

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

Fecha y hora	<b>Jueves, 20 de enero de 2005; 03:26 h UTC</b>
Lugar	<b>Océano Atlántico, en ruta Santo Domingo (SDQ) a Madrid (MAD); coord N29.6° W50.7°</b>

**AERONAVE**

Matrícula	<b>EC-HPU</b>
Tipo y modelo	<b>BOEING 767-300</b>
Explotador	<b>Air Europa</b>

**Motores**

Tipo y modelo	<b>GENERAL ELECTRIC CF6-80C2</b>
Número	<b>2</b>

**TRIPULACIÓN**

	Piloto al mando	Copiloto
Edad	<b>48 años</b>	<b>38 años</b>
Licencia	<b>ATPL</b>	<b>ATPL</b>
Total horas de vuelo	<b>13.100 h</b>	<b>4.800 h</b>
Horas de vuelo en el tipo	<b>2.100 h</b>	<b>2.500 h</b>

**LESIONES**

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación		<b>1</b>	<b>10</b>
Pasajeros			<b>269</b>
Otras personas			

**DAÑOS**

Aeronave	<b>Menores</b>
Otros daños	<b>Ninguno</b>

**DATOS DEL VUELO**

Tipo de operación	<b>Transp. aéreo comercial – Regular internacional de pasajeros</b>
Fase del vuelo	<b>En ruta – Crucero</b>

**INFORME**

Fecha de aprobación	<b>30 de mayo de 2007</b>
---------------------	---------------------------

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Reseña del vuelo

El 20 de enero de 2005 el Boeing 767-300 EC-HPU, con 11 tripulantes y 269 pasajeros a bordo despegó del Aeropuerto de Santo Domingo (República Dominicana) a las 00:53 h<sup>1</sup> en un vuelo regular de pasajeros al Aeropuerto de Madrid-Barajas. La tripulación había descansado adecuadamente para el vuelo y se informó que antes del despegue habían recibido y revisado toda la información meteorológica relevante. El pronóstico mostraba la posibilidad de una línea de frente frío entre 25N045W y 50N40W, y también algunos cumulonimbos embebidos, en un área que sería posteriormente atravesada por el avión en su ruta.

El vuelo transcurrió con normalidad. Después de dos horas y media de trayecto el servicio de cena había terminado y la tripulación auxiliar estaba retirando las bandejas. El avión volaba a Mach 0,81, FL330 y rumbo 71°. Cuando pasaba por 29°N 50°W, en la zona pronosticada como tormentosa, comenzó a acelerarse hasta 300 KCAS, Mach 0,84 y, 581 kt de velocidad respecto al suelo y rumbo 71° cuando pasaba por 29°N 50°W, en la zona pronosticada como tormentosa. El comandante era el piloto a los mandos en esos momentos. La aeronave estaba controlada por el piloto automático central con empuje automático conectado y 91,6% de N1 en ambos motores.

Incluso en la oscuridad de la noche, la tripulación de vuelo podía ver el reflejo de la luna en el techo de las nubes y algunos rayos, y el comandante trató de evitar esa zona. Según los datos del FDR, a las 3:26:12 h el avión estaba girando con un alabeo que se incrementaba gradualmente de 6° a 16°.

Al notar turbulencia ligera, se encendieron los letreros de «abrochar cinturón» a las 3:26:13 h y siete segundos después, la aeronave entró en una área de turbulencia severa. En ese momento los tripulantes de cabina estaban regresando a las cocinas y uno de ellos intentaba alcanzar el interfono para dar al pasaje las instrucciones de abrochar cinturones debido a la turbulencia.

A las 3:26:20 h, mientras el avión continuaba girando con 16° de alabeo, el número de Mach alcanzó 0,868 y luego 0,874 y se grabaron cuatro valores de aviso de sobre-velocidad en el FDR.

A las 3:26:23 h, coincidiendo con el cuarto aviso de sobre-velocidad, la aceleración vertical hacia arriba comenzó a aumentar de 1 a 2 g en un segundo, y permaneció cercana a 2 g durante otros dos segundos y medio. El aviso desapareció en el siguiente segundo y apareció de nuevo una única y última vez, en el momento en el que se alcanzó el máximo valor de aceleración vertical de 2,081 g. No se grabó ningún otro aviso de sobre velocidad durante el resto del suceso.

<sup>1</sup> Todas las horas son UTC a menos que se indique lo contrario.

El avión ascendió con un alto régimen mientras el ángulo de cabeceo aumentaba y descendía la velocidad calibrada. La aceleración vertical empezó a disminuir y llegó a un mínimo de 0,318 g a las 3:26:36 h (con el avión a 34.800 ft) y después volvió a 1 g en menos de un segundo.

Como resultado de estas importantes variaciones de aceleración vertical, varios tripulantes de cabina que estaban de pie fueron lanzados contra el techo de la cabina y luego contra el suelo. Una tripulante (situada en la parte delantera de la cabina) sufrió fractura de tibia y peroné. Otros tres miembros de la tripulación de cabina sufrieron heridas debido a fuertes golpes contra el suelo, el techo, los asientos o los carros. Un pasajero que estaba de pie en el baño también tuvo un golpe en el pie.

El avión continuó ascendiendo hasta 35.800 ft mientras seguía sometido a turbulencia que hacía variar la aceleración entre 1 y 0,322 g hasta las 3:26:58 h. Hubo importantes variaciones de velocidad calibrada y número de Mach.

