



**COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES
E INCIDENTES DE
AVIACIÓN CIVIL**

Informe técnico IN-029/2006

Encuentro con turbulencia
de estela en el espacio aéreo
superior ocurrido el día 28
de mayo de 2006 a la aeronave
AIRBUS A320, matrícula EC-JDK,
operada por Vueling, en ruta
entre Barcelona y Santiago
de Compostela



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

IN-029/2006

Encuentro con turbulencia de estela en el espacio aéreo superior ocurrido el día 28 de mayo de 2006 a la aeronave AIRBUS A320, matrícula EC-JDK, operada por Vueling, en ruta entre Barcelona y Santiago de Compostela



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**

**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA DE ESTADO
DE TRANSPORTES**

**COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL**

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-11-055-1
Depósito legal: M. 23.129-2003
Diseño y maquetación: Phoenix comunicación gráfica, S. L.

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@fomento.es
<http://www.ciaiac.es>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.5 del Reglamento (UE) n.º 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art. 15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1, 4 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

Índice

Abreviaturas	vii
Sinopsis	ix
1. Información factual	1
1.1. Antecedentes del vuelo	1
1.2. Lesiones de personas	2
1.3. Daños a la aeronave	2
1.4. Otros daños	2
1.5. Información personal	3
1.5.1. Comandante	3
1.5.2. Segundo piloto	4
1.5.3. Verificaciones de competencia y formación	6
1.6. Información de aeronave	7
1.6.1. Célula	7
1.6.2. Información de mantenimiento	7
1.6.3. Información sobre el sistema de mandos de vuelo del A-320	9
1.6.4. Sistema de vigilancia y anticollisión	10
1.6.5. Uso del timón de dirección en aviones de categoría de transporte	10
1.7. Información meteorológica	15
1.8. Ayudas para la navegación	16
1.8.1. Traza radar	16
1.8.2. Separación por estela turbulenta	17
1.9. Comunicaciones	17
1.9.1. Comunicaciones entre la aeronave y el Centro de Control de Barcelona	17
1.10. Información de aeródromo	18
1.11. Registradores de vuelo	18
1.11.1. Registrador de voz en cabina	18
1.11.2. Registrador de datos de vuelo	18
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto	25
1.13. Información médica y patológica	26
1.14. Incendios	26
1.15. Aspectos de supervivencia	26
1.16. Ensayos e investigación	26
1.16.1. Declaraciones de la tripulación	26
1.16.2. Análisis de cargas	28
1.16.3. Determinación de la turbulencia exterior	28
1.17. Información sobre organización y gestión	29
1.17.1. Manual de operaciones	29
1.17.2. Organización de seguridad en vuelo del operador	30
1.17.3. Medidas de seguridad tomadas por el operador	30
1.18. Información adicional	31
1.18.1. Antecedentes de cargas laterales elevadas	31
1.18.2. Antecedentes de encuentros con estela turbulenta	32
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces	33

2. Análisis	35
2.1. General	35
2.2. Actuación de la tripulación	37
2.2.1. Actuación sobre los mandos de vuelo	37
2.2.2. Actuaciones sobre los mandos de motores	39
2.2.3. Actividad de la tripulación	40
2.3. Aspectos de mantenimiento	40
2.4. Formación	40
3. Conclusión	41
3.1. Conclusiones	41
3.2. Causas	42
4. Recomendaciones sobre seguridad	43

Abreviaturas

00°	Grados geométricos/Rumbo magnético
00 °C	Grados centígrados
ACAS	Sistema de anticollisión de a bordo
ADIRU	«Air Data Inertial Reference Unit» (unidad de datos de aire/referencia inercial)
ALT	«Altitude» (altitud)
AOB	«Angle Of Bank» [ángulo de alabeo (grados)]
AP	Piloto automático
APP	Oficina de control de aproximación
ATS	Servicio de tránsito aéreo
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation civile
CAS	Velocidad calibrada respecto del aire
CAT	Categoría de aproximación instrumental
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil
CLB	«Climb» (ascenso)
CM1	Puesto de pilotaje izquierdo
CM2	Puesto de pilotaje derecho
CRM	«Crew Resource Management» (gestión de recursos en cabina)
CVR	Registrador de voces en cabina
daN	Decanewton(s)
dd-mm-aaaa	Fecha en día, mes y año
DFDR	Registrador digital de datos de vuelo
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
DMU	«Data Management Unit» (unidad de gestión de datos)
E	Este
EANPG	Grupo Europeo de Planeamiento de Navegación Aérea
ELAC	«Elevator Aileron Computer»
FAA	Federal Aviation Administration
FAC	«Flight Augmentation Computer»
FAR	Federal Aviation Regulations
FBW	«Flight by Wire» (vuelo por cable)
FCOM	«Flight Crew Operating Manual»
FCTM	«Flight Crew Training Manual»
FD	«Flight Director» (director de vuelo)
FDR	Registrador de datos de vuelo
FL	Nivel de vuelo
ft	Pie(s)
g	Aceleración de la gravedad
GS	«Ground Speed» (velocidad respecto del suelo)
h	Hora(s)
hh:mm	Horas y minutos
hPa	Hectopascal(es)
IAS	Velocidad indicada
IFR	Reglas de vuelo instrumentales
JAR	«Joint Airworthiness Regulations»
kg	Kilogramo(s)
KIAS	Velocidad indicada en nudos
km/h	Kilómetros por hora
kt	Nudo(s)
l	Litro(s)
lb	Libra(s)
m	Metro(s)
M	Número de Mach
ME-MP	«Multiengine-Multipilot» (Multimotor-multipiloto)
ME-SP	«Multiengine-Singlepilot» (Multimotor-monopiloto)
Mmo	Mach máximo de operación

Abreviaturas

Msg	«Message» (mensaje)
N	Norte
N1	Revoluciones por minuto del carrete 1 del motor
NAV	Navegación
NM	Milla(s) náutica(s)
NDT	Ensayos no destructivos
NTO	«Non Technical Objection» (Sin objeción técnica)
NTSB	National Transportation Safety Board
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
P/A	Avisos al pasaje («Passenger Address»)
P/N	Número de Parte («Part Number»)
PF	Piloto a los mandos
QAR	Registrador de acceso rápido
RA	Aviso de resolución
RSVM	Separación mínima vertical reducida
S	Sur
S/N	Número de serie
SHP	«Shaft Horse Power» (caballos de potencia en el eje)
SPD	Velocidad
TA	Aviso de tránsito
TAS	«True Airspeed» (velocidad verdadera)
TCAS	Sistema de vigilancia y anticollisión
TCP	Tripulantes de cabina de pasajeros
THR	Sistema de empuje automático de motores
Tm	Tonelada
TMA	Área terminal de maniobras
USG	Galones americanos
UTC	Tiempo Universal Coordinado
VFR	Reglas de vuelo visual
Vmcg	Velocidad mínima de control en tierra
Vmo	Velocidad máxima de operación
VS	Vertical Speed, velocidad vertical (ft/min)
W	Oeste

Sinopsis

Propietario y operador:	Vueling
Aeronave:	AIRBUS A320; matrícula EC-JDK
Fecha y hora del incidente:	28-05-2006, a las 12:36 h UTC ¹
Lugar del incidente:	Aerovía UN-725, entre los puntos DIRMU y KUMAN
Personas a bordo y lesiones:	Piloto, copiloto, 5 tripulantes de cabina de pasajeros (TCP) y 135 pasajeros. 4 pasajeros y 3 TCP heridos leves
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial – Regular – Interior de pasajeros
Fecha de aprobación:	21 de febrero de 2011

Resumen del incidente

La aeronave, un Airbus A320, que cubría la ruta Barcelona - Santiago de Compostela, mientras volaba a FL325, atravesó una zona de fuerte turbulencia, que provocó que la aeronave comenzase a descender de forma acusada, a la vez que se producían movimientos de magnitud considerable de alabeo hacia uno y otro lado. A consecuencia de los bruscos movimientos de la aeronave, cuatro pasajeros y tres tripulantes de cabina de pasajeros resultaron heridos leves. La tripulación consiguió controlar la aeronave a FL 310 y pudo continuar el vuelo hasta destino.

La investigación ha puesto de manifiesto que este incidente fue originado por la estela turbulenta procedente de un Airbus A340-300, que se encontraba en la misma aerovía, 10,13 NM por delante de la aeronave Airbus A320-200 de la compañía Vueling, con su mismo rumbo, volando también hacia el punto «Kuman», a FL 330.

La actuación de la tripulación no se ajustó a los procedimientos de vuelo de la aeronave, y pudo contribuir a acrecentar los efectos de la perturbación exterior.

¹ La referencia horaria en este informe es la hora UTC. La hora local se obtiene añadiendo 2 horas a la hora UTC.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

La aeronave había despegado del aeropuerto de Barcelona a las 14:19 hora local con destino el aeropuerto de Santiago de Compostela, con 135 pasajeros y 7 tripulantes a bordo.

A los 20 minutos de vuelo, encontrándose en ese momento la aeronave en la ruta UN-725, concretamente entre los puntos DIRMU y KUMAN, a FL325 en curso de ascenso a FL370, atravesó una zona con fuerte turbulencia, que provocó que la aeronave comenzase a alabear fuertemente hacia la derecha. El piloto automático, que estaba conectado en ese momento, trató de contrarrestar el alabeo, si bien, dada la gran intensidad de éste, su intervención no fue suficiente para detenerlo, por lo que éste continuó.

En ese momento actuaba como piloto a los mandos el CM2.

A la vista de la situación, el CM2 tomó los mandos, desconectó el piloto automático, consiguiendo detener primero e invertir después el movimiento de alabeo y finalmente nivelar la aeronave, aunque inmediatamente después ésta comenzó de nuevo a alabear al lado derecho. El CM2 volvió a actuar para contrarrestar este movimiento consiguiendo nuevamente nivelar la aeronave, si bien, instantes después volvió a reproducirse el alabeo a la derecha.

El CM1 decidió tomar los mandos de la aeronave, lo que indicó al CM2 diciendo «tengo el control» y pulsó el botón de cancelación (override) de su palanca de mando («sidestick»). El CM2 respondió «tuyo el control».

Los problemas de control descritos anteriormente se reprodujeron durante cuatro veces más, con la diferencia de que durante éstos, los movimientos de alabeo fueron a ambos lados, tras lo cual la tripulación consiguió recuperar el control de la aeronave.

A la par que se producían estos hechos, la aeronave comenzó a descender encontrándose a nivel de vuelo FL303, en el momento en que la tripulación recuperó el control.

A consecuencia de los bruscos movimientos a los que se vio sometida la aeronave, 4 pasajeros y 3 miembros de la tripulación de cabina sufrieron heridas de carácter leve, causadas fundamentalmente por golpes.

La aeronave pudo continuar su vuelo, y aterrizó con normalidad en su aeropuerto de destino, Santiago de Compostela.

Se descargaron los datos del DFDR, y se proporcionaron al fabricante para su análisis.

Varios días después, concretamente el 6 de junio, el operador de la aeronave recibió un aviso del fabricante en el que se indicaba que el análisis de los datos del DFDR, había puesto en evidencia que durante el evento se habían alcanzado altos valores de aceleración lateral, de hasta +0,47g, por lo que se hacía necesario someter la aeronave a una inspección más profunda. En ese momento la aeronave se encontraba volando hacia el aeropuerto de Valencia, por lo que se decidió aparcar la aeronave en este aeropuerto, donde comenzó a efectuarse la inspección ordenada por el fabricante. Posteriormente, el día 11 del mismo mes, la aeronave voló en vuelo de traslado (ferry) hasta el aeropuerto de Zurich, donde se completó la inspección.

Como resultado de la misma, se determinó que la aeronave podía retornar al servicio, lo que se produjo el día 26 de junio.

1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Graves				
Leves	3	3	6	No aplicable
llesos	4	132	136	No aplicable
TOTAL	7	135	142	

1.3. Daños a la aeronave

Una vez en tierra la aeronave, fue sometida a las inspecciones que el manual de mantenimiento determina para el caso de vuelo en turbulencia severa, encontrándose todos los elementos inspeccionados en perfectas condiciones. Únicamente se apreciaron diversos desperfectos en la parte trasera de la cocina, causados por el impacto de un carrito del servicio a bordo, que afectaron al generador de oxígeno de la puerta 2R, al módulo de oxígeno de la cocina, a alguna de las señales y luces de las puertas 2L y 2R, que fueron reparados rápidamente, lo que permitió que la aeronave realizase ese mismo día el trayecto de vuelta a Barcelona, con la misma tripulación.

