gravemente su funcionamiento, y aun su falla.

Contribuyen la erosión de las cuchillas del compresor (que reduce la eficiencia compresiva) y de la turbina, y la acumulación de ceniza parcialmente fundida en las zonas calientes. En éstas (boquillas para el combustible; combustor; turbina) reducen la eficiencia de mezcla del combustible y restrin-

gen el paso del aire. Esto provoca pulsaciones, interrupción de energía y pérdida inmediata de potencia. El aire que entra a la cabina procede de la máquina. Provee energía a generadores y sistemas neumáticos; es el que se suministra a los pasajeros. Pasa por un sistema de control ambiental. La ceniza puede erosionar la longitud total de los ductos y los filtros nulificadores de la humedad del aire.

Hay daños inmediatos evidentes. Más difíciles de evaluar son los debidos a exposición reiterativa, durante mucho tiempo, a nubes de gases y partículas remanentes en la estratosfera. En erupciones grandes (El Chichón, México, en 1982, y Pinatubo), después que los sólidos se han asentado, los gases permanecen en la estratosfera durante años. El SO<sub>2</sub> absorbe vapor de agua y se convierte en ácido sulfúrico. En la estratosfera inficionada con aerosoles volcánicos, gotitas de ácido se adhieren a la pintura y a las ventanillas, y pueden penetrar microgrietas. Esto es más notable en ventanillas de acrílico; el opacamiento y el agrietamiento demandan su reemplazo.

Daños poco perceptibles son corrosión del plástico y del hule de sellos y lubricantes, y de partes metálicas estructurales. Para su evaluación se pueden requerir programas de inspección y mantenimiento de largo plazo. Aun así, es factible que esta corrosión no sea distinguible de la causada por contaminación como la salina de la brisa marina y los gases ácidos urbanos.

En virtud de que normalmente los motores se inspeccionan y reconstruyen con mayor frecuencia que el resto del avión, durante el mantenimiento sus problemas de corrosión se pueden determinar y atender más fácilmente. La estruc-

tura y la pintura son más vulnerables a largo plazo, aún no evaluado.

*Peligros en tierra.* Aeronaves estacionadas o en carreteo se enfrentan a un cúmulo de problemas; por ejemplo: varias pulgadas de ceniza les colocan una carga considerable, especialmente si cae húmeda por lluvia. Puede ser que reaccionen *sentándose*. También es posible que colapse hangares, sobre todo si, además de llegar húmeda, el terreno se sacude por terremoto volcánico fuerte y duradero.

Debido al viento y al movimiento del terreno por despegue, aterrizaje y carreteo, la ceniza que cubre pistas de rodaje y de carreteo fácilmente se resuspende en el aire, días y semanas. Su introducción en los turborreactores, especialmente durante la demanda máxima de energía en el despegue, puede ser tan danina como la aérea. Si está mojada, por su fineza granular se torna resbaladiza. Así reduce el coeficiente de fricción entre las llantas y la superficie de rodaje, y afecta el frenado y el viraje de la nave.

*Limpieza.* La remoción de la ceniza -del aeroplano y de los motores- se debe hacer con cuidado. Nunca se ha simplemente de lavar la fina del exterior; el agua genera un flujo lodoso que puede penetrar aberturas. La remoción subsecuente sería costosa, pues se podría requerir desarmar el avión. Para uno estacionado se recomienda un procedimiento simple, de tres etapas:

- ☞ Barrido con escoba
- ☞ Succión con aspiradora industrial
- ☞ Lavado, procurando que el flujo no penetre las aberturas

En pocos aeropuertos ha habido este problema. Uno donde



aerotransportistas y administradores tienen experiencia es el de Kagoshima, Japón; con frecuencia le afecta el Volcán Sakurajima. Para la limpieza han emprendido soluciones locales.

Si se dispone de agua suficiente y drenaje adecuado, para la remoción de ceniza de grano inferior a 64 mm se pueden lavar a detalle las superficies del aeropuerto. Si es más gruesa, se desaconseja el lavado inicial, pues es probable que tape y obstruya los ductos de drenaje. Lo mejor es amontonarla y recogerla con maquinaria pesada, y luego lavar. Si se le apartó hacia las márgenes de pistas principales y de carreteo, para evitar que los aviones y el viento la resuspendan en el aire, ha de retirarse o de estabilizarla mediante césped de crecimiento rápido o asfalto emulsificado.

## APRENDIZAJE

A gran costo hemos aprendido lecciones importantes: al volar a través de una nube de ceniza, una aeronave no puede resultar indemne. La única manera de garantizar su integridad es eludirla.