Después, la turbulencia se mantuvo con incrementos de aceleración hasta 1,2 g durante varios segundos. A las 3:27:11 h el piloto automático se desconectó. El avión comenzó un descenso y, cuando alcanzaba los 34.200 ft, se conectó de nuevo. El empuje automático permaneció conectado durante todo el suceso.

El avión llegó a 33.000 ft y se mantuvo con esa altitud durante 5 minutos, para subir a 33.300 ft y, tras varios minutos, volvió a su nivel de vuelo original FL330, todavía en turbulencia ligera. Sobre 3:39 h notificaron la turbulencia severa al «Air Route Traffic Control Center» (ARTCC) de Nueva York, informando que habían subido a FL350 y después volvieron a FL330 y notificando un viento de 258° y 74 kt.

Solicitaron un cambio de nivel de vuelo y una desviación de 10 NM a la derecha de la ruta prevista. El cambio de vuelo fue denegado (UHDT: "unable higher due traffic") por el ARTCC a las 3:49 h porque había otro tráfico en dirección opuesta en la zona. La desviación de 10 NM fue aprobada.

A las 3:53 h la aeronave comunicó «BACK ON COURSE NOW» (es decir que había vuelto al rumbo anterior) y que estaba a 33.000 ft. Hubo otra comunicación a las 4:36 h cuando la tripulación informó que estaban a 33°N 040°W con -49° de temperatura estática y viento 311° con 32 kt.

Las personas heridas fueron asistidas a bordo por un doctor que viajaba como pasajero. Puesto que ya habían cubierto casi la mitad de su ruta, decidieron continuar el viaje a Madrid, donde aterrizaron a las 8:57 h sin más incidentes.

El personal de mantenimiento inspeccionó el avión debido al encuentro con turbulencia y la sobre velocidad y no se encontraron discrepancias.

## 1.2. Información sobre el personal

### 1.2.1. *Piloto al mando*

Sexo, edad:	Varón, 48
Nacionalidad:	Español
Licencia:	ATPL, válida hasta el 23-4-2007
Horas totales de vuelo:	13.100 h
Horas en el tipo:	2.100 h (como piloto al mando)
Horas de vuelo en los últimos 28 días:	60 h

### 1.2.2. *Copiloto*

Sexo, edad:	Varón, 38
Nacionalidad:	Española
Licencia:	ATPL, válida hasta el 23-3-2007
Horas totales de vuelo:	4.800 h
Horas en el tipo:	2.500 h (como copiloto)
Horas de vuelo en los últimos 28 días:	77 h

## 1.3. Registradores de vuelo

El avión estaba equipado con un registrador de voz en cabina (CVR) pero la información relativa al accidente se había regrabado debido a la duración del vuelo tras el suceso. El registrador digital de datos de vuelo (DFDR) se descargó y se dispuso de los datos relevantes para la investigación.

De acuerdo a estos datos, el suceso empezó a las 3:26:13 h cuando la tripulación encendió el aviso de abrochar cinturones en la cabina de pasajeros al notarse una ligera turbulencia y anticiparse que podía haber turbulencia severa. El avión estaba en esos momentos en 29,6°N 50,7°W, a FL 330, con 300 KCAS y 581 kt de velocidad respecto al suelo, con el piloto automático y el empuje automático conectados. El indicador de ángulo de ataque mostraba -11,3.

La secuencia de los hechos más relevantes fue (véase la evolución de los parámetros en la Figura 1):

Tiempo horario (hh:mm:ss)	Tiempo (segundos) transcurridos tras las 3:26:13 h)	Comentario	Altitud (ft)	Velocidad (KCAS)	Ángulo de cabeceo (grados) y posición de la columna de control del comandante (grados)	Aceleración vertical (g)
3:26:13	0	Se enciende el aviso de abrochar cinturones	33.011	301	1,4 (0,5)	0,998
3:26:20	7	Suena el aviso de sobre velocidad durante tres segundos	32.955	312 (en el siguiente segundo se alcanza Mach 0,874)	0,9 (0,4)	1,092
3:26:25	12	Valor más alto de aceleración vertical	33.156	309	8,6 (-3)	2,081
3:26:36	23	Valor más bajo de aceleración vertical	34.823	241	14,1 (-4,4)	0,318
3:26:37,5	24,5	La aceleración vuelve a 1,14 g	34.930	235	17,8 (2,3)	1,14
3:26:49	36	Se alcanza la máxima altitud	35.865	224	3 (1,8)	0,588
3:27:11	58	Se desconecta el piloto automático	34.936	247	2,8 (-0,7)	1,153
3:28:15	122	Se conecta de nuevo el piloto automático	34.235	271	3,2 (3,2)	0,922
3:35:00	527	La turbulencia ya ha remitido	33.023	287	1,9 (0,4)	0,961

Además el avión probablemente entró en una fuerte corriente ascendente con lo que se produjo una elevada aceleración vertical. Se incrementó el régimen de ascenso y el avión subió 2.800 ft en 36 s (4.600 ft/min de valor medio). El ángulo de cabeceo aumentó y después se mantuvo durante algún tiempo y después probablemente se produjo una descendencia muy fuerte con lo que se llegó al valor mínimo de aceleración vertical, seguida de inmediato por un nuevo ascenso que llevó el ángulo de cabeceo a un máximo de 19,2° al tiempo que se alcanzaba un pico local de aceleración positiva de 1,14 g.

La velocidad respecto al suelo varió entre 507 kt a las 3:26:46 h y 593 kt a las 3:28:46 h. Hubo una importante variación del viento en cola notado por el avión cuando se inició la turbulencia (véase Figura 2).