1.4. Otros daños

No hubo más daños.

1.5. Información personal

1.5.1. Comandante

Edad: 51 años
Nacionalidad: Italiana

Licencia de aptitud de vuelo

Título: Piloto de Transporte de Línea Aérea
Fecha de expedición: 28-11-2002
Fecha de caducidad: 28-11-2007

Habilitaciones:

- Monomotores terrestres de pistón: Válida hasta el 18-03-2007
- Multimotores terrestres de pistón: Válida hasta el 20-05-2006
- A319/320/321: Válida hasta el 12-06-2007
- Vuelo instrumental ME-MP: Válida hasta el 12-06-2006
- Vuelo instrumental ME-SP: Válida hasta el 20-05-2006
- Instructor de vuelo: Válida hasta el 18-03-2007
- Otras habilitaciones que había tenido: DC-8, DC-9, B777

Reconocimiento médico

Clase: 1
Fecha último reconocimiento: 17-03-2006
Validez: Hasta el 19-09-2006

Experiencia de vuelo

Horas totales de vuelo: 14.000 h
Horas en el tipo: 1.800 h

Actividad

El vuelo en el que tuvo lugar el incidente era el primer vuelo del día. Comenzó la actividad a las 13:15 hora local. El descanso previo al vuelo fue de 13:13 h.

Desde el día 21 de abril de 2006, fecha en la que comenzó su actividad para Vueling, el piloto desarrolló la siguiente actividad:

Fecha	Hora inicio	Hora final	Actividad	Actividad máxima ²
21-04	03:15	12:36	9:21	10:30
22-04	04:00	11:32	7:32	11:00
23-05	Descanso			
24-05				
25-05				
26-05	11:15	20:34	9:19	12:30
27-05	11:15	22:03	10:48	12:30

Durante los treinta días anteriores su actividad de vuelo fue la siguiente:

	Número de vuelos	Horas
Últimos 30 días	58	148:27 h
Últimos 7 días	16	43:44 h
Día anterior	4	10:48 h

1.5.2. Segundo piloto

Edad: 35 años
Nacionalidad: Países Bajos

Licencia de aptitud de vuelo

Título: Piloto de Transporte de Línea Aérea
Fecha de expedición: 13-06-2002
Fecha de caducidad: 31-03-2011

Habilitaciones:

- ATR42/72 (copiloto VFR/IFR): Válida hasta el 01-05-2006
- A319/320/321 (comandante VFR/IFR): Válida hasta el 12-06-2007

² De acuerdo a la Circular Operativa 16B de la Dirección General de Aviación Civil.

Reconocimiento médico

Clase: 1
 Fecha último reconocimiento: 20-07-2005
 Validez: Hasta el 01-08-2006

Experiencia de vuelo

Horas totales de vuelo: 5.700 h
 Horas en el tipo: 500 h

Actividad

El vuelo en el que tuvo lugar el incidente era también su primer vuelo del día, comenzando su actividad a las 13:15 hora local.

Desde el día 2 de abril de 2006, el copiloto desarrolló la siguiente actividad:

Fecha	Hora inicio	Hora final	Actividad	Actividad máxima
2-04	04:00	15:36	11:36	11:00
3-04	05:00	11:11	6:11	13:00
4-05	04:35	14:28	9:53	11:00
5-05	03:15	09:13	5:58	11:15
6-05	12:30	20:29	7:59	12:45
7-05				
8-05	Descanso			
9-05				
10-05				
11-05	15:40	20:49	5:09	13:00
12-05	11:15	20:43	9:28	12:30
13-05	12:05	21:25	9:20	12:00
14-05	15:40	21:17	5:37	13:00
15-05	Descanso			
16-05				
17-05				
18-05	05:00	11:19	6:19	13:00

Fecha	Hora inicio	Hora final	Actividad	Actividad máxima ²
19-05	03:15	12:40	9:25	10:30
20-05	04:00	16:56	12:56	11:00
21-05	11:15	20:54	9:39	12:30
22-05	Descanso			
23-05				
24-05				
25-05				
26-05	04:35	14:32	9:57	11:00
27-05	04:35	13:57	9:22	12:30

Como puede observarse en la tabla anterior, los días 2 de abril y 20 de mayo el copiloto superó los tiempos máximos de actividad, en 36 minutos en el primer caso, y en 1 hora y 56 minutos en el segundo. En este último se prolongó la actividad de la tripulación, debido a que se retrasó la salida del último vuelo del día, Bruselas – Barcelona, a causa de congestión en el aeropuerto de origen y problemas con los equipajes originados por la rotura de varias cintas de facturación.

El artículo 7.1 de la Circular Operativa 16B establece determinadas exenciones al cumplimiento de los tiempos máximos de actividad, entre las que se encuentra la siguiente: «el posible exceso sobre los máximos establecidos, debido a circunstancias imprevistas, supondrá la notificación a la DGAC por el Comandante del vuelo en los cinco días siguientes a su regreso a la base, justificando razonadamente las circunstancias del caso, con objeto de estimar la procedencia de la decisión. Los excesos de actividad aérea superiores a 2 horas sólo se considerarán aceptables cuando hayan concurrido circunstancias verdaderamente extraordinarias».

El descanso previo al vuelo fue de 21:18 h. Durante los treinta días anteriores su actividad de vuelo fue la siguiente:

	Número de vuelos	Horas
Últimos 30 días	52	138:03 h
Últimos 7 días	10	31:07 h
Día anterior	2	9:22 h

1.5.3. Verificaciones de competencia y formación

Comandante

El día 15 de abril de 2006 fue sometido a una verificación de competencia en la aeronave A320/200 como CM1, que superó satisfactoriamente.

En los meses previos al incidente había recibido cursos de formación sobre los siguientes aspectos:

- Aproximación instrumental CAT II/III.
- Entrenamiento recurrente en A320.
- Gestión de recursos en cabina (CRM).

Copiloto

El día 13 de enero de 2006 fue sometido a una verificación de competencia en la aeronave A320/200 como CM2, que superó satisfactoriamente.

En los meses previos al incidente había recibido cursos de formación sobre los siguientes aspectos:

- Aproximación instrumental CAT II/III.
- Entrenamiento recurrente en A320.
- Gestión de recursos en cabina (CRM).

1.6. Información de aeronave

1.6.1. Célula

Marca:	AIRBUS
Modelo:	A-320
Núm. de fabricación:	1769
Matrícula:	EC-JDK
Propietario:	Vueling
Explotador:	Vueling

1.6.2. Información de mantenimiento

1.6.2.1. Manual de mantenimiento. Vuelo en turbulencia

El manual de mantenimiento de la aeronave requiere que se lleve a cabo una inspección de la misma, después de un vuelo en excesiva turbulencia o por encima de la velocidad Vmo/Mmo. A fin de precisar mejor en qué casos debe realizarse, el manual de

mantenimiento indica que se llevará a cabo, si el informe de la tripulación y/o los datos del DFDR y/o del QAR muestran que:

- a) La turbulencia o las maniobras han causado un factor de carga vertical igual o superior a:
 - + 2,5 g o - 1 g (configuración limpia).
 - + 2 g o 0 g (con flaps o slats extendidos).
- b) La velocidad ha estado por encima de $V_{mo} + 20$ kt (CAS).
- c) La velocidad ha estado por encima de $M_{mo} + 0,04$ M.
- d) Ha habido velocidades por encima de V_{mo} o M_{mo} , durante las cuales el factor de carga vertical ha sido igual o mayor de - 2 g o 0 g.

Independientemente de lo anterior, el manual indica que también debería hacerse esta inspección si se ha generado un «DMU informe de cargas 15» en el informe postvuelo («post flight report»), lo que indicaría que se habrían alcanzado valores excesivos de aceleración vertical. En cualquier caso, el manual de mantenimiento no incluye ningún criterio sobre valores de aceleración lateral, como indicación de que el avión ha sufrido turbulencia severa.

En lo que respecta a la inspección propiamente dicha, facilita instrucciones detalladas de las áreas que deben examinarse, de forma visual la mayor parte, que básicamente son:

- Fuselaje.
- Estructuras de sujeción de los motores a las alas (pylons) y góndolas.
- Estabilizador horizontal.
- Estabilizador vertical.

En caso de que se encuentren daños, el manual facilita instrucciones de qué debe hacerse.

En este caso en concreto, esta inspección se llevó a cabo en el aeropuerto de Santiago de Compostela, no apreciándose ningún daño. Los máximos valores de la aceleración vertical a las que estuvo sometida la aeronave durante el evento fueron de 1,69 g y -0,45 g, que están por debajo de los umbrales que marca el manual de mantenimiento, para que sea preciso hacer una inspección de la aeronave.

1.6.2.2. Inspección complementaria

Como consecuencia de los altos valores de aceleración lateral a los que se vio sometida la aeronave, y que fueron detectados durante los análisis de los datos del DFDR, el fabricante de la aeronave, notificó al operador, el día 6 de junio, la necesidad de parar

la aeronave y someterla a una inspección más profunda, que hubo de ser diseñada por Airbus ad-hoc para este caso, y que en síntesis abarcaba los siguientes puntos:

Inspección visual detallada de las superficies exteriores e interiores y la estructura de las alas, incluyendo los controles de vuelo primarios y secundarios, parte trasera del fuselaje, estabilizador vertical y timón de dirección.

En la inspección realizada no se encontró ninguna anomalía. Únicamente se observó que en algunas zonas la pintura y el sellante presentaban agrietamientos. Por este motivo, el fabricante de la aeronave requirió que se efectuasen inspecciones mediante ensayos no destructivos (NDT) en dichas zonas, no encontrándose ninguna anomalía.

A la vista de los resultados de la inspección y de los estudios de cargas efectuados por el fabricante, éste llegó a la conclusión de que la aeronave podía retornar al servicio, produciéndose este hecho el día 20 de junio.

1.6.3. Información sobre el sistema de mandos de vuelo del A-320

En 1988 empezó a volar el Airbus A-320, un birreactor de fuselaje estrecho, de alcance medio, en el segmento de los 150 pasajeros.

En este avión el movimiento de las palancas de los controles de vuelo en cabina por los pilotos no está mecánicamente ligado al de las superficies de mandos de vuelo. En los sistemas FBW se sustituyen, por cables eléctricos, los cables de acero y tubos de una transmisión mecánica convencional de los controles; entre éstos y las superficies de mandos de vuelo se intercalan ordenadores y actuadores eléctricos e hidráulicos. Los movimientos de los controles en cabina no se corresponden exactamente con unas deflexiones determinadas de las superficies de mando. En primer lugar, no hay en los puestos de pilotaje la habitual columna de mando y «cuernos» («Control column and wheel») que ha sido sustituida por una pequeña palanca de mando conocida normalmente por «sidestick» (véase figura 1).

Las palancas de mando de piloto y copiloto se mueven independientemente; no están unidas mecánicamente y piloto y copiloto en un mismo instante pueden estar comandando maniobras distintas. La maniobra que el avión estima que se le está solicitando es la correspondiente a la suma algebraica de las dos solicitudes.

La sensación de fuerza en los mandos proporcionada por el sistema es independiente de



Figura 1. «Side stick»

las fuerzas aerodinámicas en las superficies de mando e independiente de las fuerzas que eventualmente el otro piloto esté haciendo en su palanca de mando.

Cualquiera de los dos pilotos puede anular las acciones de mando del otro piloto pulsando en su palanca de mando un botón de cancelación («override»). El último piloto que pulse ese botón es quien tiene el control de la aeronave, y una señal luminosa en el panel de instrumentos del otro piloto le advierte de ello. No obstante, conviene precisar que la anulación de la otra palanca de mando solamente es efectiva mientras se mantiene pulsado el botón de cancelación. El sistema proporciona un aviso sonoro «... dual input...» cuando se accionan ambas palancas de mando simultáneamente.

1.6.4. *Sistema de vigilancia y anticolidión*

La aeronave estaba equipada con un sistema anticolidión ACAS II, que tiene capacidad para detectar cualquier aeronave dotada de transpondedor, que se encuentre dentro de su rango de acción, y que provee a la tripulación de información, a través de una pantalla, sobre la posición de cada una de estas aeronaves con respecto a la de la propia aeronave, y emite alarmas en función del riesgo de colisión que calcula.