**Comunicaciones.** La lección más importante es que a los pilotos se les informe de inmediato. Hay tres fuentes esenciales de información; por observaciones de:

- ◇ Personal en tierra, para alertar y verificar la erupción
- ◇ Otros pilotos, cuando la han avistado (PIREPS)
- ◇ Satélite, que la detectan y monitorean su trayectoria

Una sola fuente de información no es confiable totalmente; para que sea completa y precisa, es esencial la retroalimentación entre las tres Organizaciones nacionales e internacionales han iniciado esfuerzos para mejorar la comunicación entre vulcanólogos,

meteorólogos, controladores de tránsito aéreo y pilotos.

**Instrucción y conciencia.** Se debe evitar volar entre nubes de ceniza volcánica. En vuelo, especialmente de noche, puede ser difícil -incluso imposible- evitarla. Puesto que casi seguramente esto daña al avión, el daño se puede minimizar reduciendo la potencia y virando 180°. Los pilotos han de estar bien informados acerca de la naturaleza de tales nubes, y entrenados en procedimientos para disminuir las averías. Sobre todo quienes vuelan en áreas proclives al vulcanismo, se deben instruir para los casos en que ya han entrado a la nube. Para eludir el espacio aéreo contaminado, generalmente esto implica cargar más combustible.

Si hay falla de motor, los pilotos deben estar conscientes de que los parámetros de temperatura y velocidad de turbina para encendido a grandes alturas difieren de los requeridos en tierra. En algunos casos, si hubieran sabido las características de rearmado a grandes alturas, los intentos iniciales de reencendido probablemente habrían sido adecuados.

## Esfuerzos de Estados Unidos

En EE. UU. hay 56 volcanes que en los 200 años últimos han hecho erupción; 44 se ubican en Alaska, incluidos 30 en las Aleutianas. Sólo en 19 se dispone de observatorios: en Hawaii, el Edo. de Washington y Alaska. De los aleutianos sólo uno se monitorea. Esto es sumamente crítico por los numerosos vuelos comerciales y militares en esas rutas. El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) es responsable de la evaluación de riesgos volcánicos, realiza estudios en el terreno.

Desde 1989, con imágenes satelitales y reportes de pilotos, la

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica y la Agencia Federal de Aviación (NOAA y FAA) monitorean y determinan la trayectoria de las nubes de ceniza volcánica. Vía *Noticias a los Aéreos* (NOTAM), advierten a pilotos. Para informarles, el esfuerzo NOAA-FAA se enlazará al del USGS. En cooperación con la Organización Internacional de Aviación Civil y la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas (ICAO y ALPA), el USGS continúa la búsqueda de modos de informar e instruir a la comunidad aeronáutica para mitigar y minimizar las consecuencias.

**Esfuerzos internacionales** En 1982 se organizó un grupo de advertencias de ceniza volcánica, conducido por la ICAO. El mismo año el Departamento Australiano de Aviación instituyó una *Guardia Vulcanológica Aeronáutica*. En 1985, Indonesia y Australia integraron un comité para mejorar la información pertinente en la región indonesia. En 1988, los países miembros de la ICAO adoptaron enmiendas para que una *Guardia Vulcanológica Aeronáutica Internacional* suministrara avisos de alerta por erupciones. Se desarrolló un formato para que los pilotos las reportaran.

La solución del problema es la difusión de experiencias y de soluciones prácticas, a pilotos y aerolíneas. En 1991 se efectuó el simposio internacional acerca de ceniza volcánica y seguridad aeronáutica, en Seattle. Asistieron más de 200 personas, de 23 países. El mismo año, la Asociación de la Industria Aeroespacial de EE. UU. integró un *Comité de Estudio de Ceniza Volcánica*, que aportó recomendaciones al simposio. Conjuntamente con éste, la ALPA, la Asociación de Transporte Aéreo y la Fundación de Seguridad de los Vuelos han comunicado a sus integrantes, nacionales e

internacionales, lo relativo problema de la ceniza volcánica.