El empuje automático permaneció conectado durante todo el evento. Cuando comenzaron las perturbaciones, el piloto automático movió los mandos de modo normal para intentar contrarrestar los efectos de la turbulencia, aunque no pudo evitar los picos de aceleración y la sobre velocidad.

La deflexión del timón de dirección varió entre 2,29° (3:26:28 h) y -2,02° (3:26:36 h).

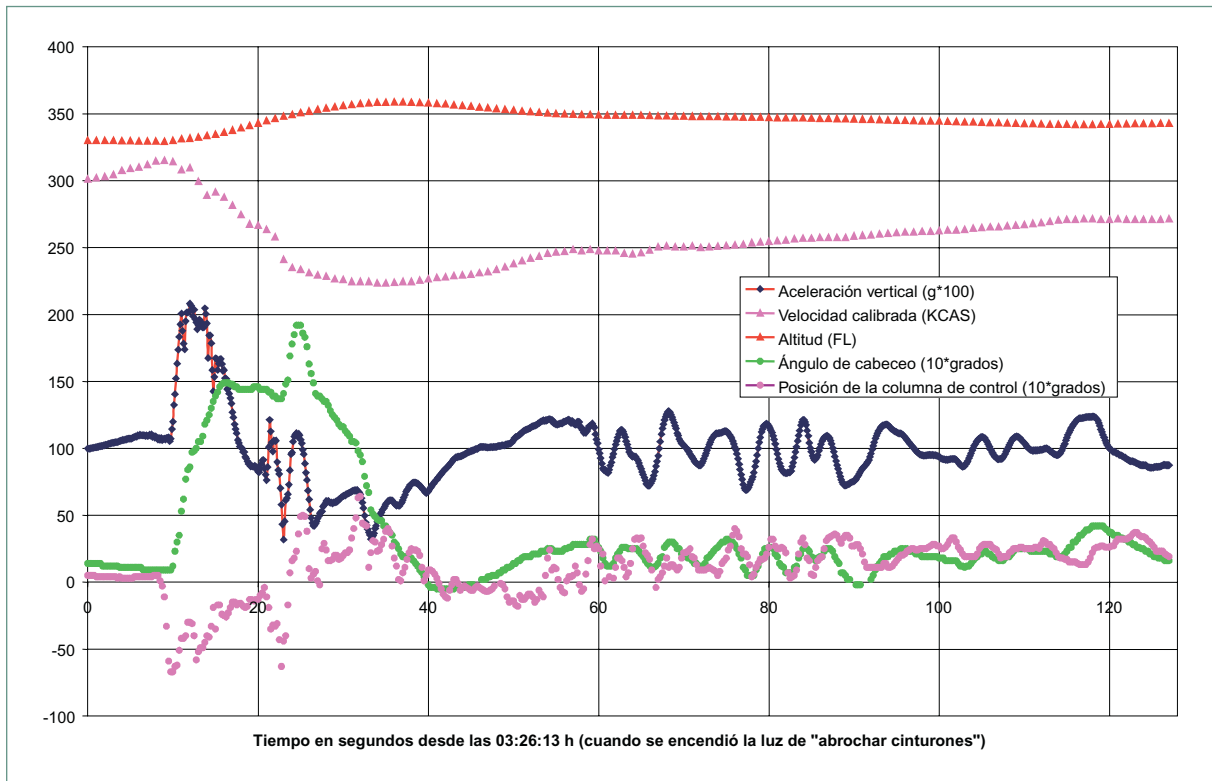


Figura 1.

