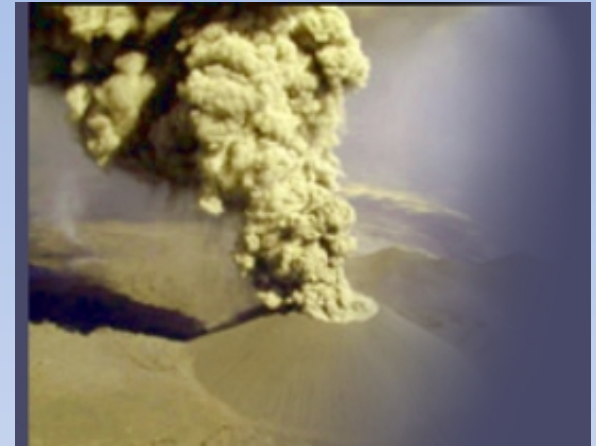


# Las Cenizas Volcánicas y el Peligro para la Industria Aeronáutica



## Definición de Cenizas Volcánicas

- Conclusión del 7/16 del IAVW, Bangkok, 2013: Definición de ceniza visible y discernible para uso operacional

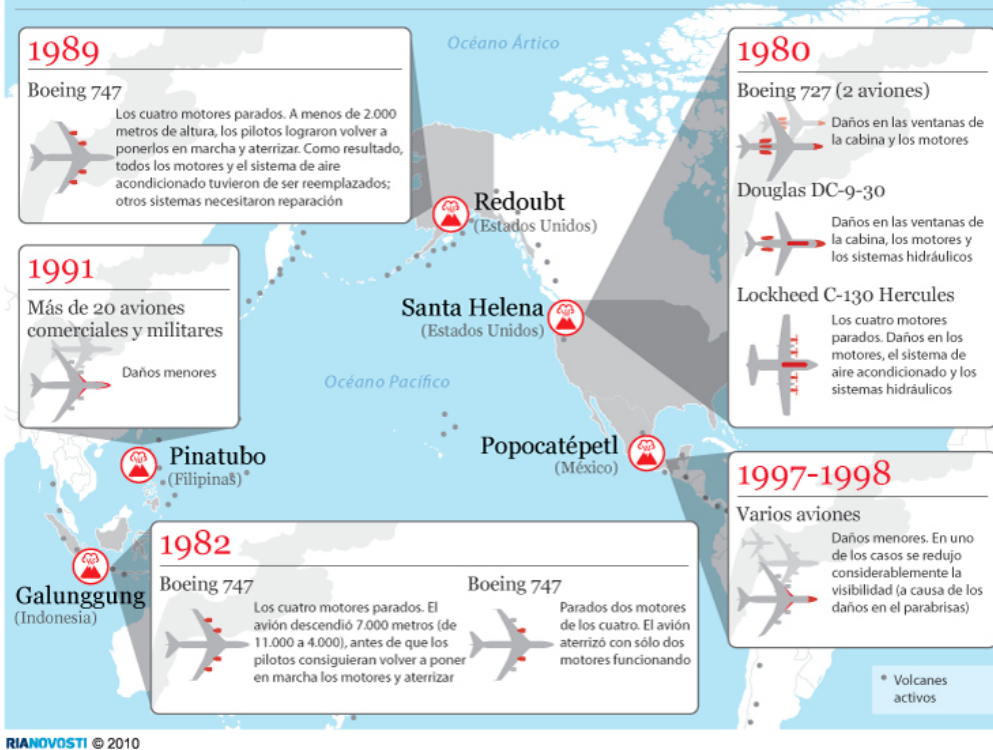


- a) se define la ceniza visible como “ceniza volcánica observada por el ojo humano” y no ser definida cuantitativamente por el observador
- b) se define la ceniza discernible como “ceniza volcánica detectada por impactos definidos en/sobre la aeronave o por acuerdo de técnicas in-situ de sensores remotos”.

# Encuentro de aeronaves con cenizas volcánicas

## Los daños que la ceniza volcánica puede ocasionar a un avión

En los últimos 30 años, más de 90 aeronaves de la aviación comercial han sufrido daños de diversa consideración causados por cenizas de volcanes



[http://en15.rian.ru/img/126002406\\_free.html](http://en15.rian.ru/img/126002406_free.html)

- Entre 1975 y 1994, más de 80 aviones de propulsión a chorro reportaron daños luego de encuentros inesperados con nubes de ceniza volcánica a la deriva.
- Siete de estos encuentros produjeron pérdida de potencia de los motores durante el vuelo, poniendo en peligro severo a más de 1500 pasajeros.
- Los costos de reparación y reemplazo asociados con encuentros de aviones con ceniza volcánica son altos y exceden los \$200 millones.

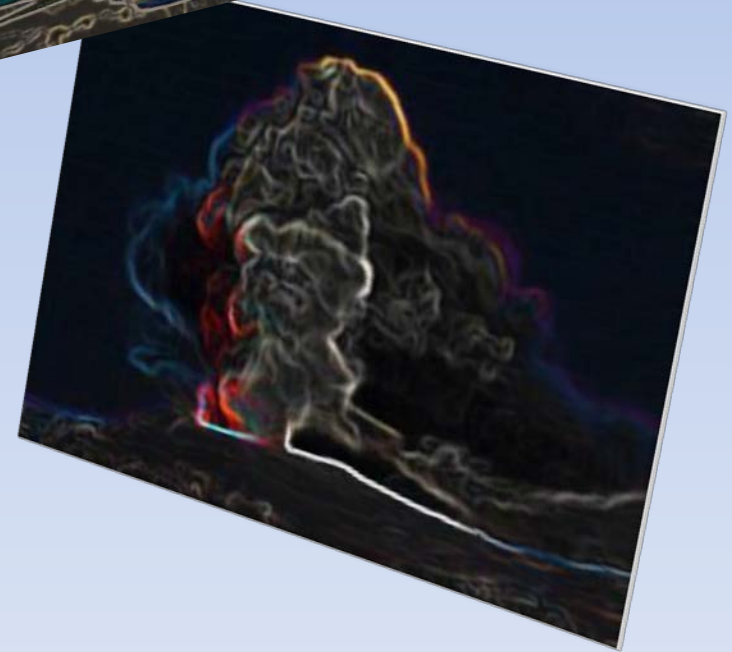
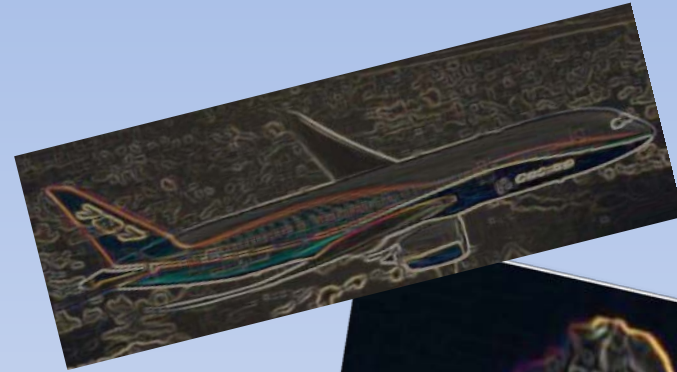
(Casadevall, 1994)