La capacidad de detección del sistema está limitada a aquellas aeronaves «intrusas» que se encuentren volando dentro de un cilindro imaginario, centrado en la propia aeronave, de 30-40 NM de radio y 19.800 ft de altura.

Este sistema dispone de tres niveles de protección, en función del tiempo al que se encuentre la aeronave conflictiva, que, ordenados de menor a mayor nivel de riesgo, son los siguientes: intrusos: < 20 NM; TA: 40 sg; RA: 25 sg.

El primero de ellos no representa una amenaza inmediata, por lo que solamente aparece en la pantalla como una aeronave próxima.

Los avisos TAs (avisos de tránsito) informan al piloto sobre la presencia de una aeronave intrusa, que puede constituir una amenaza, y le alertan para que esté preparado para reaccionar ante un posible aviso de resolución.

Finalmente, los RAs (avisos de resolución) informan al piloto sobre la presencia de una aeronave, que ya constituye una amenaza, y le recomiendan una maniobra evasiva, que garantice una separación adecuada.

1.6.5. *Uso del timón de dirección en aviones de categoría de transporte*

En febrero del año 2002, el NTSB en cooperación con el BEA, emitió una recomendación dirigida a los fabricantes de aeronaves para que recalcaran a los operadores cuales son

los requerimientos estructurales de certificación del timón de dirección y el estabilizador vertical, y que llamaran la atención sobre el hecho de que algunas maniobras pueden dar como resultado que se excedan los límites de diseño e incluso provocar fallos estructurales.

Por tal motivo, en junio de 2004, Airbus publicó el «Flight Crew Operating Manual (FCOM) boletín n.º 828/1», en el que se indica que los requisitos estructurales de certificación de la aeronave, en lo que respecta al timón de dirección y la deriva, ponen de manifiesto que algunas maniobras pueden provocar que se excedan los límites de diseño, e incluso producir fallos estructurales. Debido a ello, en este boletín se recalca que debe hacerse un adecuado uso del timón de dirección, y se ponen en relieve los requisitos de certificación y las características de diseño del timón de dirección.

Sus apartados fundamentales son los siguientes:

Control de guiñada

En vuelo, el control de guiñada es suministrado por el timón de dirección, y la estabilidad direccional se consigue mediante el estabilizador vertical.

El timón de dirección y el estabilizador vertical están dimensionados para conseguir los siguientes dos objetivos:

- Proveer suficiente control lateral de la aeronave durante los aterrizajes y despegues con viento cruzado, dentro de los límites de viento cruzado publicados.
- Proveer control positivo de la aeronave en caso de fallo de un motor en condiciones de máxima asimetría de empuje, a cualquier velocidad por encima de V_{mcg} (velocidad mínima de control en tierra).

El timón de dirección y el estabilizador vertical son capaces de generar suficiente momento de guiñada para mantener el control direccional de la aeronave.

La deflexión del timón de dirección, necesaria para producir estos momentos de guiñada, y los resultantes ángulos de deslizamiento lateral pueden producir importantes cargas aerodinámicas en el timón de dirección y en el estabilizador vertical.

El timón de dirección y el estabilizador vertical están diseñados para soportar las cargas prescritas en los códigos de certificación JAR/FAR 25, donde se definen varias condiciones de carga lateral (maniobras, ráfagas y cargas asimétricas causadas por el fallo de un motor), que permiten alcanzar los niveles requeridos de resistencia estructural.

Requerimientos de certificación

De acuerdo con los requisitos para la certificación JAR/FAR 25, el timón de dirección y el estabilizador vertical deben estar dimensionados para soportar las cargas definidas en dichos códigos de certificación, para un rango de velocidades comprendido entre la velocidad mínima de control y la velocidad máxima de diseño, desde el nivel del mar hasta la máxima altitud, en toda la variedad de pesos y límites del centro de gravedad. Básicamente se definen tres supuestos de cálculo para determinar la carga máxima.

- a) Con el avión en vuelo recto, estabilizado y sin aceleraciones, el pedal del timón de dirección es accionado bruscamente hasta la máxima deflexión posible para la velocidad que lleve.
- b) Con el timón de dirección deflectado en las condiciones indicadas en el párrafo precedente, la aeronave guiñará inicialmente hasta alcanzar un ángulo de resbalamiento transitorio, y luego el resbalamiento se estabilizará en un determinado ángulo estacionario, menor que el inicial.
- c) Con el avión guiñando con el ángulo de resbalamiento estacionario correspondiente a la deflexión del timón de dirección indicada anteriormente, se asume que el pedal del timón de dirección se libera hasta la posición neutra.

Los códigos de certificación JAR/FAR 25 requieren que se analicen las maniobras de guiñada indicadas en los supuestos y condiciones anteriormente indicadas, identificando las cargas más severas impuestas sobre el estabilizador vertical y el timón de dirección.

El mismo análisis debe ser efectuado para ráfagas de viento laterales, maniobras de alabeo y condiciones de fallo de motor asimétrico. El más crítico de estos casos y las cargas a él asociadas proporcionan las bases de diseño del estabilizador vertical y el timón de dirección.

Las cargas definidas en los párrafos precedentes definen las cargas límites de acuerdo a los requerimientos de JAR/FAR 25. Estas cargas corresponden a las máximas esperables en servicio.

De acuerdo con los requerimientos de JAR/FAR 25, las cargas últimas están definidas como las cargas límite multiplicadas por un factor de seguridad de 1,5.

La estructura de la aeronave debe ser capaz de soportar las cargas límite sin sufrir deformaciones permanentes perjudiciales y las cargas últimas sin fallar durante al menos 3 segundos en condiciones estáticas.

Cargas superiores a éstas pueden producir fallos estructurales.

Finalmente, este boletín advierte que los requisitos de certificación no requieren que se diseñe la estructura para soportar las cargas derivadas de movimientos rápidos y al máximo, o próximos al máximo, del timón de dirección al lado contrario al que se está produciendo el deslizamiento lateral de la aeronave, y que en caso de que se produzcan, las cargas generadas pueden superar los límites de diseño, e incluso los límites últimos, provocando daños estructurales.

Control del timón de dirección

El timón de dirección está controlado por tres actuadores, mandados a través de un cable que trae la señal de los pedales, al que se añaden las órdenes del control de vuelo (la amortiguación de guiñada y la coordinación de viraje son funciones del ELAC y del FAC).

El limitador de deflexión del timón de dirección, controlado por los FACs, está diseñado para reducir progresivamente la capacidad de deflexión del mismo, a medida que aumenta la velocidad.

No obstante, este hecho no impide que el timón de dirección proporcione suficiente control de guiñada dentro de la envolvente de vuelo, incluyendo fallos de motor en condiciones de máxima asimetría de empuje, y permite limitar las cargas laterales en el timón de dirección y en el estabilizador vertical, de manera que permanezcan dentro de los límites de certificación.

La limitación de la máxima deflexión del timón de dirección está en función de la velocidad de la aeronave, de acuerdo a la figura 2.

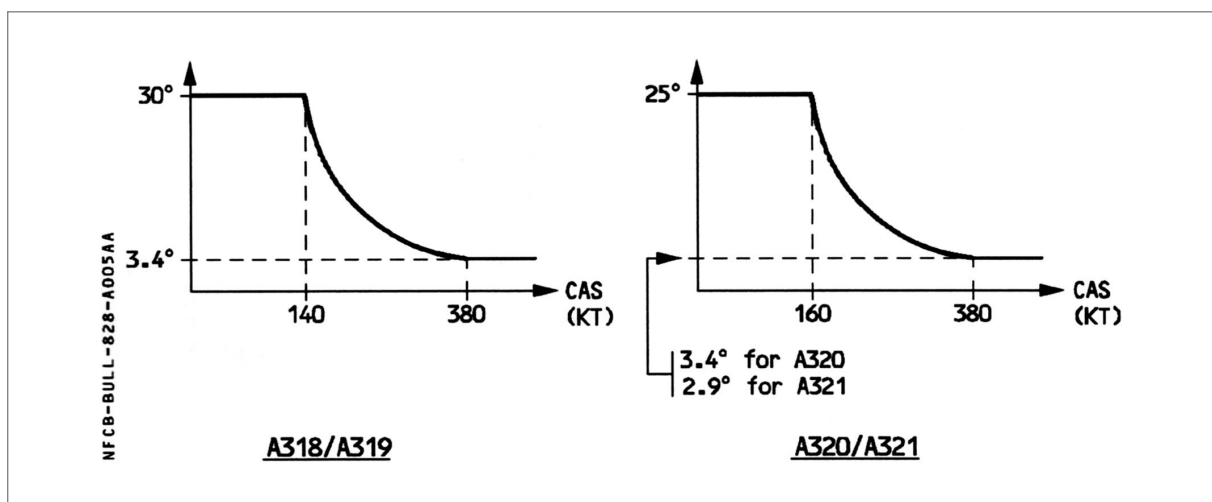


Figura 2. Relación entre la velocidad y la máxima deflexión del timón de dirección

Para maniobrar en guiñada a bajas velocidades, se precisan grandes ángulos de deflexión del timón de dirección, que se consiguen mediante grandes desplazamientos de los pedales.

Si bien, a altas velocidades, la deflexión máxima del timón de dirección está limitada, la relación entre el desplazamiento del pedal y el ángulo de deflexión del timón permanece constante. A causa de ello, se requiere una menor fuerza para alcanzar la máxima deflexión a altas velocidades, que a bajas velocidades.

Recomendaciones operacionales

Con objeto de evitar que se produzcan sobrecargas sobre el timón de dirección y el estabilizador vertical, deben seguirse las siguientes recomendaciones:

1. El timón de dirección está diseñado para controlar la aeronave en las siguientes circunstancias

a) En operaciones normales para el control lateral, en los siguientes casos:

- Durante la carrera de despegue, especialmente en condiciones de viento cruzado.
- En el aterrizaje con viento cruzado, durante la recogida.
- Durante la carrera de aterrizaje.

b) Para contrarrestar asimetrías de potencia:

Puede utilizarse la máxima deflexión del timón de dirección para compensar los momentos de guiñada causados por asimetría de empuje.

Nota: A altas velocidades, la asimetría de empuje tiene un efecto relativamente pequeño sobre la guiñada, por lo que se requiere poca deflexión del timón de dirección para contrarrestarla.

c) En otras situaciones anormales.

El timón de dirección también puede usarse en situaciones anormales tales como:

- Pérdida de los dos sistemas de amortiguación de guiñada. El timón de dirección puede ser usado, si se considera necesario, para coordinar los virajes, con objeto de evitar excesivo deslizamiento lateral.
- Pérdida de control del compensador del timón de dirección. El timón de dirección puede ser usado para devolverlo a su posición neutral.

- Aterrizajes con posiciones anormales del tren de aterrizaje. El timón de dirección puede ser usado para el control direccional de la aeronave en tierra.

En todas las situaciones anteriormente indicadas, tanto normales como anormales, un correcto manejo del timón de dirección no afectará a la integridad estructural de la aeronave.

2. El timón de dirección no debe usarse:

- Para provocar alabeo, o
- Para contrarrestar el alabeo provocado por cualquier tipo de turbulencia.

Sea cual sea la condición de vuelo, la actuación agresiva, al máximo o casi al máximo, sobre un pedal y seguidamente sobre el otro, no debe hacerse. Estas acciones podrían generar cargas superiores a la carga límite, que podrían producir daños estructurales o roturas.

El limitador de deflexión del timón de dirección no está diseñado para prevenir daños estructurales o fallos, en el caso de actuar sucesivamente sobre un pedal y luego sobre el otro.

En lo que respecta al balanceo del holandés («Dutch roll»)³, la acción del amortiguador de guiñada y la amortiguación natural de la aeronave son suficientes para neutralizar las oscilaciones propias de este fenómeno. El timón de dirección no debería usarse para complementar la acción del amortiguador de guiñada.

En ningún caso, las prácticas de los operadores deben incluir el uso de «rudder pedals reversals», que son actuaciones sucesivas sobre un pedal y luego sobre el otro.

1.7. Información meteorológica

Entre los 34.000 y 37.000 ft de altitud no se registraron anomalías en la temperatura, turbulencia en aire claro previsto, ondas de montañas, cambios de vientos o algún otro fenómeno que pudiese estar relacionado con el incidente.