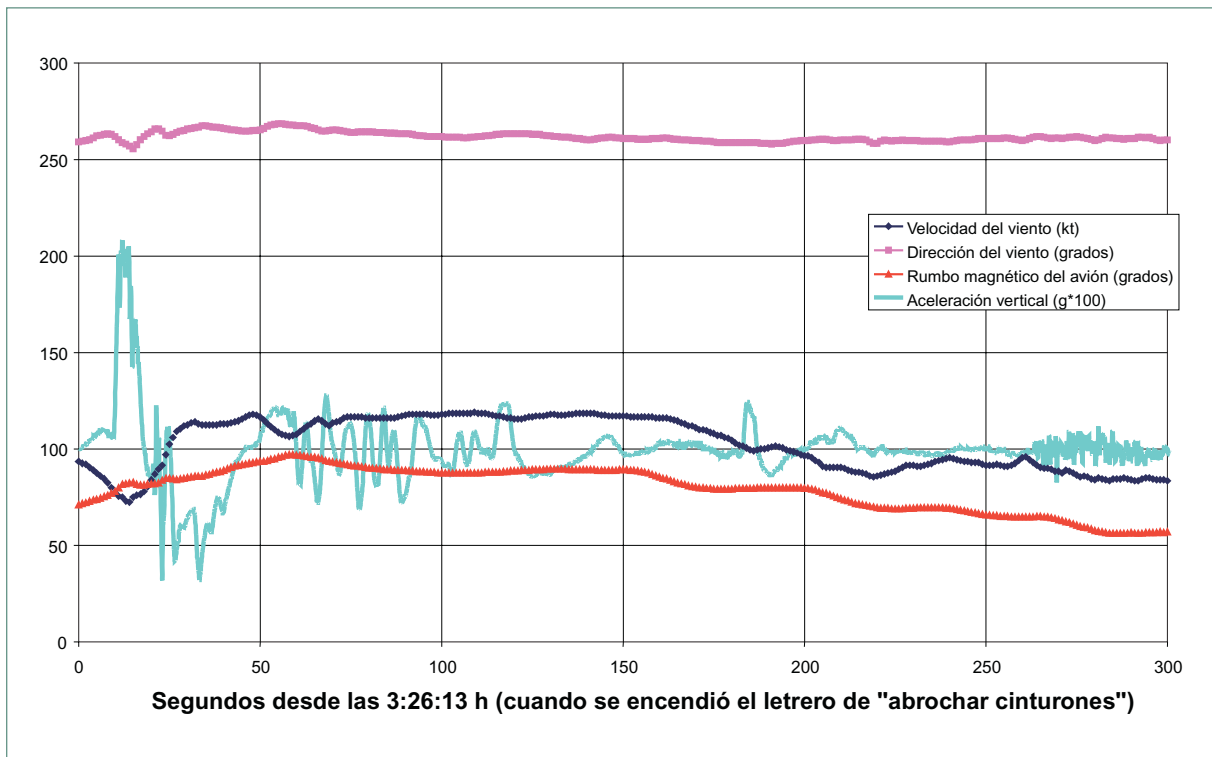


Figura 2.

#### 1.4. Información meteorológica

El comandante y el copiloto del avión habían recibido la información relativa al vuelo antes de la partida. El mapa de pronóstico válido a las 0:00 h de ese día emitido por el «World Area Forecast Centre» de Londres (véase Figura 3, con la ruta del avión prevista marcada) mostraba un frente nuboso con cumulonimbos aislados embebidos desde más abajo de FL250 hasta FL350 en el área de longitud 50° W y latitud 30° N. En esa zona también había una corriente de chorro oeste-este a FL390 con vientos previstos de unos 100 kt. Ese chorro era coincidente con la rotura de tropopausa (de FL500 de tropopausa subtropical a FL350 de tropopausa polar).

Además, en esa zona estaba prevista la presencia de turbulencia en aire claro («clear air turbulence», CAT) entre FL330 y FL440 (véase Area 5 en el mapa, y las altitudes en el cuadro «CAT AREAS», parte inferior de la Figura 3).

La predicción del WAFC de Washington también incluía corriente de chorro con frente frío en la zona marcada con la flecha, con cumulonimbos embebidos y aislados entre FL330 hasta por debajo de FL250.

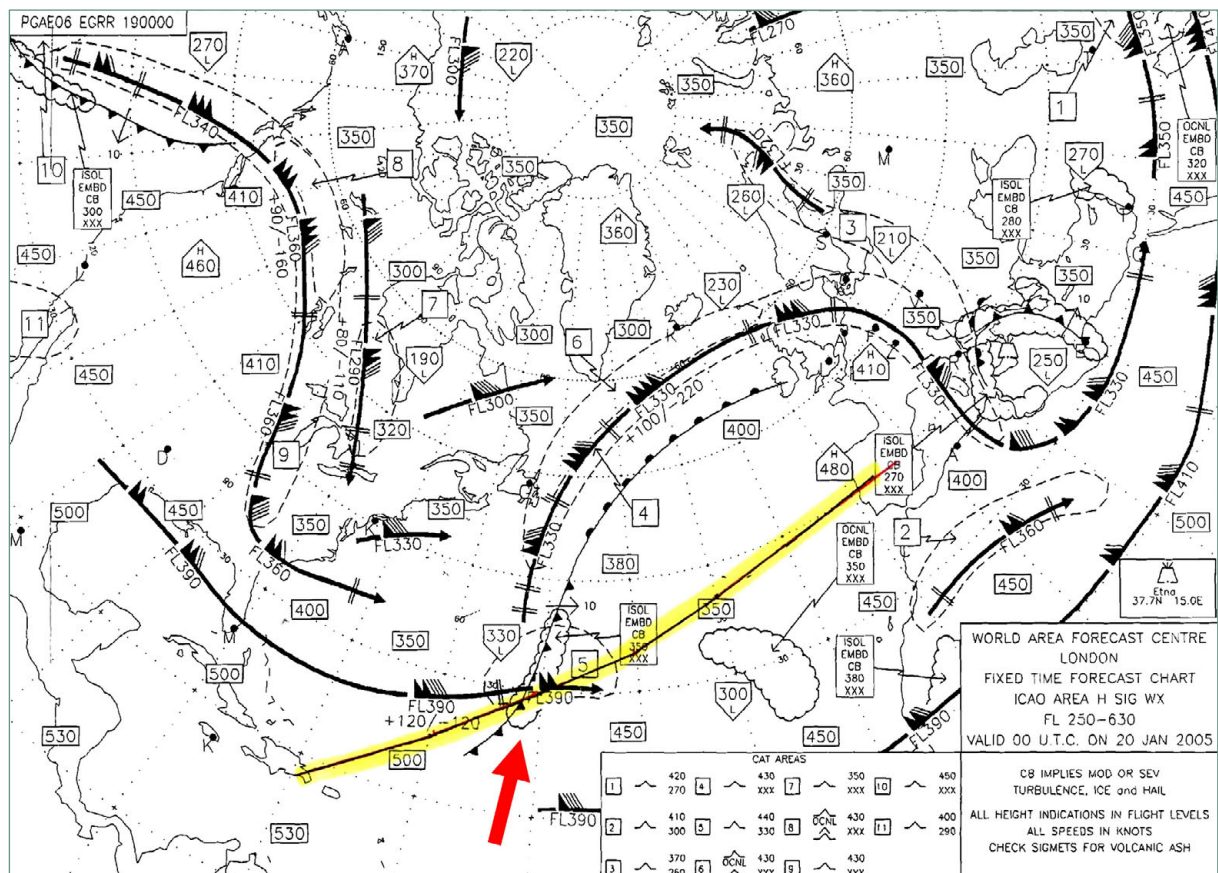


Figura 3. Mapa del WAFC de Londres, con la ruta prevista marcada en amarillo. Una flecha muestra la zona aproximada en la que ocurrió el accidente.