## CONCLUSIONES

*No es probable que en pocos años desaparezca esta amenaza.*

*Se han considerado cambios de diseño de aeronaves y de sus máquinas, pero por onerosos e imprácticos se han desechado. El desarrollo, particularmente en Australia, de sensores a bordo, es incipiente.*

*Puesto que a menudo las nubes cineríticas rebasan fronteras nacionales y las de Regiones de Información de Vuelos, en las torres de control y los aerotransportistas deben estar informados acerca de amenazas volcánicas potenciales, no limitadas a sus jurisdicciones, sino también en las adyacentes. Los peligros implicados por las nubes volcánicas son de alcance global; para que la solución sea exitosa se requieren planteamientos locales y globales.*

## OBLIGACIONES DE LOS PILOTOS PARA ELUDIR LA CENIZA VOLCÁNICA

El *Comité de Estudio de Ceniza Volcánica*, de la Asociación de la Industria Aeroespacial, recomienda estos procedimientos. Los pasos básicos son similares a los implicados en cualquier aeronave de turbinas de alto preencendido.

Puede ser que en la cabina se observe algo semejante a humo, y que en las superficies planas se acumule ceniza fina. Algunos pilotos han percibido olor acre similar al del humo provocado por descargas eléctricas. También puede oler a azufre. Es posible que en las máquinas ocurran fallas múltiples:

- ⇨ Incremento de EGT
- ⇨ Paro parcial
- ⇨ Torsión del tubo caudal
- ⇨ Paro total
- ⇨ Es factible que, sin razón aparente, a medida que la ceniza bloquea los tubos *pitot*, el tablero marque disminución de la velocidad del viento
- ⇨ Ha habido casos de sobrecalentamiento de equipo electrónico y advertencias de incendio por carga

Si se reconoce cualquiera indicación de que se ha incurrido en una pluma de ceniza, es esencial proceder de inmediato.

- ⇨ Rápidamente salga de la pluma. No intente rebasarla verticalmente, pues se incrementarían la aceleración y el daño a los motores. Retroceda mediante un giro de 180°.

- ⇨ Para reducir el daño a los motores, desconecte los autoaceleradores y ponga las palancas de aceleración en punto neutro.

- ⇨ Conecte los interruptores de encendido para -en caso de paro total de los motores- disponer de una fuente de encendido. En los aviones dotados de autoencendido o de autoarranque, prepare el sistema.

- ⇨ Ponga todos los módulos de aire acondicionado en flujo alto, y los motores y las alas de antihielo, para incrementar el margen de paro de los motores.

- ⇨ Si dispone de APU, actívelo, para obtener respaldo de energía eléctrica en caso de que los generadores de los motores fallen.

- ⇨ Si los motores se apagaron, o están en paro irrecuperable, o el EGT está rebasando los límites, interrumpa y re arranque.

- ⇨ Active el encendido, para preparar el re arranque de los motores.

- ⇨ Para liberar los motores de un paro o de un EGT alto, temporalmente interrumpa el suministro de combustible.

- ⇨ Tan pronto como disminuya el EGT, que indique que el motor se ha apagado, se debe intentar el re arranque. Los motores dañados por ceniza no pueden arrancar hasta que se liberen de ella, y que la velocidad del viento y la altitud estén dentro del rango de arranque.

- ⇨ A alturas elevadas, los motores son muy lentos para acelerarse hasta alcanzar velocidad estable. Esta lentitud se puede

malinterpretar como funcionamiento defectuoso o como arranque fallido.

- ⇨ Mientras el EGT esté dentro de los límites y las RPM se estén incrementando, tenga paciencia. Puede ser que se necesiten dos minutos para que el motor normalice su velocidad.

- ⇨ Monitoree la velocidad del viento y la inclinación de la aeronave. Si esta velocidad es inconfiable, adopte la inclinación adecuada.

- ⇨ La mayoría de los manuales de operación contienen una carta de vuelo con indicación de velocidad inconfiable del viento y de los datos de inclinación y de potencia necesarios para mantener la velocidad deseada del viento según diversas fases del vuelo.

- ⇨ Si los motores se apagaron y hay pérdida de velocidad del viento, mediante una inclinación de un grado, de nariz, se obtiene la velocidad adecuada para arranque.

- ⇨ Aún con los motores funcionando, la velocidad del viento puede ser no confiable.

- ⇨ El indicador de velocidad con respecto al terreno INS o el IRU han de marcar velocidades satisfactorias de aproximación para aterrizaje. Durante estas operaciones, es factible que el control de aproximación suministre la velocidad con respecto al terreno.

De conformidad con lo dispuesto en la Ley de Vías de Comunicación y sus reglamentos, la Ley de Aviación Civil y la Ley de Aeropuertos, en la República Mexicana la máxima autoridad Aeronáutica es la DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Esta dependencia coordina el "PLAN OPERATIVO DE ALERTA POR CENIZAS VOLCÁNICAS PARA EL SECTOR AERONÁUTICO.

Adaptado de una videocinta de Boeing Commercial Airplanes: *Volcanic Ash Avoidance*.