<http://www.que.es>

## Los casos más emblemáticos

- Vuelo 009 de British Airways
- 24 de junio de 1982
- Vuelo 867 de KLM
- 15 de diciembre de 1989



## Vuelo 009 de BA

- Boeing 747
- Pararon los cuatro motores en vuelo.
- Humo en cabina
- Perdida de visibilidad
- Aterrizaje con visibilidad casi nula



<http://www.abc.net.au>



<http://www.mimeteo.com>

## Vuelo 867 de KLM

- Boeing 747
- En descenso al Aeropuerto de Anchorage, pararon los 4 motores.
- Pudieron reiniciarlo y aterrizaron sin problemas



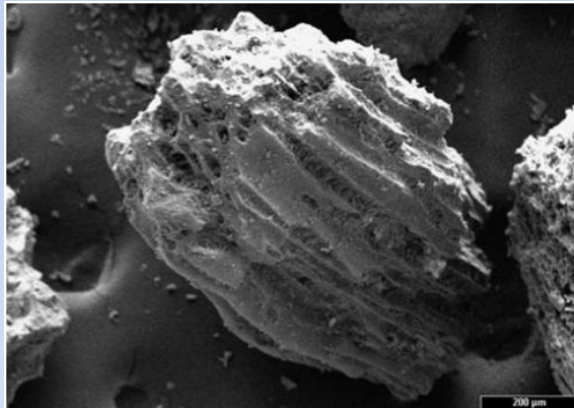
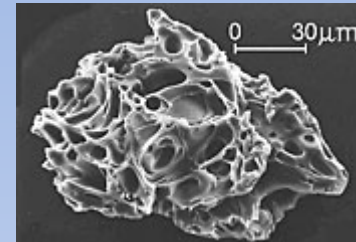
[http://es.wikipedia.org/wiki/Vuelo\\_867\\_de\\_KLM#mediaviewer/Archivo:PH-BFC.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Vuelo_867_de_KLM#mediaviewer/Archivo:PH-BFC.jpg)



# Porque es tan peligroso para las aeronaves en vuelo

## La Composición de las Cenizas Volcánicas

- Partículas vítreas duras y afiladas
- Rocas pulverizadas.
- Son muy abrasivas
- Materiales silíceos.
- Temperatura de fusión está por debajo de la temperatura de funcionamiento de los motores de reacción modernos al empuje de crucero.



<http://es.wikipedia.org/wiki/Ceniza>

<http://www.diarioandino.com.ar>

# Daños a las aeronaves en vuelo

- Motores dejan de funcionar en pleno vuelo.
- Problemas de visibilidad
- Aumento de la estática.
- Son abrasivos con las células y superficies aerodinámicas del puesto de pilotaje
- Humo en cabina.



- Obstruye los ductos de aire y combustible, y como consecuencia, los motores paran.
- Además, el material abrasivo, rasga los alabes



<http://airprevac.blogspot.com/2010/04/ceniza-volcanica-y-aviones.html>

- El material abrasivo rasga las ventanillas de los aviones, lo cual genera problemas de visibilidad



<http://aerojetphotos.blogspot.com/2011/06/el-efecto-de-las-cenizas-volcanicas-en.html>

## ■ Sistema de detección de nubes de cenizas volcánicas AVOID

La compañía de bajo coste Easyjet utilizará el sistema de detección de nubes de ceniza volcánicas creado por el doctor Fred Prata basado en los datos aportados por cámaras infrarrojas.

**Volcán Eyjafjallajökull**

**Efectos sobre los aviones**  
La ceniza a 900 km/h es como una lija que erosiona los álabes del motor, las antenas y ennegrece el parabrisas de los pilotos

El material acumulado en el interior de los motores puede llegar a apagarlos de forma simultánea

Obstrucción del pitot (lecturas de velocidad erróneas)

Antenas

Antenas

Mala combustión por falta de oxígeno (pérdida de potencia)

Turbinas

La ceniza, al cristalizar, forma una costra que obstruye los conductos de refrigeración de las turbinas

Pitot

Si los motores fallan, el avión se queda sin sistema de climatización

Los "flaps" y alerones se atascan

**Precedentes**

**1980 (1)**  
Santa Helena (EEUU): cuatro aviones con daños severos en motores, ventanillas y sistemas hidráulico y de climatización

**1982 (2)**  
Galunggung (Indonesia): dos 747 con motores parados

**1989 (3)**  
Redoubt (EEUU): los cuatro motores de un 747 se pararon en vuelo

**1991 (4)**  
Pinatubo (Filipinas): daños leves en más de 20 aviones

**1997-98 (5)**  
Pococatépel (México): daños leves en varios aviones

**Sistema AVOID**  
Compuesto por dos cámaras infrarrojas situadas en el timón de cola del avión. Peso: 3 kg aproximadamente. Del tamaño de un proyector de video

15 km  
1.5 km  
0 (suelo)