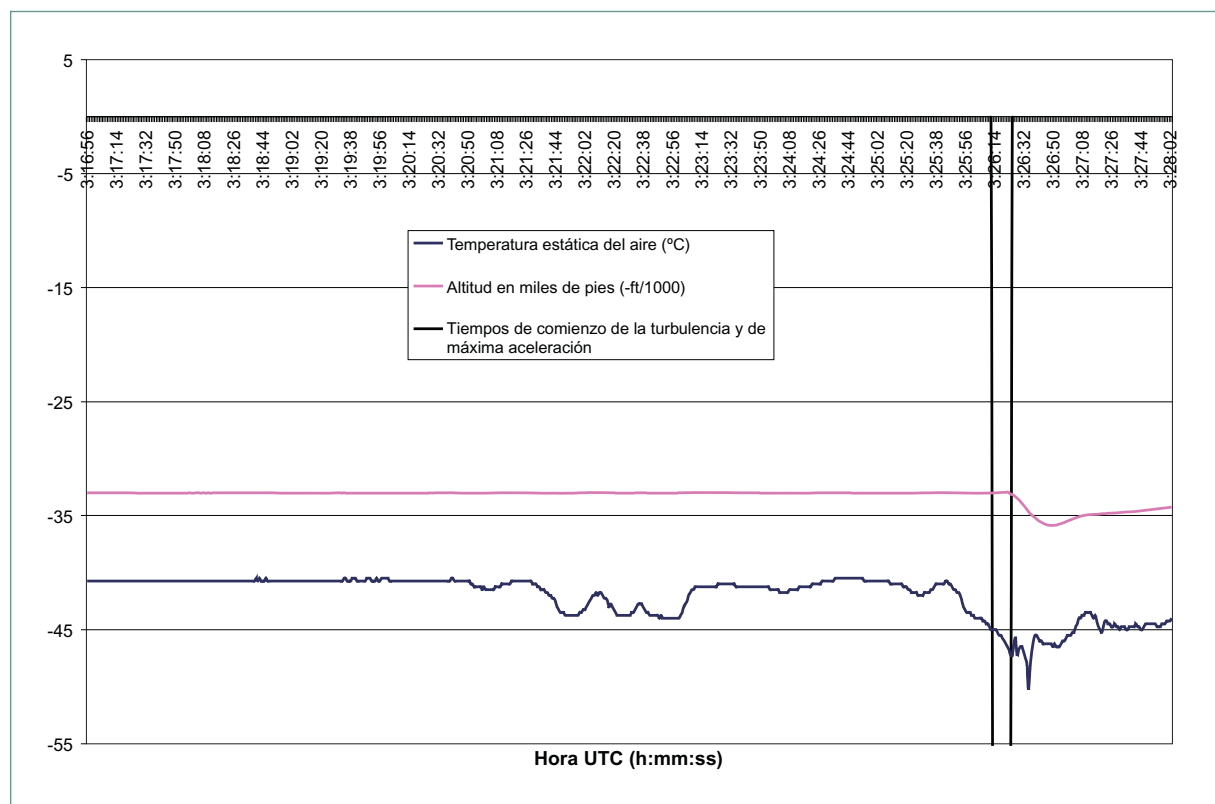
En los datos del FDR se aprecia que la temperatura estática del aire (SAT) se mantenía aproximadamente constante hasta que sobre las 3:21:40 h empezó a descender con oscilaciones. Este hecho podría haber constituido una indicación de que el avión se acercaba a la zona de la corriente de chorro con posible turbulencia en aire claro.

Este hecho, unido a la observación del incremento constante del viento que, para un mismo valor, se reduce el tiempo de un modo progresivo, debido a que la anchura entre isotacas se reduce lentamente cuando se cruza de sur a norte.

La proximidad al chorro se produce cuando el viento observado alcanza su máxima intensidad. Este valor es el mismo del chorro si se cruza a su misma altitud.

Los cruces por encima y por debajo del chorro se producirán con vientos inferiores al mismo.

Las cotas verticales, facilitadas en los mapas proporcionan una información complementaria muy importante, en la medida en que permiten interpolar valores intermedios de intensidad del viento.



**Figura 4.** Datos del FDR sobre la caída de la temperatura al acercarse el avión a la zona en la que encontró turbulencia. A las 3:26:25 h se produjo la máxima aceleración vertical y el avión ascendió bruscamente (Nota: la altitud tiene signo negativo en el gráfico para poder presentarla junto a la temperatura estática a efectos comparativos).



## 1.5. Procedimientos operacionales

### 1.5.1. Información de aeronave

El Manual de Operaciones del Boeing 767, Sección «Supplementary procedures», «Adverse Weather», indicaba que durante el vuelo en turbulencia moderada el piloto automático puede permanecer conectado a menos que el control manual sea necesario para realizar cambios de velocidad, actitud o altitud. La velocidad de penetración en aire turbulento es 290 kt/0,78 Mach. La subsección de «Turbulencia Severa» indica que ésta se debe evitar siempre que sea posible. Si no se puede evitar, se recomienda incrementar más el margen respecto al inicio de bataneo («buffet»), descendiendo aproximadamente 4.000 ft por debajo de la altitud óptima. El empuje automático se debería desconectar en turbulencia severa.