De acuerdo con la información grabada en el DFDR, el viento tuvo una velocidad prácticamente constante de 10 kt y su dirección varió entre 235° y 285°.

³ El balanceo del holandés es una inestabilidad lateral direccional que se caracteriza por producir un movimiento oscilatorio, combinación de guiñada, resbalamiento y balanceo.

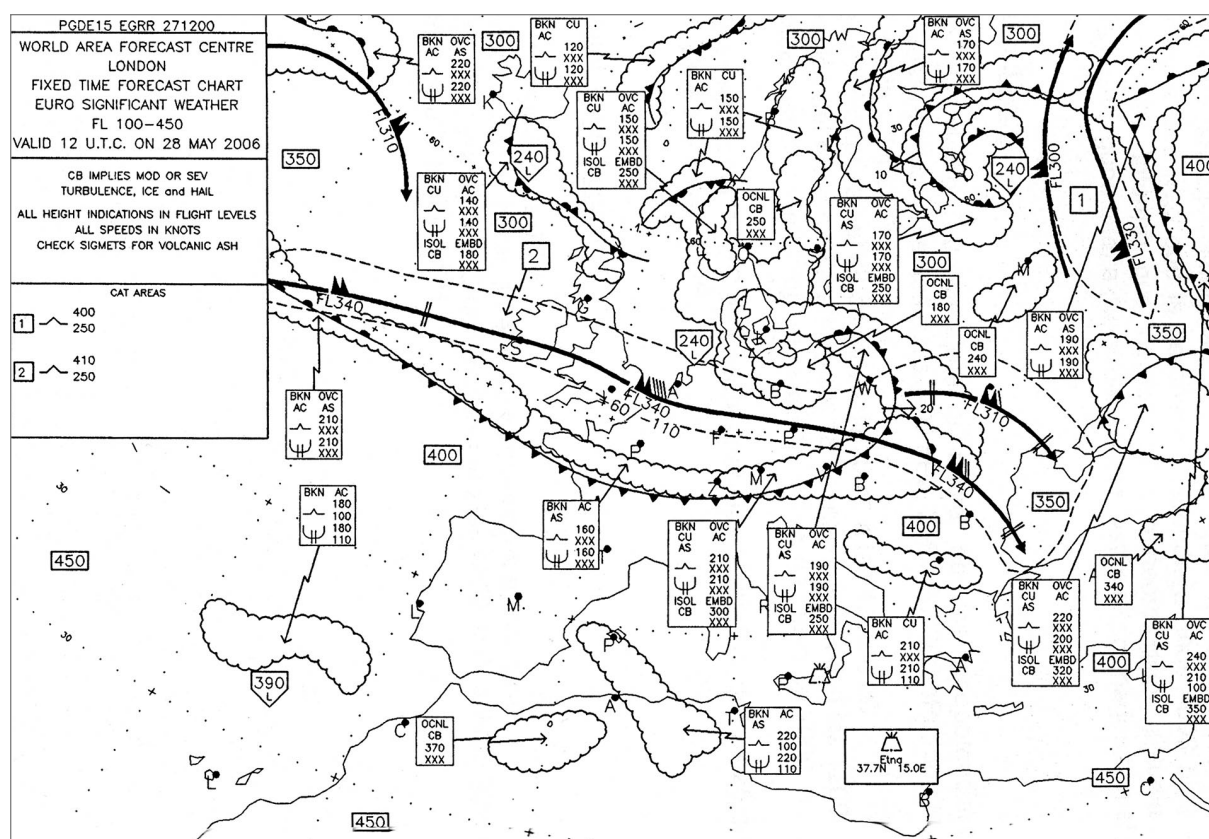


Figura 3. Mapa previsto por el «World Area Forecast Centre»

1.8. Ayudas para la navegación

1.8.1. Traza radar

Se ha analizado la traza radar del vuelo, en el periodo comprendido entre las 12:35:20 y 12:40:46 UTC, dentro del cual se produjo el evento.

Así en el primer momento se observa a la aeronave respondiendo en código transponder 6326, volando en rumbo 288° en curso al punto «Kuman», a nivel de vuelo FL 307 y ascendiendo, a una velocidad respecto del suelo de 453 kt.

En ese momento y en un radio de 20 NM alrededor de la aeronave, solamente se observa la presencia de otras dos aeronaves. Una de ellas se encontraba situada por detrás de ella, volando en rumbo prácticamente Sur a FL 350.

La otra aeronave, concretamente un Airbus A-340-300, se encontraba en la misma aerovía, 10,13 NM por delante de la aeronave EC-JDK, con su mismo rumbo, volando también hacia el punto «Kuman», con una velocidad respecto del suelo de 464 kt, a FL 330, es decir, más alto que el Airbus A-320.

En el instante 12:36:31, que es cuando la aeronave comienza a atravesar la zona con turbulencia, ésta se encuentra en el punto de coordenadas 41° 51' 30" N 00° 08' 59" W, a FL 326. De acuerdo con la información radar, la otra aeronave había pasado por ese mismo punto alrededor de las 12:35:11, es decir, 1 minuto y 20 segundos antes, a FL 330.

1.8.2. Separación por estela turbulenta

Las disposiciones contenidas en el Reglamento de Circulación Aérea sobre separación entre aeronaves por estela turbulenta, en lo que se refiere a las fases de aproximación y despegue, basadas en control radar, son las que se reflejan en la tabla siguiente:

Categoría de aeronaves		Mínimas de separación radar por estela turbulenta
Aeronave que precede	Aeronave que sigue	
PESADA	PESADA	7,4 km (4 NM)
	MEDIA	9,3 km (5 NM)
	LIGERA	11,1 km (6 NM)
MEDIA	LIGERA	9,3 km (5 NM)

En ruta se aplican separaciones mínimas, tanto por estela turbulenta, que es de 5 NM/1.000 ft, como por las reglas por instrumentos (IFR), cuya magnitud depende del tipo de control radar, de acuerdo con la tabla siguiente, siendo de aplicación la que sea mayor de las dos.

Modo de selección	Tipo de proceso	Separación
Normal	Multirradar	8 NM
Autónomo		
Autónomo	Monorradar (estación radar civil)	10 NM
Autónomo	Monorradar (estación radar militar)	15 NM

En el incidente objeto de este informe, la vigilancia radar era multiradar, por lo que la separación mínima sería de 8 NM, que es superior a la separación por estela, siendo por tanto la separación mínima 8 NM.

1.9. Comunicaciones

1.9.1. Comunicaciones entre la aeronave y el Centro de control de Barcelona

Utilizando los datos del registrador de vuelo y de las comunicaciones mantenidas entre la aeronave y el Centro de Control de Barcelona, se ha podido establecer la sincronización entre la hora de la aeronave y la hora del Centro de Control, encontrando

que el desfase entre ambas horas es de 3 segundos, de manera que la hora de la dependencia ATS es 3 s más que la de la aeronave.

A continuación se reflejan las comunicaciones mantenidas entre la aeronave y el Centro de Control, cuyas horas han sido disminuidas en 3 segundos, con el fin de sincronizarlas con la hora de la aeronave.

A las 12:31:07, la tripulación de la aeronave EC-JDK estableció contacto con el sector de ruta WA2 del centro de control de Barcelona, notificando que se encontraba ascendiendo a FL 290. El controlador le contesta que está identificado y le notifica que ascienda a FL 310, lo que es colacionado por la tripulación.

30 segundos después el controlador volvió a llamar a la aeronave, indicando que asciendan a FL 340 no estándar, información que es colacionada correctamente por la tripulación.

1 minuto después de esta comunicación, concretamente a las 12:32:45 el controlador llamó nuevamente a la aeronave, para dar instrucciones con objeto de que ascendieran a FL 370, siendo colacionado por la tripulación.

A las 12:36:53, cuatro minutos después de la última comunicación, la tripulación de la aeronave llamó al controlador, solicitando descenso por turbulencia.

1.10. Información de aeródromo

No es relevante en la investigación de este incidente.

1.11. Registradores de vuelo

1.11.1. *Registrador de voz en cabina*

Si bien la aeronave estaba equipada con un registrador de voces en cabina (CVR), de 2 horas de duración, no fue posible disponer de la información correspondiente al incidente, debido a que se había regrabado durante el vuelo de regreso a Barcelona.

1.11.2. *Registrador de datos de vuelo*

La aeronave tenía instalado un registrador digital de datos de vuelo (DFDR), Honeywell P/N 980-4700-042 y S/N 04262, con capacidad de grabación de 550 parámetros, cuya información fue descargada posteriormente.

El análisis se ha centrado, fundamentalmente, sobre el periodo de tiempo comprendido entre las horas 12:36:00 y 12:39:20, dividiéndose en cuatro fases, antes, inicio, durante y después del evento.

La figura 4 recoge información relativa a la posición de las palancas de mando («sidesticks») del piloto y copiloto, tanto en alabeo como en cabeceo, posición de los alerones y ángulo de balanceo de la aeronave, entre las 12:36:30 y las 12:37:10. Los valores negativos de balance indican alabeo a la izquierda.

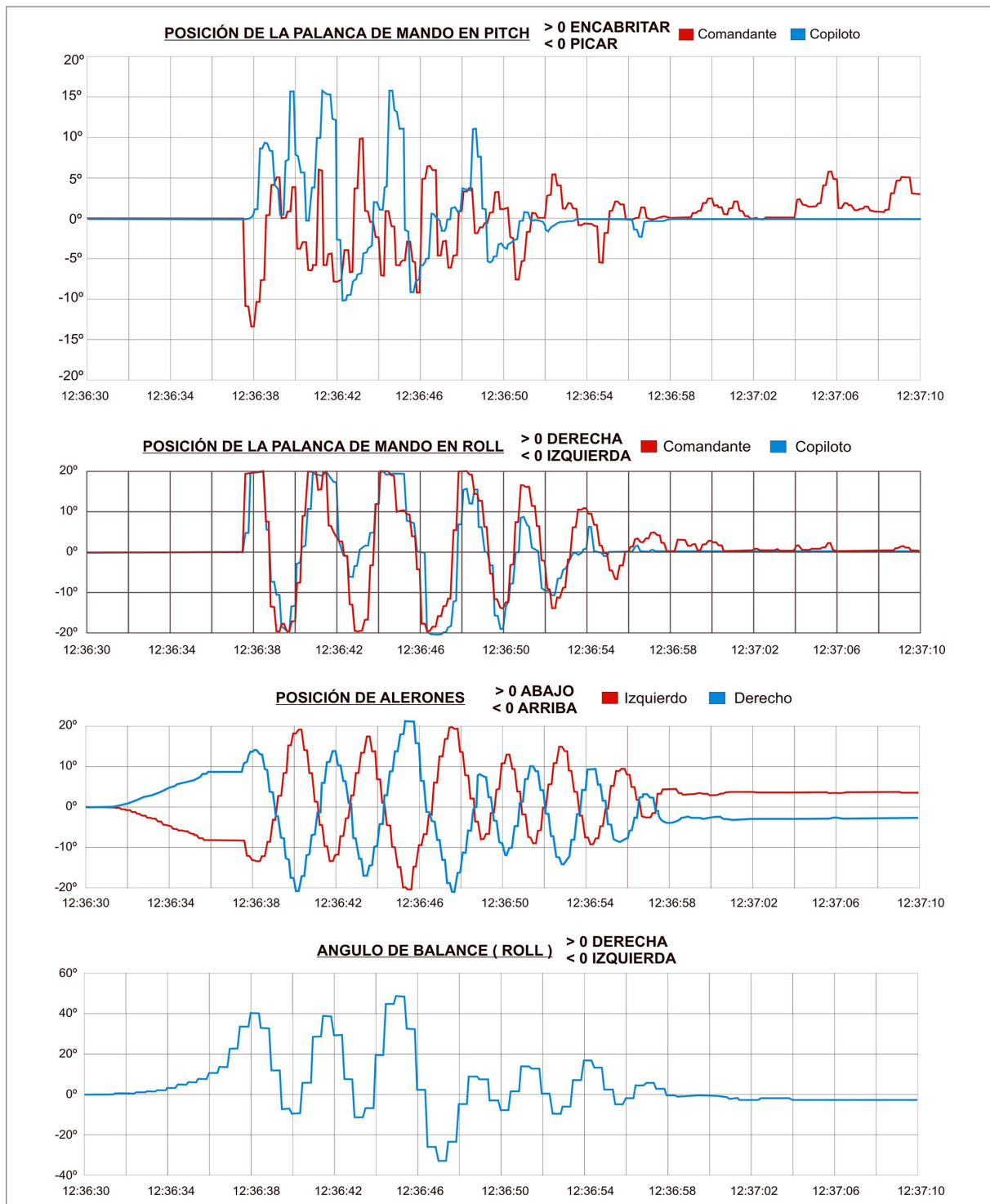


Figura 4. Posiciones de las palancas de mando, alerones y ángulo de balance

En la figura 5 se representa la posición de los pedales y del timón de dirección, entre las 12:36:30 y las 12:37:10.