100 km

Cono de detección

•••	NeO
•••	Ceniza
•••	CO <sub>2</sub>
•••	H <sub>2</sub> O

espectro

1 2 4 10 micras

Un ordenador compara las señales de las cámaras de infrarrojos y es capaz de distinguir entre el agua en suspensión (nubes) y cenizas volcánicas

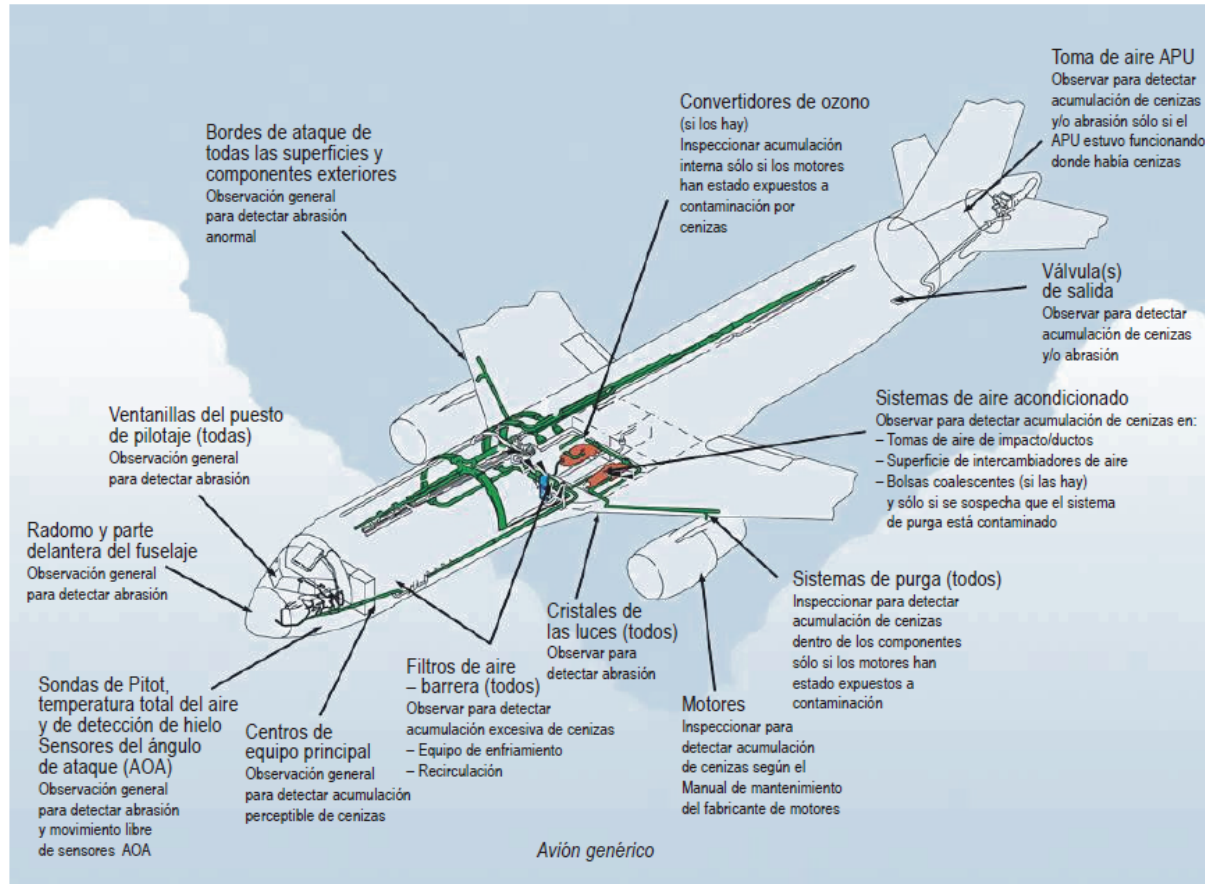
**Lectura**

**Modelo**

10 11 12 Micras

Estos datos permitirán construir una imagen fiable que verán, en tiempo real, el piloto y los expertos de la compañía

Todos los compuestos emiten radiaciones infrarrojas y son conocidos sus modelos



**Figura 4-3. Áreas de la célula y sistemas que deben ser objeto de observación en caso de operaciones cerca de cenizas volcánicas**

- Las cenizas volcánicas se meten en los sistemas de aire acondicionado y enfriamiento del equipo
- Contaminan los equipos eléctricos, la aviónica, los sistemas hidráulicos y los sistemas de detección de humo.