El Manual de Entrenamiento de Tripulaciones (FCTM) de Boeing, apartado Turbulent Air Penetration, daba indicaciones generales sobre el vuelo manual en condiciones turbulentas, incluyendo la conveniencia de utilizar el horizonte artificial como instrumento primario mientras se permiten variaciones de la velocidad y la altitud dentro de ciertos márgenes, evitando sobre todo que la velocidad descienda demasiado para no reducir los márgenes de bataneo y pérdida. La ignición debe conectarse de acuerdo a lo indicado por el manual de operaciones.

### 1.5.2. Manual del operador

La parte general del Manual de Operaciones del operador indicaba (parte 8.3.8.1 «Tormentas», 2-12-2002) que la turbulencia térmica aparece casi siempre asociada a las tormentas, y no sólo dentro de las células tormentosas, por lo que en las áreas próximas debe también aplicarse lo previsto en los manuales en cuanto a vuelos en áreas turbulentas. En el apartado 8.3.8.5 «Corriente de chorro» (2-12-2002) se decía (en línea con la doctrina de la OACI) que estas corrientes, especialmente las que producen vientos mayores de 110 kt, son susceptibles de generar CAT en la tropopausa por encima del núcleo del chorro y debajo del núcleo del chorro y en la zona de baja presión, siendo la turbulencia más acusada por encima y a sotavento de las cadenas montañosas. Se daban indicaciones para predecir la posibilidad de encontrar CAT a partir de la cizalladura horizontal y vertical del viento, que a su vez guarda relación con el gradiente horizontal de temperatura. En cualquier caso, se sugiere que en las zonas de CAT pronosticada o reportada se ajuste la velocidad a la recomendada para vuelo en turbulencia nada más recibir la primera sacudida.

Si se encuentra CAT con viento en cola o en cara, se debe iniciar un cambio en el rumbo o en la altitud debido a que esas zonas son estrechas y de poco espesor.

Si se encuentra CAT con viento cruzado, generalmente no es necesario cambiar de nivel o de rumbo, de nuevo debido a que las zonas turbulentas son estrechas.

También se advierte que si se espera CAT porque se va a penetrar en la tropopausa, se debe vigilar la temperatura exterior (OAT). El punto de temperatura más baja de la trayectoria de vuelo indicará la penetración en la tropopausa y la CAT será más pronunciada hacia el lado de la estratosfera.

### 1.5.3. *Uso del radar meteorológico*

No hay constancia de que la tripulación tuviera ningún problema con el uso del radar meteorológico. Puesto que la tripulación veía el techo de las nubes y algunos relámpagos, no necesitaban el radar para saber que se aproximaban a una zona tormentosa.

Los radares meteorológicos de a bordo actuales sólo pueden detectar precipitación (gotas de agua, lluvia, granizo, nieve, etc.) en el interior de las nubes. La turbulencia en aire claro o en el interior de tormentas sin precipitación no es detectada por este equipo. La conciencia de la situación y el no volar por encima o por debajo de nubes peligrosas teniendo en cuenta esta limitación es el único modo de evitar que la turbulencia afecte al avión.

El uso de la característica de TILT (es decir, el cambio del ángulo que el plano de la antena forma con la horizontal) del radar meteorológico se considera uno de los factores más críticos para detectar el nivel de precipitación en el interior de un cúmulo nimbo y, de ese modo indirecto, poder anticipar que cierta turbulencia pudiera estar asociado al mismo. Si esta característica, junto con la selección del rango de distancia adecuado, no se usa de modo conveniente, la efectividad del radar podría disminuir hasta el punto de que la tripulación no sea capaz de detectar con la suficiente antelación los niveles de peligro asociados a un área de nubosidad.

## 1.6. Tipos de turbulencia

A efectos de este informe, se pueden definir los siguientes dos tipos de turbulencia:

- a) Turbulencia en aire claro («clear air turbulence») (CAT). Según la Advisory Circular AC 61-107A «Operations of aircraft at altitudes above 25,000 ft MSL and/or Mach numbers (Mmo) greater than .75» (2-1-2003), es «un fenómeno meteorológico asociado a vientos a gran altitud. Esta turbulencia de alto nivel ocurre donde no hay nubes presentes y puede aparecer a cualquier altitud (normalmente por encima de 15,000 ft AGL), aunque normalmente se desarrolla en o cerca de la corriente de chorro ("jet stream") donde hay un rápido cambio de temperatura. La CAT generalmente es más fuerte en la cara polar del chorro y en los meses de invierno. La CAT puede ser causada por cizalladura de viento («wind shear»), corrientes convectivas, ondas de montaña, fuertes depresiones en altura u otras obstrucciones al

- flujo normal del viento. La CAT es difícil de predecir porque no da avisos visuales de su presencia y los vientos pueden desplazarla lejos de su punto de origen.»
- b) Turbulencia debida a cumulonimbos: La citada AC 61-107A indica que «las nubes con un gran desarrollo vertical (por ejemplo cúmulos en forma de torre y cumulonimbos) indican que hay una capa profunda de aire inestable y contienen turbulencia de moderada a fuerte con hielo. Las bases de esas nubes se encuentran a altitudes asociadas con nubes bajas o medias pero su techo pueden subir hasta 60,000 ft o más. En concreto los cumulonimbos son nubes tormentosas que representan un peligro particularmente severo para los pilotos y deberían ser circunvalados cuando sea posible. Los peligros asociados con estas nubes incluyen tormentas embebidas, turbulencia severa o extrema, rayos, hielo y corrientes ascendentes o descendentes de intensidad peligrosa.»