La figura 6, contiene información sobre las aceleraciones lateral y vertical, entre las 12:36:30 y las 12:37:10, así como acerca de las N1 de ambos motores, entre las 12:36:30 y las 12:39:20.

Finalmente, en la figura 7 se han representado los valores de la dirección y la velocidad del viento, calculados por los sistemas inerciales del avión, entre las 12:36:30 y las 12:37:10.

1.11.2.1. Antes del evento (hasta las 12:36:32)

En los instantes inmediatamente anteriores al evento, la aeronave se encontraba cruzando el nivel de vuelo FL 325, en ascenso a FL 370, en configuración limpia, con un peso de 61 Tm, con el piloto automático AP2 (CLIMB/NAV modes)⁴ conectado, así como con el sistema de empuje automático (autothrust) conectado y activo (seleccionado Mach 0,78).

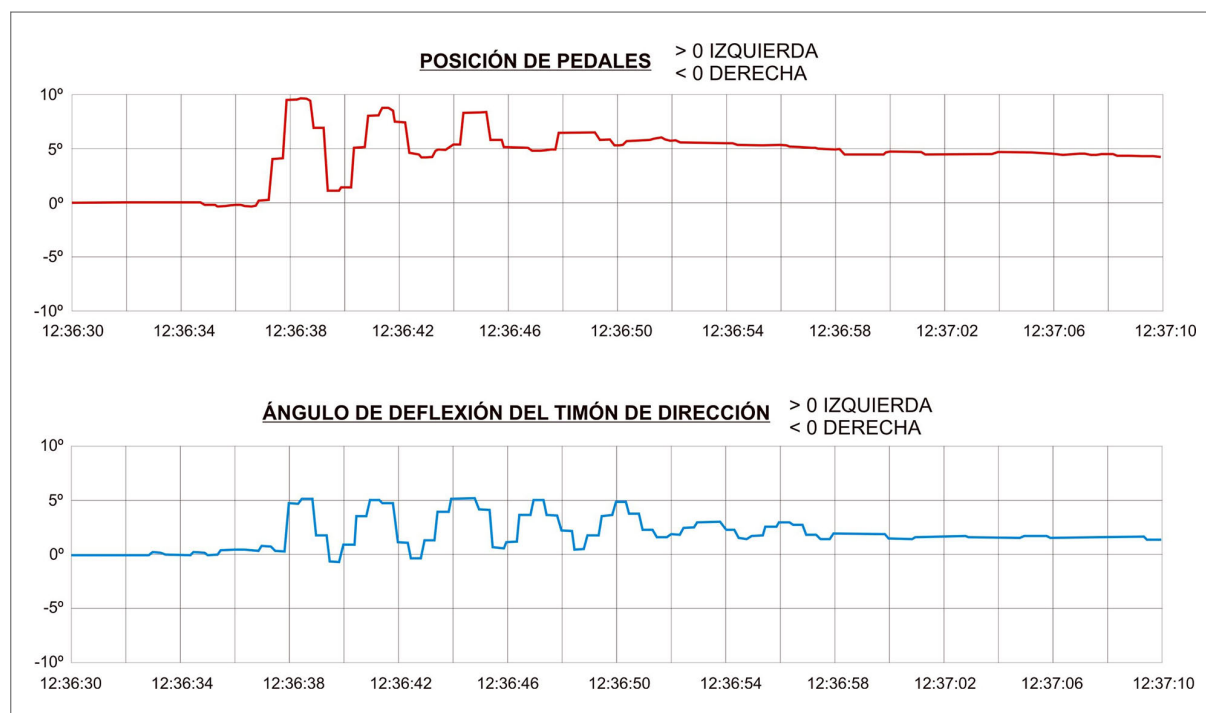


Figura 5. Posición de los pedales y del timón de dirección

⁴ CLIMB/NAV: modo del piloto automático que proporciona guiado vertical hacia una altitud seleccionada y control lateral a lo largo del plan de vuelo.

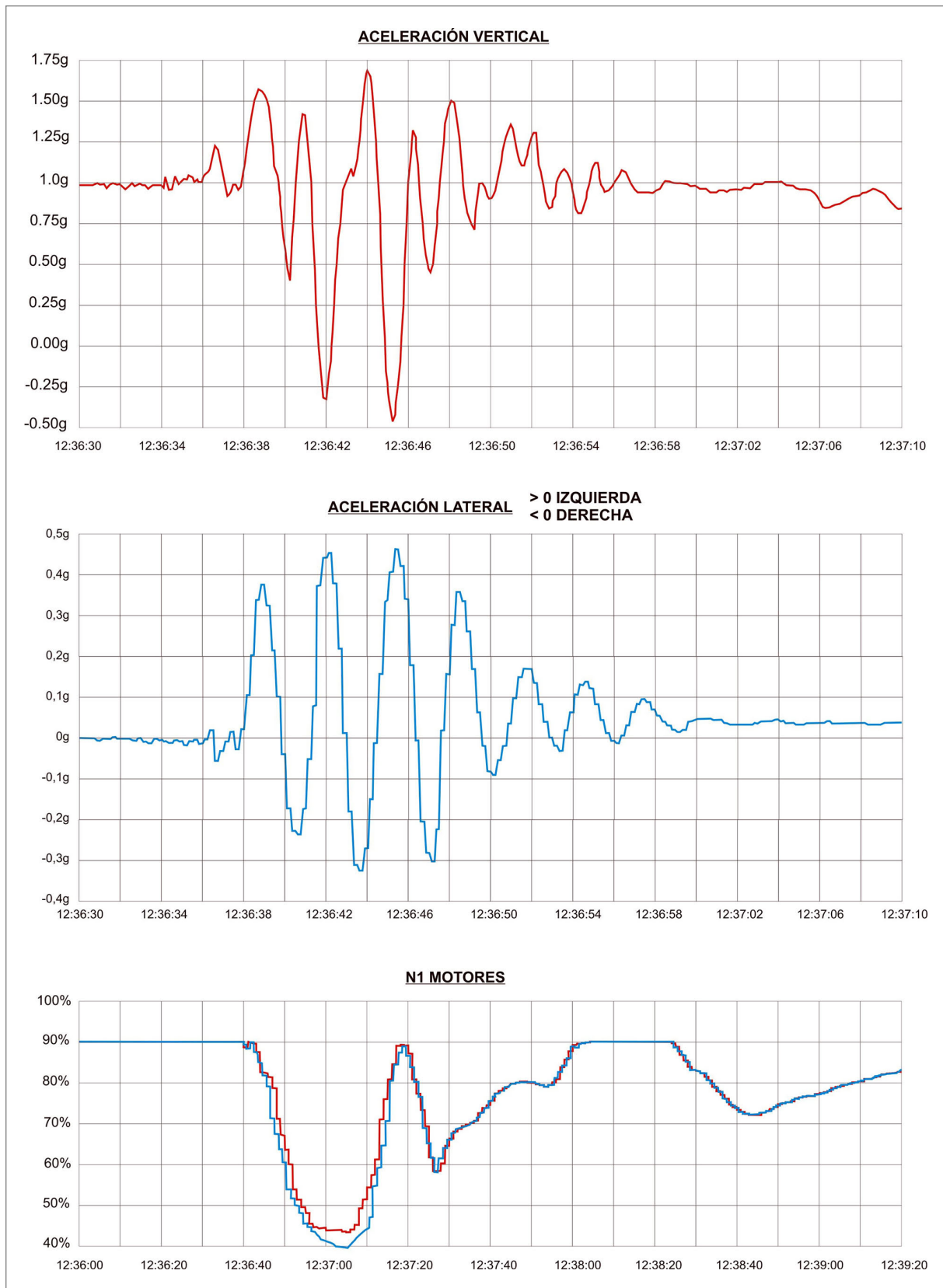


Figura 6. Aceleraciones vertical y lateral y N1 de motores

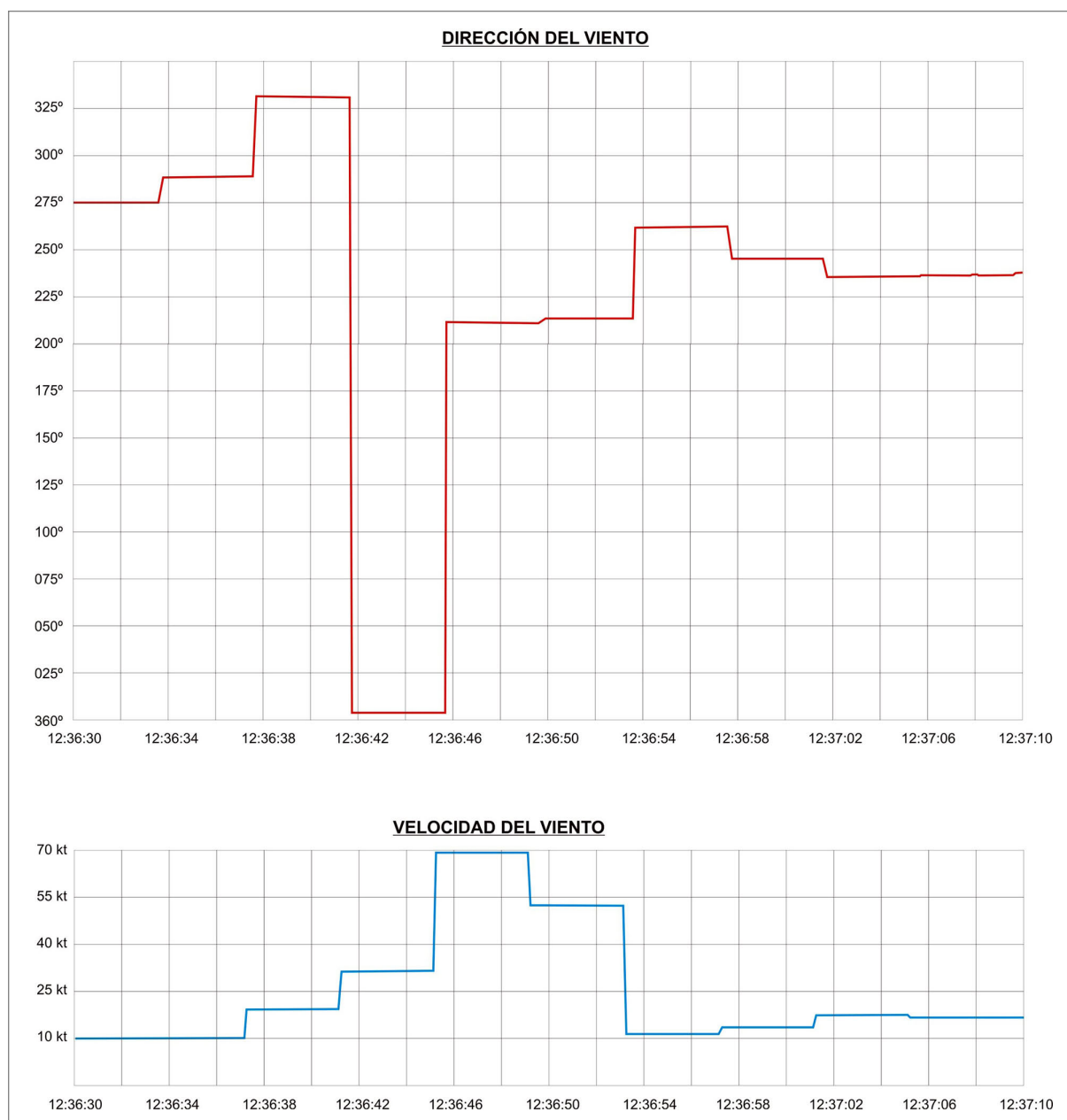


Figura 7. Dirección y velocidad del viento

Durante los 30 s anteriores al inicio del evento la dirección del viento varió entre 269° y 282° y su velocidad se mantuvo constante en 10 kt.