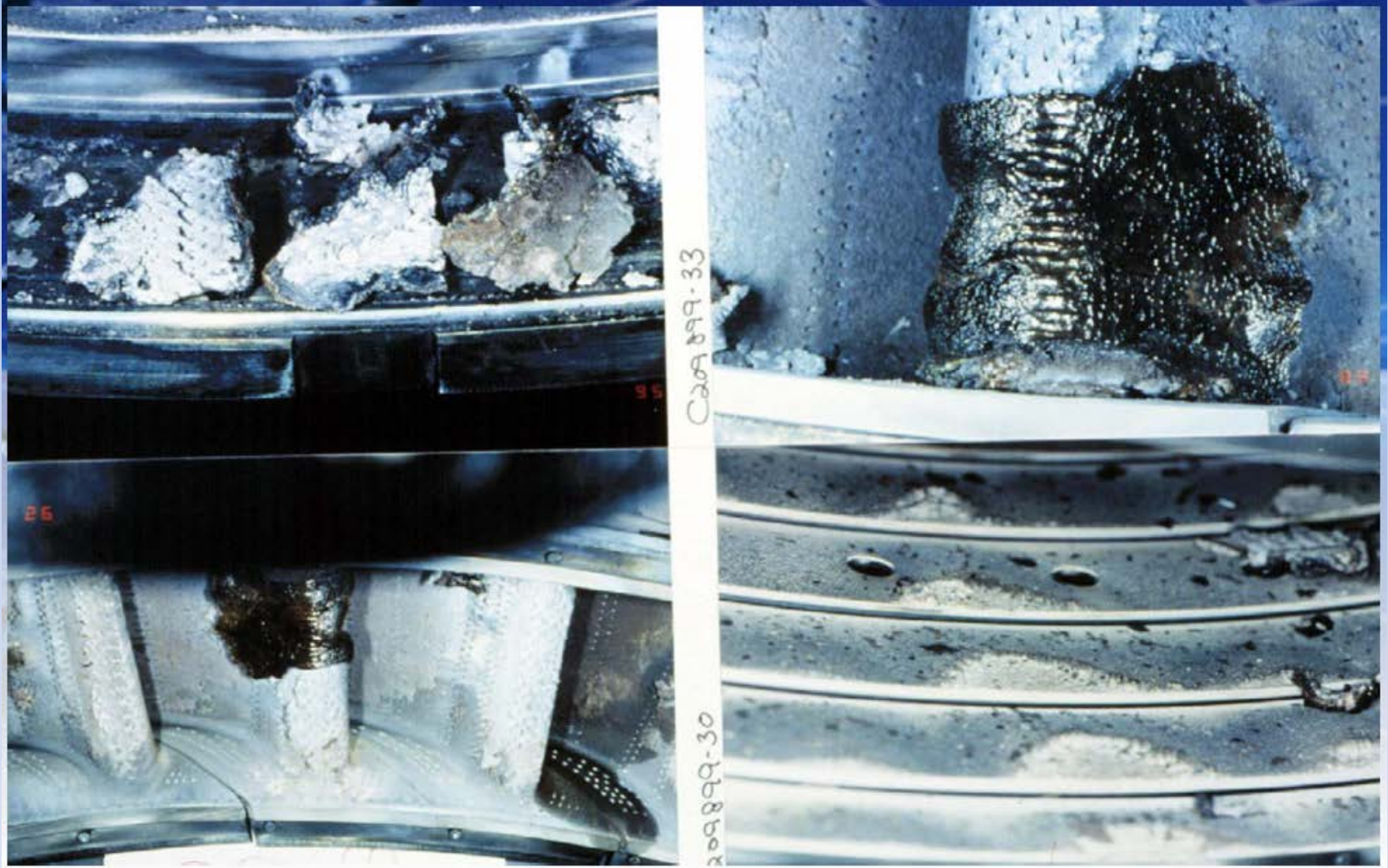
- EL MAYOR PELIGRO ES QUE LOS MOTORES DEJEN DE FUNCIONAR.....
- “Volar por una nube de ceniza es pasar los motores por lija a 900 por hora y 10.000 revoluciones”
- Es evidente que las cenizas volcánicas en la atmósfera pueden representar un peligro grave para las aeronaves en vuelo.
- Así, lo primordial es que... las aeronaves deberían evitar encuentros con cenizas volcánicas.



<http://matiscallone.blogspot.com/>



<http://www.microsiervos.com/>



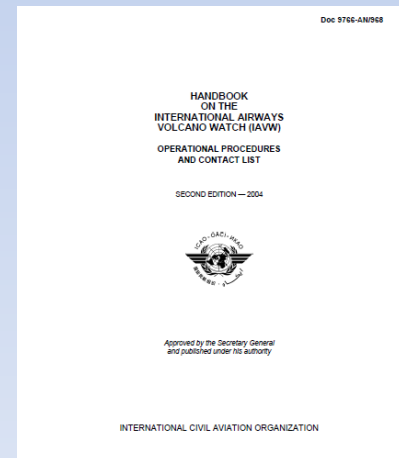
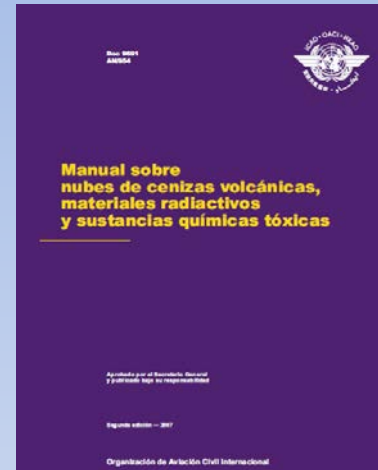


## ¿Que se ha hecho para mitigar los efectos de las Cenizas volcánicas?

- Se desarrollaron directrices
- Se hicieron las enmiendas a los Anexos y los procedimientos (1987) (se asistió al VAWSG, Estados y Organismos Internacionales)
- ¿Como?
- AIREP (Pilotos)
- SIGMETs (Oficina de vigilancia meteorológica –MWO)
- NOTAMs (Control de tránsito aéreo – ACC)
- Los gestores de rutas aéreas (Reguladores)

# Material de orientación sobre Cenizas Volcánicas

- Anexo 3 de OACI/Regulaciones Técnicas de la OMM [C 3.1]
- Capítulo 3, Apéndice 2, Tabla A2-1, Plantilla para mensajes de aviso de cenizas volcánicas
- *La seguridad de vuelo y las cenizas volcánicas*, Doc 9974
- *Manual sobre la vigilancia de los volcanes en las aerovías internacionales (IAVW) – Procedimientos operacionales y lista de puntos de contacto*, Doc 9766.
- Documento en línea en la página de la OACI. Sitio del IAVW.
- *Manual sobre nubes de cenizas volcánicas, materiales radiactivos y sustancias químicas tóxicas*, Doc 9691





- Nuevos formatos para VAAs, ASHTAM, y plantillas
- Inclusión de los observatorios vulcanológicos en las Tablas FASID de los ANP.
- Guías SIGMETs regionales
- Colaboración de la industria



## Establecimiento del IAVW

- La Vigilancia de los volcanes en las aerovías internacionales (IAVW) fue establecido por la OACI/OMM en noviembre de 1987.
- Objetivo: Mitigar los peligros significativos causados por las erupciones volcánicas y la ceniza volcánica en la atmósfera
- La IAVW se convirtió en un sistema de monitoreo y notificación a nivel global
- Compuesto por: observatorios vulcanológicos, oficinas meteorológicas, oficinas de vigilancia meteorológicas (MWO), (VAACs), las unidades ATS y la industria