En ocasiones este tipo de turbulencia se denomina «turbulencia inducida convectivamente» (CIT) ya que se debe a la convección térmica. Lo importante para la seguridad operacional es que los efectos de la CIT se pueden notar a bastante distancia de las nubes de desarrollo, sin que se pueda predecir su aparición, y que los efectos son generalmente peores por debajo y a sotavento del CB.

La AC 00-24B «Thunderstorms» de la FAA proporciona, entre otras, las siguientes guías para evitar los efectos de las tormentas:

Evitar con al menos 20 NM de margen cualquier tormenta identificada como severa o que dé un eco radar intenso.

Salvar el techo de una tormenta severa con un margen de al menos 1.000 ft de altitud por cada 10 kt de velocidad de viento en el techo de la nube.

Circunnavegar toda la zona si está cubierta por tormentas en más de un 60 por cien.

Considerar como extremadamente peligroso cualquier tormenta con techos de nubes de 35.000 ft o más alto tanto se los techos se observan visualmente o se determinan con el radar de a bordo.

En caso de que no pueda evitarse volar en una zona afectada por los efectos de la tormenta, algunas recomendaciones a aplicar antes de entrar en la zona son:

Establecer el nivel de empuje de motores recomendado en el manual del avión para la velocidad de penetración de turbulencia.

Si se usa piloto automático, desconectar los modos de altitud o velocidad constantes.

Si se usa radar meteorológico de a bordo, inclinar la antena arriba y abajo ocasionalmente para detectar actividad tormentosa a altitudes diferentes de la que se está volando.

Si a pesar de todo se ha entrado en la zona afectada por la turbulencia generada por la tormenta, algunas recomendaciones a aplicar mientras se atraviesa son:

No cambiar el nivel de empuje; mantener el nivel para la velocidad de penetración en turbulencia.

Mantener una actitud constante y dejar que el avión «se mueva con las ondas».

No dar la vuelta una vez se ha entrado en la zona. Se puede incrementar el peligro y las maniobras de giro incrementan las cargas sobre el avión.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Previsión del encuentro con la turbulencia

El avión volaba a FL330 con el piloto y el empuje automáticos conectados a Mach 0,81 por debajo de la tropopausa, cerca de una zona en la que la carta de pronóstico válida 3 horas antes preveía la confluencia de varios fenómenos meteorológicos adversos:

- Confluencia de una corriente de chorro a FL390 de más de 100 kt con un frente frío, con lo que a su vez se preveía turbulencia en aire claro una zona bastante amplia.
- Cumulonimbos embebidos y aislados desde más abajo de FL250 hasta FL350.
- Zona de transición de la tropopausa tropical a polar.

El avión pasaba por debajo del chorro, desde su zona cálida hacia su zona fría (norte), en la que se produce la máxima turbulencia asociada.

El Mach de penetración de turbulencia recomendado por Boeing era 0,78. En esos momentos estaba terminando el servicio de cena a bordo. La tripulación tenía a la vista las nubes, y en todo momento consideraban que se encontraban en aire claro, es decir, alejados lo suficiente de la zona tormentosa como para no notar los efectos de turbulencia inducida convectivamente.

Iniciaron un giro para evitar la zona y, al notar las primeras sacudidas, encendieron el aviso de abrochar cinturón de seguridad,

Sin embargo, estas acciones no tuvieron la suficiente antelación, ya que sólo 7 segundos después comenzaron las perturbaciones más fuertes y se alcanzó la máxima aceleración vertical positiva al cabo de 12 s de haber encendido el aviso. Los bruscos movimientos del avión ocurrieron cuando la tripulación de cabina estaba todavía recogiendo el servicio a bordo o regresando a sus asientos, con lo que se produjeron heridas de diversa consideración a varios ocupantes.

A falta de datos exactos sobre la distancia horizontal y vertical del avión al techo de nubes, es difícil determinar si la turbulencia que afectó al avión fue CAT (asociada a la corriente de chorro) o CIT, es decir, si se debió a los efectos del chorro al confluír con el frente frío, o a que la influencia de los cumulonimbos se extendió más de lo esperado hasta afectar al avión, aunque la primera posibilidad parece más probable, especialmente teniendo en cuenta la caída de temperatura que se produjo al acercarse a esa zona (véase Figura 4). En esa línea, la tripulación percibió el evento como un encuentro con CAT, ya que tenían en todo momento identificado el frente tormentoso.

Como se indica en 1.6 a), está generalmente aceptado que la turbulencia en aire claro «...normalmente se desarrolla en o cerca de la corriente de chorro (“jet stream”) donde hay un rápido cambio de temperatura...». El manual de operaciones del operador también advertía que si se espera CAT porque se va a penetrar en la tropopausa, se debe vigilar la temperatura exterior (OAT).

En este caso, entre las 3:21 h y las 3:23 h se produjo una caída de SAT que se recuperó después hasta que a las 3:25 h comenzó a caer de forma más pronunciada y un minuto después se produjo el comienzo de la turbulencia. Sólo la monitorización continua de esos valores de temperatura y la variación de vientos asociados, en el caso de que se hubiera anticipado la presencia de CAT, podría haber ayudado a prevenir el accidente.

## 2.2. Efectos de la turbulencia sobre el vuelo

La rapidez y violencia inicial del encuentro fueron del todo inesperadas para la tripulación, por lo que una vez iniciada era muy difícil que pudiesen reaccionar en los segundos iniciales. Ya no había tiempo para reducir la velocidad a la recomendada para penetración de turbulencia.