1.11.2.2. Inicio del evento (entre las 12:36:32 y las 12:36:39)

En la figura 4, puede apreciarse que a las 12:36:32 h, la aeronave comenzó a alabear a la derecha, ante lo que produjo la respuesta por parte del piloto automático, deflectando los alerones, a fin de contrarrestar el alabeo, hasta alcanzar la máxima

deflexión permitida al piloto automático, que es de 8° a velocidades por encima de 250 kt. A pesar de ello, el alabeo continuaba incrementándose, ante lo que ambos pilotos reaccionaron, a las 12:36:37, actuando sobre las palancas de mando («sidestick»), tanto en cabeceo como en alabeo, llevándolas a sus máximas posiciones a la izquierda, y sobre el pedal izquierdo, que fue desplazado 10°, lo que produjo una deflexión del timón de dirección de 5,2° a la izquierda.

A las 12:36:38, es decir, un segundo después, el ángulo de balance alcanzó 40,4° a la derecha y comenzó a disminuir en virtud de las órdenes de la tripulación.

En este mismo momento se produjo la desconexión del piloto automático. Este sistema puede desconectarse por cualquiera de las circunstancias que a continuación se relacionan:

- Se pulsa un botón de cancelación («override») de cualquiera de las palancas de mando.
- Se pulsa la pastilla de AP correspondiente.
- Se aplica a cualquiera de las palancas de mando, o de los pedales, una fuerza superior a un umbral establecido.
- El ángulo de alabeo es superior a 45°.
- El ángulo de encabritado («pitch up») es superior a 25° o el ángulo de picado («pitch down») es superior a 13°.

En este caso concreto la desconexión se produjo por la acción de la tripulación sobre las palancas de mando.

Un segundo después, a las 12:36:39, ambas palancas de mando se encontraban posicionadas totalmente a la derecha, el desplazamiento del pedal izquierdo se había reducido hasta 1,7°, y la deflexión del timón de dirección era de 0,6° a la derecha, lo que indujo una disminución del alabeo hasta un valor de -9,1° (los valores negativos indican alabeo a la izquierda).

El viento relativo (el sentido por la aeronave) varió su dirección desde los 272° iniciales, a 285° y finalmente a 318°. La intensidad pasó de 10 kt a 19 kt.

1.11.2.3. Durante el evento (12:36:40 a 12:36:51)

En el periodo de tiempo comprendido entre las 12:36:40 y las 12:36:47, se grabaron más de 4 oscilaciones en alabeo, tanto a izquierda como a derecha, que fueron contrarrestadas por la tripulación, con acciones sobre las palancas de mando hasta su posición máxima en alabeo. El ángulo de balanceo se incrementó hasta alcanzar valores de 33° a la izquierda y 49° a la derecha.

Durante estos 7 segundos, quedaron grabados dos desplazamientos sobre el pedal izquierdo. El primer desplazamiento alcanzó un valor de 9,3°, después disminuyó la presión sobre él hasta los 4,8°. Un desplazamiento posterior alcanzó un ángulo de 9,0°, y seguidamente disminuyó otra vez la presión, quedando en 5,7°. A consecuencia de estas acciones, el timón de dirección alcanzó su máxima deflexión (5,2°), coincidiendo con los valores máximos de balanceo a la derecha.

A las 12:36:40 los mandos de empuje fueron retrasados ligeramente. En los siguientes segundos hubo diversos movimientos de las palancas hasta que a las 12:36:49 se retrasaron aún más, quedando en una posición muy próxima a ralenti de vuelo.

A las 12:36:42 la dirección del viento pasó de 318° a 002°, incrementándose también su intensidad, que alcanzó 31 kt. 3 segundos después volvió a cambiar la dirección a 207° y la intensidad aumentó hasta 69 kt. A las 12:36:49 la dirección no había variado, pero su intensidad decreció hasta 52 kt.

Los picos de la aceleración vertical fueron de -0,45 g y 1,69 g.

A partir de las 12:36:47, y durante todo este periodo, el pedal izquierdo se mantuvo accionado, en un valor próximo a los 6°, en tanto que el timón de dirección registró algunas variaciones.

En este intervalo de tiempo quedaron grabados los siguientes avisos:

- 12:36:40: aviso de discrepancia en alabeo, que activó un aviso principal «Master Warning» durante 2 segundos.
- 12:36:43: Mensaje de aviso de discrepancia en alabeo.
- 12:36:44: baja presión de aceite en el motor 1, durante 1 segundo.
- 12:36:45: Mensaje de aviso de discrepancia en alabeo y aviso principal «Master Warning» durante 3 segundos y 1 segundo respectivamente.

1.11.2.4. Después del evento (desde las 12:36:52)

Quedaron registradas varias acciones del CM1 sobre su palanca de mando, mandando morro abajo, produciéndose el consecuente descenso de la aeronave.

A las 12:37:05 el sistema de empuje automático (Autothrust) fue desconectado.

A las 12:37:08, se cambió la altitud seleccionada a FL 300 y las palancas de gases de ambos motores volvieron a ponerse en «ascenso». Un segundo después se cambió el modo de FD (director de vuelo) a VS (velocidad vertical seleccionada a 2,000 ft/min), y el modo del sistema de empuje automático (Autothrust) fue cambiado a SPD (velocidad).

La deflexión del pedal izquierdo disminuyó hasta 5°, disminuyendo a su vez la deflexión del timón de dirección hasta 1,5°. La deflexión de los alerones fue de 2,6° el izquierdo y -3,8° el derecho. El factor lateral de carga llegó a 0,05 g y el ángulo de balance fue de -2,8°.

A las 12:37:18 se conectó de nuevo el sistema de empuje automático.

A las 12:37:25 se volvió a conectar el piloto automático 2 (VS/NAV).

La presión sobre el pedal izquierdo fue disminuyendo lenta pero paulatinamente, de manera que permaneció pisado en un valor por encima de 2°, hasta 12:39:56, disminuyendo después por debajo de ese valor, aunque manteniéndose por encima de 1,5° durante más de 8 minutos. El timón de dirección y los alerones volvieron a su posición neutra, el factor lateral de carga fue de 0,05 g a la derecha, en tanto que el ángulo de balance era de -2,8°.

A las 12:37:51 se cambió el modo del piloto automático a OPEN CLB⁵, y la altitud seleccionada se cambió a FL 310.

A las 12:38:01, N1 alcanzó el 90%, se cambió el modo del sistema de empuje automático a CLB. La altitud era de 30.300 ft y comenzaba a aumentar.

A las 12:38:23, el modo del piloto automático se cambió a ALT⁶ (ALT era de 30.600 siendo 31.000 la seleccionada) y el modo del sistema de empuje automático cambió a SPD.

Finalmente, a las 12:38:48 se alcanzó el nivel de vuelo seleccionado, FL 310.

Entre las 12:36:52 y las 12:37:06 el viento registrado tuvo las direcciones e intensidades siguientes: 210° - 52 kt, 258° - 11 kt, 242° - 13 kt y 230° - 17 kt.

Posteriormente, el vuelo continuó con normalidad y la aeronave aterrizó en el aeropuerto de Santiago.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto

No aplicable.

⁵ OPEN CLB: modo del piloto automático que mantiene una velocidad (SPD/MATCH), con el modo PITCH, que controla una velocidad o Mach seleccionado o una trayectoria vertical, mientras el sistema de empuje automático, si esta activo, mantiene el empuje máximo de subida.

⁶ ALT: modo del piloto automático que mantiene una altitud concreta.

1.13. Información médica y patológica

De las 142 personas que se encontraban a bordo de la aeronave, 6 sufrieron heridas de carácter leve, cuyo alcance fue el siguiente:

- Pasajeros:
 - Pax 1: hematomas en cabeza y espalda.
 - Pax 2: luxación de hombro.
 - Pax 3: hematomas en cabeza y pierna.
- Tripulantes de cabina:
 - TCP 1: contusión occipital, 1 costilla rota y varios edemas.
 - TCP 2: contusiones múltiples y un corte en la cabeza.
 - TCP 3: contusiones múltiples.

1.14. Incendios

No se produjo incendio.

1.15. Aspectos de supervivencia

En el momento en que comenzaron los movimientos violentos de la aeronave el aviso de «abrocharse los cinturones» se encontraba apagado.

El CM2 conectó el aviso lo antes que pudo.

Una vez pasada la turbulencia, la tripulación intentó comunicar con la cabina de pasajeros a través del sistema de comunicación de cabina, que hasta ese momento había funcionado normalmente, resultando infructuoso el intento, debido a que dicho sistema se encontraba inoperativo. Posteriormente, este sistema fue reinicializado, tras lo cual funcionó nuevamente con normalidad.

1.16. Ensayos e investigación

1.16.1. Declaraciones de la tripulación

Comandante

El despegue de Barcelona y el ascenso inicial fueron totalmente normales. Previamente al vuelo habían chequeado la información meteorológica que mostraba unas condiciones perfectas para el vuelo, que fue coincidente con las condiciones que

encontraron durante el vuelo. El viento era de 2 o 3 kt a FL 340. Inicialmente fueron autorizados a FL 310 en espera para FL 340. Antes de alcanzar el nivel de vuelo FL 340 fueron reautorizados a FL 370.

Cuando estaban alcanzando este nivel, sintieron un repentino descenso, después el avión se movió violentamente a la derecha y luego a la izquierda, continuando las oscilaciones, a la par que la aeronave daba saltos, sin que mostrara tendencia a disminuir. El PF en ese momento era el copiloto (CM-2). Después de dos o tres movimientos de alabeo se desconectó el piloto automático. El inicialmente pensó que se había desconectado automáticamente debido a las oscilaciones, pero el CM-2 le confirmó que lo había desconectado él. Pensaba que las oscilaciones cesarían después de tres o cuatro alabeos. El pulsó el botón de cancelación «override» de su palanca de mando y tomó el control, anunciándolo en voz alta. Manejó los mandos con suavidad, sin movimientos abruptos, tratando de contrarrestar las oscilaciones cuidadosamente. Finalmente pudo recuperar el control a FL 340 o 330.

Durante las oscilaciones, habían intentado poner la ignición en los motores, pero no pudieron alcanzar los interruptores, debido a los saltos y las vibraciones. Desconectó el sistema de empuje automático y manejó manualmente los mandos de empuje, redujo la potencia hasta ralentí, pensando en que, de esta forma, si se paraba alguno de los motores, no tendrían una gran asimetría de empuje.

Posteriormente informaron del hecho a ATC, que les comunicó que mantuvieran FL 330. Indicó que los servicios de tránsito aéreo no les habían informado acerca de que hubiera alguna otra aeronave en las proximidades. Ellos, por su parte, no habían detectado ningún otro avión, ni visualmente ni en el TCAS.

Añadió que nunca antes había tenido una experiencia similar. Únicamente en una ocasión volando en un B777 experimentó una turbulencia fuerte, pero en absoluto comparable con este caso.

Por último, indicó que no recordaba haber oído el aviso de actuación simultánea «dual input».

Copiloto

Coincidió con el comandante en que la información meteorológica que manejaron durante la reunión prevuelo no mostraba ninguna situación anormal, por lo que no era de esperar que hubiera turbulencias. Asimismo, dijo que él era el PF y fue él el que llevó a cabo el despegue. A la altura de Zaragoza el ATC les autorizó a FL 340. Posteriormente fueron autorizados a FL 370. Antes de alcanzar ese nivel de vuelo la aeronave comenzó a alabear a la derecha, lo que fue una sorpresa para él. Desconectó el piloto automático y trató de controlar el alabeo.

La aeronave se movía con tal brusquedad que los pies de los pilotos dejaron de estar en contacto con los pedales. Conectó el aviso al pasaje de abrocharse los cinturones y escuchó el aviso de actuaciones simultáneas «dual inputs». Después de ello escuchó al CM-1 decir «I have the control» y él le cedió los mandos diciendo «you have control».

Después, se puso en contacto con la dependencia ATC solicitando descenso, siendo autorizado a proceder a FL 310.

No pudo decir si en el momento en que comenzó el descontrol de la aeronave había algún otro avión en el TCAS. Solamente recordaba haber visto antes de ello otra aeronave en el TCAS cruzando su trayectoria a unas 20 o 30 NM.