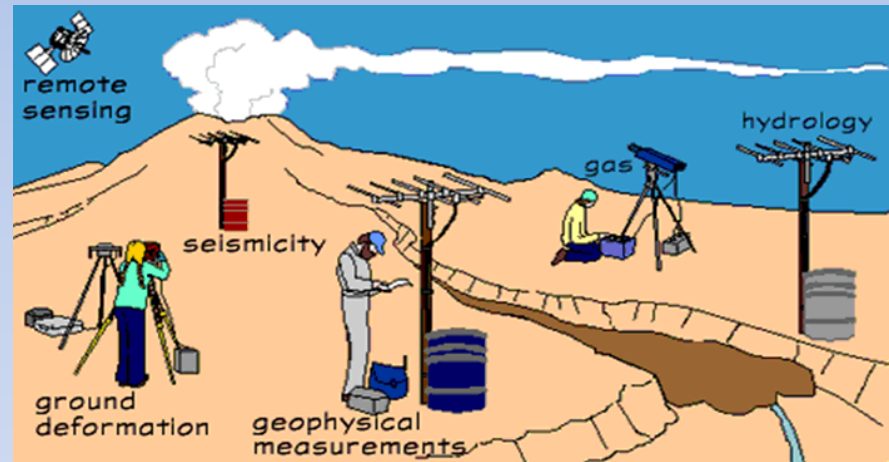


## EL IAVWOPSG

- Es un grupo operacional que se encarga de desarrollar materiales, recomendaciones y conclusiones relativo a la vigilancia de los volcanes.
- Está compuesto de Estados, Organismos Internacionales y usuarios
- Ocho reuniones, desde 2002, la última en Melbourne, 2014.

# Procedimientos de mitigación de las Efectos de la Cenizas Volcánicas

- Primero que todo
- Vigilancia: Se necesita la cooperación de todos los actores involucrados



<http://vulcanologia.igp.gob.pe/vulcanologia/node/25>

- **Cooperación inter-institucional con responsabilidades específicas de cada institución**





- **Una colaboración estrecha de los usuarios**



<http://mundodelaaviacion.files.wordpress.com>



- Procedimiento claro en cada institución ante un evento
- Simulacros periódicos.
- Procedimientos de los operadores en caso de encuentro con cenizas volcánicas
- Procedimientos de revisión de las aeronaves posterior a un encuentro con cenizas volcánicas



- Plan de Contingencia para los Aeropuertos.
- Plan de Emergencias para los Aeropuertos.
- Plan de contingencia para la Gestión de Tránsito Aéreo.
- Tareas específicas de la OVM
- Canales de comunicación fluida entre NOF/OVM/ATM/Usuarios/Operadores de aeródromos.



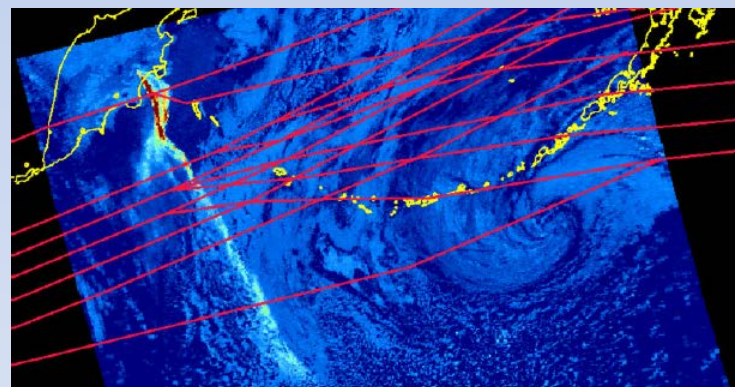
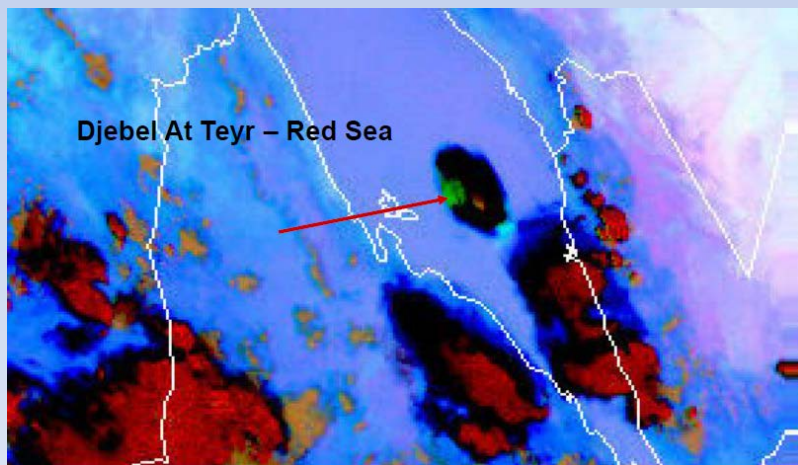
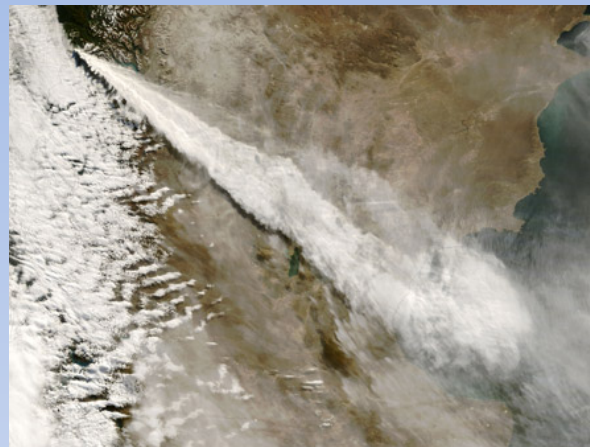
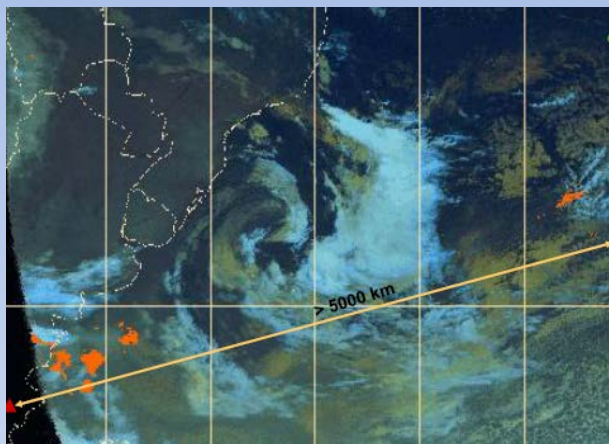
## Detección de Cenizas Volcánicas