Al comienzo de las oscilaciones, el piloto automático estaba y permaneció conectado, e intentó mantener la velocidad inicial luchando contra sus cambios. Como el empuje automático también estaba conectado, hubo importantes cambios de empuje de los motores, que se redujo cuando aparecieron los avisos de sobre velocidad. Sin embargo, es probable que se produjese una ascendencia seguida de una descendencia ambas muy fuertes que generaron los cambios bruscos de aceleración en la cabina.

Según el manual de operaciones del avión, se permitía que el piloto automático siguiese conectado en casos de turbulencia ligera o moderada, a menos que las desviaciones en actitud u otros parámetros requiriesen el uso de control manual, como probablemente sucedió en este caso al alcanzar el cabeceo 19° morro arriba. La documentación del fabricante recomendaba controlar suavemente la actitud. El manual de operaciones recomendaba que se desconectase el empuje automático.

Una vez pasados los primeros 60 segundos, en los que el avión sufrió los peores efectos de aceleración, la tripulación pudo controlar la situación y más tarde informar al ATC y requerir un cambio de nivel y una desviación para evitar la zona turbulenta. Más tarde, con asesoramiento de un médico que viajaba a bordo, tomaron la decisión de continuar a destino pese a las heridas que se habían sufrido a bordo, lo cual se considera acertado dadas las circunstancias y que llevaban ya más de tres horas de vuelo.

### 2.3. Riesgo afrontado por los tripulantes de cabina

En los años 2004 y 2005 se han reportado a la CIAIAC tres accidentes de encuentros con turbulencia de aeronaves de transporte aéreo comercial internacional de pasajeros, que han producido tres heridos graves, dos de ellos tripulantes de cabina y el otro un pasajero. Los accidentes han afectado a tres operadores diferentes y a modelos de avión también diferentes.

En los tres casos se ha determinado que, aún cuando el suceso se haya podido percibir inicialmente como CAT, en las proximidades de la zona donde ocurrieron estaba pronosticada la presencia de cumulonimbos con actividad tormentosa, que podrían haber añadido inestabilidad al aire circundante, lo que indica la necesidad de aumentar la concienciación de la gran extensión fuera de la nube que puede verse afectada por turbulencia inducida convectivamente con vistas a aplicar todas las medidas atenuantes posibles con la máxima antelación.

Entre esas medidas debería estar el asegurar con tiempo suficiente que todas las personas a bordo están aseguradas con sus cinturones de seguridad y que no hay objetos sueltos en las cabinas.

Es práctica habitual en vuelos de transporte aéreo comercial de pasajeros el recomendar a los pasajeros que mantengan abrochados sus cinturones de seguridad siempre que estén sentados, aunque no existe obligatoriedad para ello excepto en ciertas fases del vuelo o cuando sea requerido por la tripulación. Se intenta así disminuir el número de pasajeros heridos por encuentros con turbulencia, que es probablemente una de las más importantes causas de daños personales en vuelos de línea aérea.

Sin embargo, el presente suceso, como los anteriores investigados, pone de nuevo de manifiesto el riesgo debido a turbulencia que afrontan los tripulantes de cabina que están de pie en muchas fases del vuelo tanto para realizar un imprescindible servicio de seguridad a bordo, como para llevar a cabo otros servicios de carácter comercial que también son de gran importancia para las compañías.

A modo de comparación, un estudio publicado en el año 2004 por la FAA sobre los accidentes de aviación debidos a turbulencia entre los años 1990 y 2001 en

EE.UU.<sup>2</sup> indica que se produjeron 72 accidentes en ese periodo en operaciones de línea aérea (bajo FAR 121) en los que hubo 89 heridos graves y ningún fallecido. Los tipos de turbulencia (con el número de sucesos y el de heridos graves asociados a cada categoría entre paréntesis) a efectos del estudio se dividieron en «Turbulence» (24 sucesos y 29 heridos graves), «Clear air» (23 y 27), «Turbulence in clouds» (14 y 19), «Thunderstorm turbulence» (9 y 12), «Convection induced» (1 y 1) y «Mountain wave» (1 y 1).

### 3. CONCLUSIÓN

Se considera que la causa probable del accidente fue un encuentro inesperado por la tripulación con turbulencia severa en las proximidades de una corriente de chorro y de una masa de nubes de desarrollo con actividad tormentosa, que produjo en un corto período de tiempo una ascendencia y una descendencia de gran intensidad.

### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Tras el accidente, el operador emitió una serie de recomendaciones internas para su organización que incluían aumentar la concienciación de las tripulaciones para que se utilice toda la información meteorológica a su alcance para prevenir sucesos similares, que se mantenga la máxima distancia posible con los cumulonimbos bordeándolos por barlovento, reducir la velocidad a la recomendada por el fabricante si hay probabilidad de sufrir turbulencia y, ante la más mínima duda retrasar, modificar o incluso cancelar el servicio a los pasajeros y encender el aviso de cinturones.

Puesto que los únicos parámetros que hubieran podido ayudar a anticipar de algún modo la aparición de turbulencia en aire claro eran la temperatura exterior del aire, lo cual ya estaba genéricamente descrito en el manual de operaciones, y la variación de vientos asociados, se emite la siguiente recomendación dirigida al operador:

**REC 19/07.** Se recomienda a Air Europa que proporcione a las tripulaciones de vuelo que realizan vuelos transatlánticos material de guía detallado y de fácil uso a bordo para ayudarles a anticipar la presencia de turbulencia en aire claro asociada a corriente de chorro a partir de la monitorización de la temperatura estática del aire y de los vientos asociados.

<sup>2</sup> «Review of Aviation Accidents Involving Weather Turbulence in the United States 1992-2001», Reference number 04-551, FAA Office of System Safety, August 2004, página 14 y siguientes.