Por último, indicó que durante el evento no actuó sobre los pedales, y que aunque hubiera querido no habría podido hacerlo, ya que sus pies estaban «flotando» a causa de los bruscos movimientos de la aeronave. Debido a ello, los manuales que había en la cabina salieron despedidos golpeando contra las paredes.

1.16.2. *Análisis de cargas*

El fabricante de la aeronave, Airbus, llevó a cabo un estudio de cargas, con objeto de determinar si se habían alcanzado las cargas límite, para lo cual se usaron los datos del DFDR y modelos de simulación.

La evaluación de las cargas laterales permitió confirmar que el empenaje vertical había estado sometido a cargas 125% del valor de la carga límite. La máxima resistencia teórica del empenaje vertical, antes del fallo, es del 150% de la carga límite.

La punta del plano y la parte trasera del fuselaje estuvieron sometidos a cargas inferiores a la carga límite.

1.16.3. *Determinación de la turbulencia exterior*

Se intentó determinar los parámetros fundamentales de la turbulencia exterior, mediante el uso de modelos de simulación. Para ello, se introdujeron los valores de las órdenes dadas por la tripulación sobre los controles de vuelo y sus resultados se compararon con los datos reales del vuelo.

Tras este análisis, se concluyó que no era posible determinar con precisión las características de la turbulencia, por tres motivos: las características fuertemente dinámicas del evento, el hecho de que afectó a los tres ejes (cabeceo, alabeo y guiñada), y la interacción entre estos ejes.

No obstante, los resultados obtenidos permiten afirmar que la perturbación tuvo una intensidad elevada.

1.17. Información orgánica y de dirección

1.17.1. *Manual de operaciones*

1.17.1.1. Vuelo en turbulencia

Dentro del manual de operaciones de la tripulación de vuelo («Flight Crew Operating Manual» - FCOM) de la aeronave, más concretamente en el capítulo dedicado a las condiciones meteorológicas adversas, de la sección «técnicas suplementarias», se encuentra un apartado dedicado al vuelo en turbulencia severa, que contiene instrucciones sobre este tema.

En primer lugar, indica que, siempre que sea posible, debería evitarse volar en áreas en las que se sepa, o sea previsible, que exista turbulencia.

En el caso de que no sea posible evitar el vuelo en estas áreas, el FCOM facilita las siguientes instrucciones:

Piloto automático/sistema de empuje automático

- Mantener el piloto automático en ON.
- Si los cambios en el empuje de los motores llegan a ser excesivos: desconectar el *sistema de empuje automático*.
- En aproximación: utilizar el *sistema de empuje automático* para controlar la velocidad.

Empuje y velocidad respecto del aire («airspeed»)

Se debe seleccionar el empuje adecuado, a fin de mantener el IAS/MACH que se recomienda en la tabla que se facilita al efecto, que está en función del peso de la aeronave y de la altitud de vuelo.

Concretamente, las velocidades recomendadas son de 0,76M para FL 330 y 275 KIAS para FL 310, para lo que se requiere una N1 de 81,2% y 80,4%, respectivamente.

La velocidad de la aeronave en el momento de iniciarse el evento era de 0,78M, con una N1 del 90,0%.

Sólo debe modificarse el empuje, en caso de que se produzcan variaciones intensas de la velocidad respecto del aire, en cuyo caso, no deberá intentarse alcanzar el Mach o la velocidad respecto del aire.

Es preferible que se produzca un incremento transitorio que una pérdida de velocidad.

En este apartado del FCOM no se facilita ningún tipo de instrucción acerca del uso que debe hacerse de los mandos de vuelo en estas situaciones. En cambio en el manual de entrenamiento de las tripulaciones de vuelo («Flight Crew Training Manual» - FCTM) se indica que, volando en estas condiciones, si la aeronave es volada manualmente, la tripulación deberá ser consciente del hecho de que las leyes del control de vuelo están diseñadas para hacer frente por sí solas a la turbulencia. Por tanto, deberían evitar caer en la tentación de tratar de contrarrestar la turbulencia, evitando acciones de sobremando sobre la palanca de mando.

Posteriormente Airbus introdujo una modificación en el manual de vuelo del A320 en la que se recogen instrucciones para el uso de los controles al incorporar un aviso que alerta sobre la velocidad máxima de maniobra por diseño.

1.17.2. *Organización de seguridad en vuelo del operador*

El operador de la aeronave no tenía capacidad para procesar y analizar los datos de vuelo procedentes del registrador de datos de vuelo. En el momento en que ocurrió el incidente, el procedimiento que seguía el operador consistía en descargar en una tarjeta los datos del QAR, que se enviaba posteriormente a un laboratorio de otra compañía donde se analizaban.

El operador ha iniciado la implementación de un sistema de monitorización de operaciones de vuelo denominado «Flight Data Monitoring», mediante el cual los datos procedentes de los registradores de vuelo, son enviados al fabricante, vía internet, para su procesamiento. Los resultados del análisis son enviados por la misma vía al operador. Este sistema permite reducir considerablemente el tiempo transcurrido desde la descarga, hasta que se dispone de las conclusiones.

1.17.3. *Medidas de seguridad tomadas por el operador*

El departamento de seguridad en vuelo del operador identificó dos aspectos relacionados, uno con la notificación de estos sucesos a la CIAIAC, y el otro con las tripulaciones, y adoptó las siguientes medidas:

Modificar los procedimientos de operaciones con objeto de impedir que una tripulación que se haya visto envuelta en un incidente realice otro vuelo en el mismo día.

Preparar tarjetas con instrucciones sobre el procedimiento a seguir, por parte de las tripulaciones de aquellos vuelos que pudieran sufrir algún tipo de incidente, incluyendo indicaciones precisas acerca de la preservación de los datos contenidos en los

registradores de la aeronave, a fin de poder ser utilizados en la investigación de dichos sucesos.

1.18. Información adicional

1.18.1. *Antecedentes de cargas laterales elevadas*

La investigación de varios casos de encuentro con estela turbulenta en vuelos acontecidos en los últimos años de la década de los noventa y en los primeros de la pasada, llevada a cabo por el National Transportation Safety Board (NTSB) de los Estados Unidos, revelaron que las aeronaves que se vieron involucradas en dichos eventos habían experimentado aceleraciones laterales superiores a 0,4 g, que produjeron cargas en la estructura de sujeción del estabilizador vertical superiores a las cargas últimas de certificación, y que los manuales de mantenimiento no contenían ningún procedimiento de inspección específico para este supuesto.

A resultas de ello, la Federal Aviation Administration (FAA) emitió la Directiva de Aeronavegabilidad 2002-06-09, que afectaba a los modelos de Airbus A300, A-300-600 y A310, y que contenía procedimientos de inspección aplicables en los supuestos en que las aeronaves se viesan sometidas a aceleraciones laterales superiores a 0,3 g, pero sin exceder 0,35 g. Si las aceleraciones superaban 0,35 g, no se permitía que la aeronave retornase al servicio sin que hubiera una supervisión directa por parte del fabricante.

Posteriormente, se han producido eventos similares con varios tipos de aeronaves diferentes a los afectados por la Directiva de Aeronavegabilidad mencionada en el párrafo anterior, que han motivado al NTSB de los Estados Unidos, a emitir, el 4 de septiembre de 2003, las recomendaciones de seguridad de referencias A-03-41, A-03-42, A-03-43 y A-03-44, cuyo contenido es el siguiente:

- A-03-41. Requerir a todos los fabricantes de aviones de categoría transporte que revisen, y en caso de ser necesario, modifiquen los manuales de mantenimiento, en lo que se refiere a los criterios de inspección por turbulencia severa y maniobras extremas en vuelo, para asegurar que las cargas resultantes de aceleraciones verticales, tanto positivas como negativas, así como aceleraciones laterales, están adecuadamente contempladas.
- A-03-42. Requerir a todos los fabricantes de aviones de categoría transporte que establezcan y validen valores máximos de aceleración vertical y lateral, tanto positiva como negativa, superados los cuales se precisará la supervisión e intervención directa del fabricante como condición para el retorno al servicio de la aeronave.
- A-03-43. Requerir a todos los operadores de aviones de categoría transporte que hayan experimentado aceleraciones superiores a los límites establecidos, a

resultas de la recomendación de seguridad A-03-42 (o que el operador tiene razones para creer que podrían haberse excedido esos valores), determinados a partir de los FDR o de otros datos disponibles, que lo notifiquen inmediatamente a la FAA facilitando una valoración de las cargas y los resultados de las inspecciones.

A-03-44. Requerir a todos los fabricantes de aviones de categoría transporte que notifiquen inmediatamente a la autoridad de certificación apropiada cualquier evento en el que se excedan los umbrales máximos (o que el fabricante tenga razones para creer que podrían haberse excedido), que hayan requerido la intervención del fabricante, y que faciliten una valoración de las cargas y los resultados de las inspecciones.

Como consecuencia de las mismas, la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos inició acciones con vistas a crear un grupo de trabajo, al que se incorporarían diversas organizaciones del mundo aeronáutico, en el seno del cual se estudiarían los temas relacionados en las recomendaciones, así como la forma de implementarlos.

1.18.2. *Antecedentes de encuentros con estela turbulenta*

En la cuadragésimo séptima reunión del Grupo Europeo de Planeamiento de Navegación Aérea (EANPG), y posteriormente en el grupo de trabajo de OACI, sobre la implementación del RSVM (reducción de las mínimas de separación vertical), celebrada del 27 de febrero al 1 de marzo de 2006, se examinó el caso de un incidente de encuentro con estela turbulenta, ocurrido el 13 de agosto de 2005, en la que se vieron involucradas dos aeronaves, un Airbus A-340-500 y un Boeing 757-200, cuya síntesis es la siguiente:

Ambas aeronaves volaban en dirección Este. El B-757 volaba a FL360, en tanto que el A-340 se encontraba 2.000 ft por debajo y por detrás de él, aunque su velocidad era entre 30 y 35 kt mayor. A consecuencia de esta diferencia de velocidad, el A-340 alcanzó y adelantó al B-757.

Cuando el A-340 se encontraba 7 NM por delante del B-757, el piloto de la primera aeronave solicitó al ATC ascender a FL370, lo que fue autorizado por el controlador, iniciando entonces la aeronave un ascenso suave. En ese momento la velocidad respecto del suelo de ambas aeronave era prácticamente igual.

Prácticamente, a la vez que el A-340 alcanzaba el nivel de vuelo que había solicitado, FL370, el B-757 fue sacudido violentamente, a la par que iniciaba un alabeo a la izquierda, que alcanzó al menos 45°. Inmediatamente después la aeronave comenzó a descender. El piloto consiguió detener el balanceo de la aeronave y a continuación actuó sobre el timón de altura para detener el descenso. Durante el evento la aeronave descendió 400 ft.

A consecuencia de los bruscos movimientos, 3 tripulantes de cabina y 2 pasajeros sufrieron heridas de carácter leve.

Del análisis de este evento se extrajeron las siguientes conclusiones:

- El encuentro con la estela fue de naturaleza violenta.
- Los encuentros con estela turbulenta a elevadas altitudes generalmente no tienen esa virulencia.
- La separación existente en el momento en que se produjo el evento entre ambas aeronaves era, al menos, el doble de la separación estándar requerida.
- Con objeto de determinar las acciones a tomar, se determinó que todos los incidentes relacionados con estela turbulenta que se produjeran en los estados miembros de la AENPG fueran notificados a la Oficina EUR/NAT de OACI.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No se han utilizado.

2. ANÁLISIS

2.1. General

El análisis de los hechos, que se deduce de la información disponible, demuestra que el vuelo de Barcelona a Santiago se inició y se realizó con absoluta normalidad hasta el momento en que se produjo una brusca perturbación.

La Información meteorológica indicaba la presencia de un anticiclón al Oeste de Portugal, con una distribución de presión casi uniforme a lo ancho de la Península Ibérica y el pronóstico no preveía la presencia de ningún fenómeno significativo sobre la misma. Los vientos en altura eran básicamente de componente Norte y en la zona del incidente su intensidad no superaba los 15 kt.

Del análisis de la información meteorológica se deduce que la situación general en el área en el momento en que se produjo el incidente, no tuvo relación con la turbulencia encontrada, excepto en el favorecimiento de la permanencia de la estela turbulenta, por la estabilidad atmosférica presente y el viento suave y de dirección estable.