- La primera fuente de información son los Boletines de los Centros Vulcanológicos.
- La utilización de radares, principalmente en la Banda K, optimizado para cenizas volcánicas es ideal para la vigilancia.
- Por obvias razones, como es difícil de vigilar todo los volcanes, la segunda fuente de información son los usuarios



- Radiómetros modernos de muy alta resolución (AVHRR) de los satélites de órbita polar. Principalmente en la diferencia de emisividad entre el Canal 4 y Canal 5 del Infrarrojo.
- Datos del TOMS, especialmente, para detectar concentración de SO<sub>2</sub>
- También la utilización del LIDAR puede aportar elementos para la detección de Cenizas Volcánicas
- Además, la industria está probando sistemas, en base al infra-rojo, llamado AVOID

## Detección usando AVHRR





## Los VAACs

- Como dice su nombre, Centros de Asesoramiento de Cenizas Volcánicas.
- Existen nueve VAACs en todo el mundo
- Su importancia radica en asesorar a las OVM sobre movimientos de las nubes de cenizas volcánicas.
- Elaboran pronósticos de trayectoria de cenizas volcánicas, así como los niveles de vuelo que puede afectar

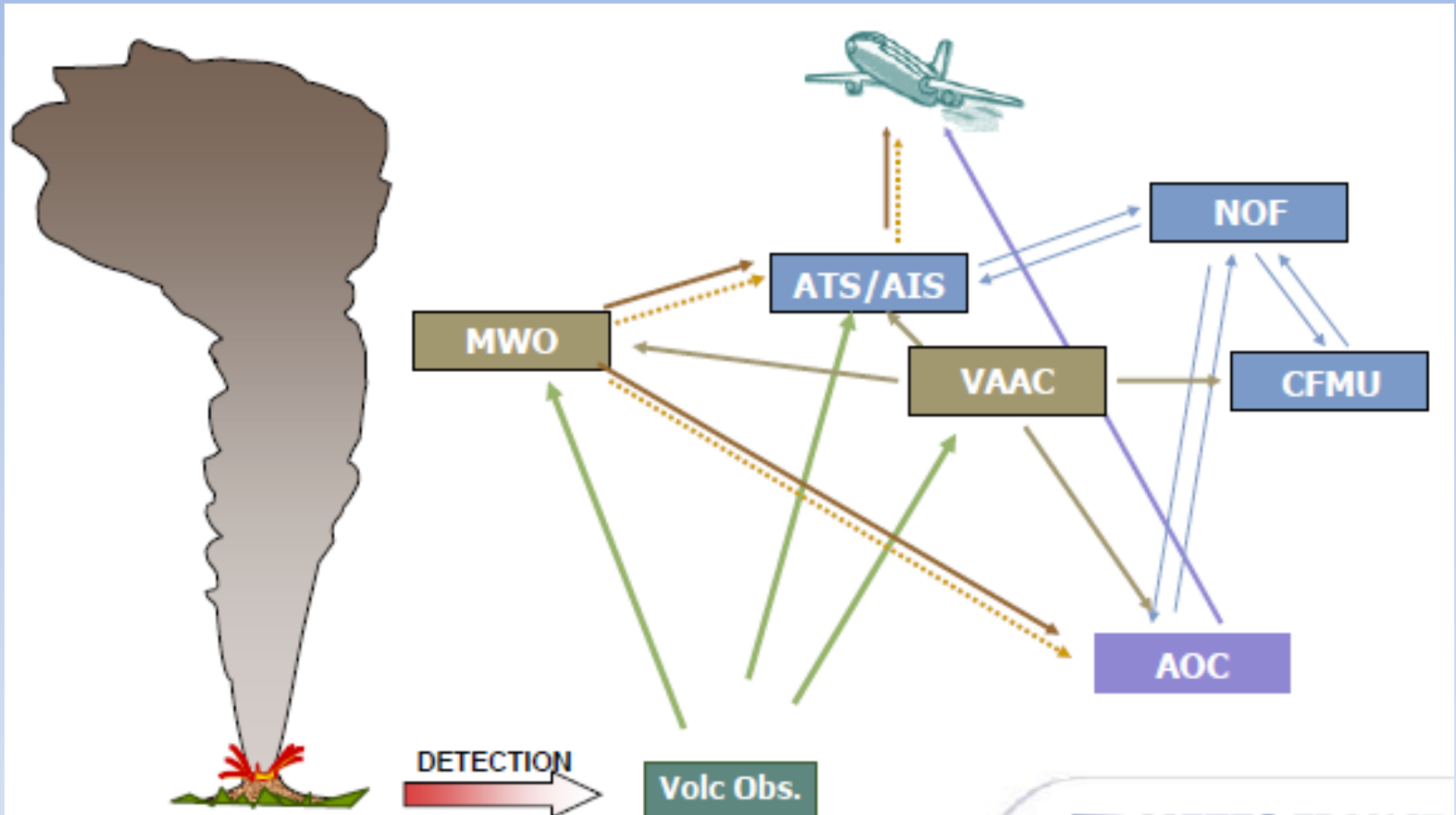
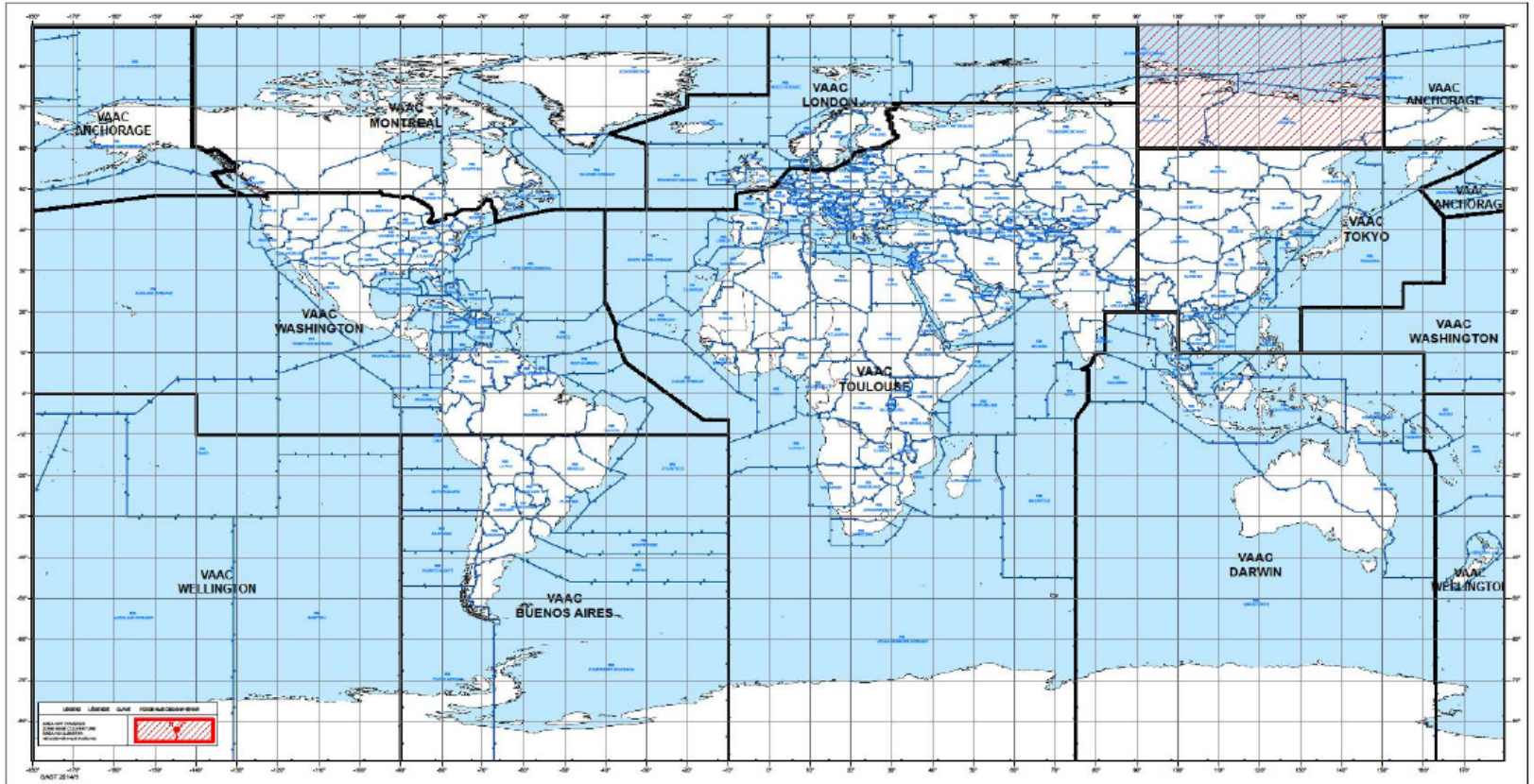
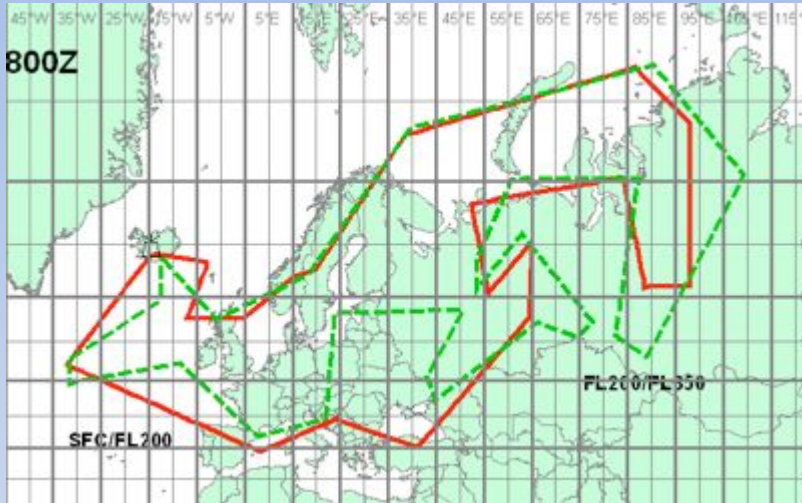


Diagrama de Distribución de la Información

CURRENT STATUS OF ICAO VOLCANIC ASH ADVISORY CENTRES (VAAC) - AREAS OF RESPONSIBILITY  
 SITUATION ACTUELLE DES CENTRES D'AVIS DE CENDRES VOLCANIQUES (VAAC) - ZONES DE RESPONSABILITÉ  
 ESTADO ACTUAL DE LOS CENTROS DE AVISOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (VAAC) DE LA OACI - ÁREAS DE RESPONSABILIDAD  
 СУЩЕСТВУЮЩЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ИКАО ПО ВОЛКАНИЧЕСКОМУ ПЕЛУ (ВААС) - РАЙОНЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ



## Carta de Dispersión



## VAA

FVAG01 SABM 181840  
VA ADVISORY  
DTG: 20140818/1840Z  
VAAC: BUENOS AIRES  
VOLCANO: SABANCAYA 354006  
PSN: S1547 W07151  
AREA: PERU  
SUMMIT ELEV: 5967M  
ADVISORY NR: 2014/013  
INFO SOURCE: GOES 13 - WEB CAM - ARS/SIGMET  
AVIATION COLOUR CODE: YELLOW  
ERUPTION DETAILS: VA REPORTED AT 18/1745Z  
OBS VA DTG: 18/1745Z  
OBS VA CLD: VA NOT IDENTIFIABLE FM SATELLITE DATA

FCST VA CLD +06HR: 18/2345Z NO ASH EXP  
FCST VA CLD +12HR: 19/0545Z NO ASH EXP  
FCST VA CLD +18HR: 19/1145Z NO ASH EXP

RMK: ALTHOUGH A PILOT REPORTED VA BTN FL150-200 MOV N.  
THERE IS NO INDICATION VA IN SATELLITE IMAGERY UNDER CLEAR SKIES.  
WEB CAM REVEALS WEAK EMISSION OF WV AND GAS ONLY. DISSIPATING NEAR THE SUMMIT

NXT ADVISORY: NO FURTHER ADVISORIES



# Afectación de los aeródromos

- Las cenizas volcánicas pueden depositarse en el aeródromo y en sus cercanías contaminando el equipo de tierra electrónico, eléctrico y mecánico y, si no se adoptan precauciones, en las aeronaves estacionadas o en rodaje en el aeródromo

## Afectación de los aeródromos (cont)

### Pista

- Reducción de Coeficiente de rozamiento
- Reducción de visibilidad

### Parte eléctrica

- Corto circuitos
- Llamaradas, incendios

### Infraestructura

- Los techos pueden ceder y desmoronarse.

### Aviones estacionados

- Especialmente los de motor trasero, pueden desplazar marcadamente el centro de gravedad



Figura 5-1. Hangares en la base de la Fuerza Aérea Clark, Filipinas, antes y después de una gran erupción el día 15 de junio de 1991 — Véase la foto de la situación antes (10 de junio de 1991) y después de la erupción (24 de junio de 1991) (de Casadevall)



Figura 5-2. Un DC-10 en tierra en la estación aérea naval de Cubi Point, Filipinas (de Casadevall)



# ¿Como afecta las Cenizas Volcánicas a la industria de la aviación? Los casos más recientes: Erupción del Eyjafjallajökull de 2010





- Consecuencias directas: Más de 100.000 vuelos cancelados.
- Se estima más de 2.600 millones de dólares de perdidas.
- Millones de personas prisioneras en aeropuertos sin poder regresar a sus hogares o desplazarse a lugares de negocios.

# Erupción del Puyehue – Cordón Caulle





- Más 3000 vuelos cancelados.
- Perdidas de las aerolíneas, en más de 60 millones de dólares.
- Perdida en turismo solo en Argentina, se estima, por encima de los 300 millones de dólares.
- Perdidas en otros rubros de producción



<http://es.sott.net/article/7146-Estiman-perdidas-millonarias-por-las-cenizas-del-volcan-Puyehue>



<http://blogs.lanacion.com.ar/>



# Erupción del Calbuco

**Aerolíneas internacionales cancelan vuelos a Santiago y Buenos Aires**

**Cenizas llegan al sur de Brasil**

**La nube de cenizas ya se expandía por una parte importante del territorio argentino y uruguayo.**

**American Airlines y Air France suspendieron vuelos desde Montevideo**

**Luvias de cenizas de "leve a moderada" sobre Bariloche, El Bolsón y Neuquén**

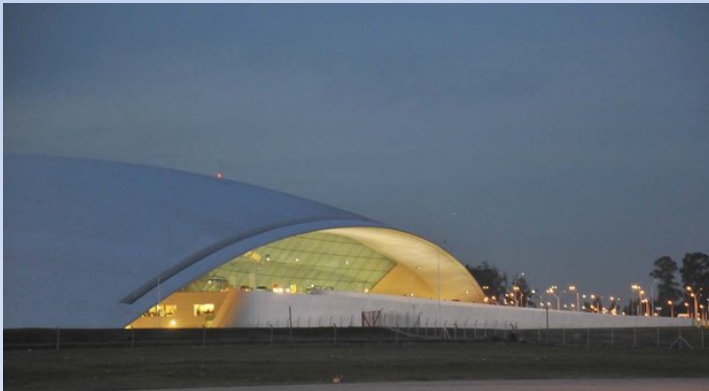
**Siguen cerrados cuatro aeropuertos por las cenizas del Calbuco**



<http://www.radioantara.cl>



<http://www.emol.com>



<http://www.montevideo.com.uy>



<http://www.infobae.com>



## Otros eventos vulcanológicos en Sudamérica

- Tungurahua – Ecuador.
- Guagua Pichincha – Ecuador
- Reventador
- Cotopaxi
- Nevado del Ruiz - Colombia
- Ubinas – Perú.



# Erupción del Turrialba

**El volcán Turrialba entra en erupción**

**Ceniza del volcán Turrialba obliga a cerrar  
aeropuerto Juan Santamaría**

**Volcán Turrialba presentó una nueva erupción  
este domingo**

**ERUPCIÓN VOLCÁNICA OBLIGA CIERRE  
TEMPORAL DE AEROPUERTO JUAN  
SANTAMARÍA EN COSTA RICA, OTRA VEZ**



<http://www.nacion.com>



<http://www.prensalibre.cr/Noticias>



<http://www.nacion.com>



<http://www.crhoy.com>



<http://noticieroenfoque.com>





## Conclusiones

- Las Cenizas Volcánicas no es algo que encuentres todos los días, pero te puede arruinar el día si lo encuentras.
- La industria aeronáutica aún no ha podido construir un motor resistente a las cenizas volcánicas
- **“Se buscan: ¡motores resistentes a la ceniza volcánica!”**



- La mejor recomendación de vuelo con las cenizas volcánicas es no volar.
- Se debe trabajar en forma conjunta todos los actores de la comunidad aeronáutica para mitigar los efectos de este fenómeno
- Se debe mantener un entrenamiento constante y bajo revisión todos los procedimientos.

Eres tan fuerte como tu  
eslabón más débil



La seguridad en la aviación no se  
improvisa. Es un compromiso de todos



**Muchas Gracias**