Esta hipótesis se ve reforzada por el hecho de que ninguna otra aeronave de las que volaron por la zona en la que se produjo el incidente, tanto antes como después de éste, notificó a los servicios de tránsito aéreo que se viera afectada por perturbación alguna.

En el momento en el que se inició el incidente el peso del avión era de 61,2T; el piloto automático (A/P 2) estaba conectado en modo CLB-NAV; el sistema de empuje automático conectado (THR); seleccionado Mach 0,78. El CM2 actuaba como piloto a los mandos, PF, en vuelo automático, es decir, que se mantenían el piloto automático y el sistema de empuje automático conectados cuando el avión estaba pasando a través del FL 325 en su ascenso hacia el FL 370, nivel éste al que había sido autorizado por el Control Barcelona y colacionado por la tripulación.

A partir de las 12:36:37 la velocidad del viento sentido por la aeronave, que hasta ese momento era de 10 kt, comenzó a aumentar, alcanzando un valor máximo de 70 kt, 8 segundos después. Se mantuvo durante 4 s en ese valor, para luego descender rápidamente hasta recuperar los valores que tenía antes del inicio del evento.

A la par que se producía esta variación de la intensidad del viento, también se produjo una variación de su dirección. Así en los instantes previos, el viento soplaba de dirección 275°. Al iniciarse el evento, la dirección del viento comenzó a girar rápidamente en sentido horario, de forma que giró 360° hasta que recuperó su dirección inicial en un lapso de 20 s.

No obstante, hay que tener en cuenta que la exactitud de los valores de la velocidad y la dirección de viento grabados en el DFDR, es relativa, ya que son valores calculados a partir de la diferencia entre la velocidad respecto del suelo (GS) y la velocidad verdadera respecto

del aire (TAS), para la intensidad, y de la dirección de la trayectoria y del rumbo de la aeronave, para la dirección, que a su vez están afectados por los siguientes dos factores:

- Los movimientos de guiñada. Durante un movimiento de guiñada transitorio, el valor percibido en el centro de gravedad puede ser diferente al percibido por el ADIRU. Si bien, tan pronto como se establece la guiñada los valores deberían ser iguales.
- La tolerancia propia de cada parámetro, que en este caso son los siguientes:
 - Velocidad respecto del suelo (GS): ± 8 kt
 - Velocidad verdadera (TAS): ± 4 kt
 - Trayectoria: $\pm 2,3^\circ$, con GS = 200 kt.
 - Rumbo: $\pm 0,4^\circ$

La consecuencia inmediata de dicha perturbación fue un rápido y pronunciado régimen de alabeo hacia la derecha, que el piloto automático trató de contrarrestar inicialmente. Tal vez, debido a la brusquedad del movimiento, la tripulación intervino, lo que provocó la desconexión del piloto automático. En el momento en que esta acción tuvo lugar, la aeronave tenía un ángulo de balance de 20° a la derecha.

El alabeo a la derecha continuó hasta alcanzar un AOB (ángulo de balance) de 49° , al que siguió un alabeo hacia la izquierda que alcanzó un ángulo de balance de 39° .

Dichos movimientos de alabeo, así como el factor de carga vertical, experimentados por el avión antes de la intervención de los pilotos, son plenamente consistentes con los efectos que tendría un encuentro con una estela turbulenta.

De la información ATC, se sabe que en esos momentos había un Airbus A-340 que le precedía 10,13 NM y que se encontraba en ese momento establecido a F330.

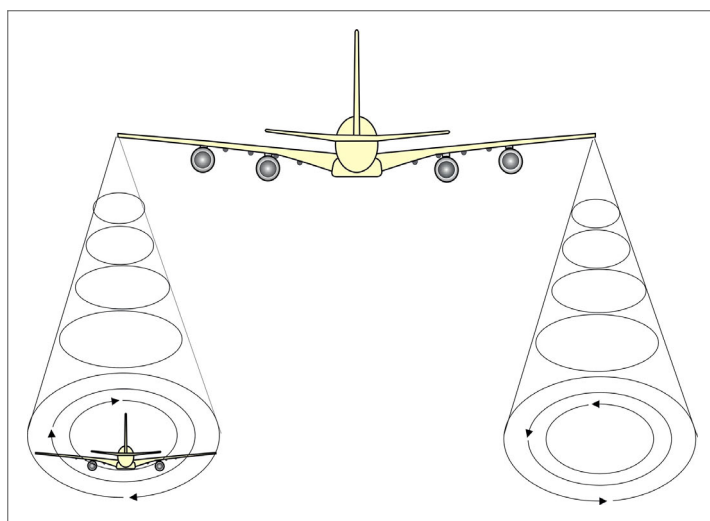


Figura 8. Esquema de los torbellinos de punta de plano

De todo ello se desprende que, con toda probabilidad, la causa de las perturbaciones sufridas por la aeronave fue el encuentro con la estela turbulenta procedente del referido Airbus A340, que le precedía.

La fuerza de los torbellinos generados por los aviones es función de varios factores, tales como el peso de la aeronave, velocidad, configuración, alargamiento del ala, ángulo de ataque, etc. Aunque todavía no

se conocen perfectamente cuales son los mecanismos de disipación de las estelas turbulentas, los estudios realizados hasta la fecha indican que en ellos interviene la acción de mezcla de la viscosidad del torbellino («Eddy viscosity») y la interacción de los torbellinos entre sí. Hay otros factores que pueden influir en la duración de los torbellinos, como son la fuerza y dirección del viento y la turbulencia mecánica, que aceleran su disipación, o la estabilidad atmosférica que la retrasa. En este caso concreto, la gran estabilidad atmosférica existente, probablemente contribuyó a aumentar el tiempo de permanencia del vórtice.

2.2. Actuación de la tripulación

2.2.1. Actuación sobre los mandos de vuelo

Como se indicó anteriormente, nada más iniciarse el alabeo, como consecuencia de la turbulencia, se produjo la intervención del piloto automático, tratando de contrarrestarlo, y unos segundos después la actuación de la tripulación sobre las palancas de mando, que, como se ha indicado en el punto precedente, provocó la desconexión del piloto automático. El procedimiento de vuelo en turbulencia severa indica que en estas circunstancias la tripulación no debe actuar sobre los pedales o las palancas de mando, y debe permitir que sea el piloto automático el que maneje la situación. En caso de que la magnitud del suceso supere la capacidad de mando del piloto automático, se alcanzará alguna de las circunstancias que producen su desconexión, en cuyo caso, si que será precisa la intervención de la tripulación.

De acuerdo con las declaraciones de la tripulación, en el momento en que el comandante tomó los mandos, pulsó el botón de cancelación «override» y le indicó verbalmente al copiloto que él tomaba los mandos diciéndole «I have the control». El copiloto, según su declaración, soltó inmediatamente su palanca de mando y se lo indicó al comandante con la frase «you have control». Este modo de proceder estaría totalmente de acuerdo con el procedimiento de actuaciones simultáneas «dual input», cuyo objeto es impedir que se produzcan acciones simultáneas sobre las dos palancas de mando. Ahora bien, si los hechos se hubieran desarrollado de esa manera, no habría habido prácticamente actuaciones simultáneas «dual inputs», lo cual está claramente en contradicción con los datos contenidos en el DFDR, que demuestran que la actuación simultánea de ambos pilotos sobre sus palancas de mando comenzó prácticamente en el mismo instante y se prolongó por espacio de 21 s, concretamente entre las 12:38:37 y las 12:38:58.

Durante los 21 s en los que hubo actuación simultánea sobre las palancas de mando, se produjeron avisos sonoros de actuaciones simultáneas, que el comandante dijo no haber oído, en tanto que el copiloto afirma que sí oyó, aunque fue en los instantes en los que cedió los mandos al comandante. Asimismo, el copiloto no percibió las señales luminosas que debieron activarse en el momento en el que el comandante pulsó su

botón de cancelación «override», y que indican cual de las palancas de mando tiene preferencia.

De lo anterior se puede deducir que la tripulación no respetó el procedimiento de actuaciones simultáneas «dual input».

A continuación se va a analizar la resultante de estas acciones, tanto en cabeceo, como en alabeo. En este sentido, conviene recordar que, como se apuntó anteriormente, cuando se producen acciones simultáneas sobre las palancas de mando, el sistema considera que la orden es la correspondiente a la suma aritmética de ambas señales.

Las actuaciones en cabeceo tuvieron las siguientes características:

- Hubo una acción inicial de encabritar («nose up»).
- Seguido de innumerables acciones en ambas direcciones.
- Las acciones sobre las palancas de mando fueron prácticamente opuestas (mientras un mando ordenaba morro abajo el otro lo hacía morro arriba). Aunque de modo global se aprecia un predominio de las órdenes de picar («nose down»).
- La suma aritmética de ambas señales produjo una señal resultante más suave que cualquiera de las señales individuales, quedando por tanto amortiguado el efecto de las actuaciones simultáneas «dual input».
- No se produjeron alteraciones significativas de SPD-MACH, cabeceo y ángulo de ataque.
- Como consecuencia del predominio de las órdenes de picar, «nose down», se produjo un ascenso inicial de 300 ft, hasta alcanzar 32.700 ft, seguido de un descenso de 2.400 ft, hasta 30.300 ft.

Actuaciones en alabeo:

- Fueron claramente coincidentes.
- Hubo siete acciones simultáneas en ambas direcciones.
- En las cuatro primeras acciones ambas palancas de mando alcanzaron la máxima deflexión. Si bien el efecto de acciones simultáneas «dual input» suma aritméticamente las señales de ambos mandos, la señal resultante nunca puede ser mayor que la que equivaldría al máximo desplazamiento de una de ellas, motivo por el cual en estas cuatro primeras acciones, la actuación simultánea de ambos pilotos no tuvo ningún efecto.
- En las tres siguientes acciones ninguna de las palancas de mando alcanzó su máxima deflexión, pero su suma aritmética sí llegó al máximo, lo que pudo provocar un sobre mando.

Actuaciones en guiñada:

En el DFDR ha quedado registrado que se produjeron varios desplazamientos de uno de los pedales izquierdos, aunque el sistema no permite discriminar que pedal fue

desplazado, si fue el del comandante o el del copiloto, ya que los pedales son solidarios. En cualquier caso, los desplazamientos registrados se produjeron en una sola dirección, concretamente hacia la izquierda, alcanzando un valor máximo de 9°, que produjo un desplazamiento máximo del timón de dirección de 5,2°.

La fuerza necesaria para producir ese desplazamiento del pedal es de 13 daN, que representa aproximadamente el 40% de la fuerza necesaria para desplazar un pedal al máximo de su recorrido.

Efecto de las acciones

Finalmente, se va a analizar el efecto que tuvieron las acciones de la tripulación sobre los mandos de vuelo, sobre el comportamiento de la aeronave.

Los desplazamientos de las palancas de mando, a ambos lados, y hasta sus niveles máximos, indujeron que la aeronave experimentase movimientos en alabeo.

Con respecto a la actuación en cabeceo, y debido al hecho de que, en gran medida, las órdenes introducidas por cada miembro de la tripulación fueron contrarias, las órdenes resultantes fueron suaves, de manera que tuvieron poco efecto sobre el comportamiento en cabeceo de la aeronave.

2.2.2. Actuaciones sobre los mandos de motores

El Comandante retrasó las palancas de los mandos de empuje hasta una posición cercana a ralenti («idle»), manteniendo el sistema de empuje automático en ON, aunque éste posteriormente fue desconectado.

El procedimiento de vuelo en turbulencia severa indica que no debe modificarse el empuje de los motores, salvo que se experimenten variaciones intensas de la velocidad respecto del aire, y que sólo debe desconectarse el sistema de empuje automático, en el caso de que los cambios en el empuje de los motores lleguen a ser excesivos. En este incidente no se produjo ninguna de estas dos circunstancias.

En el momento en que se produjo la turbulencia, la velocidad de la aeronave era de 0,78M, y la recomendada para esa situación es de 0,76M, por lo que sólo hubiera sido necesario efectuar un pequeño ajuste de los gases.

Las actuaciones de la tripulación sobre las palancas de gases de los motores tuvieron como consecuencia la disminución de la velocidad de la aeronave hasta 0,74M, que es inferior a la recomendada para vuelo en atmósfera turbulenta, 0,76M.

Por lo tanto, se puede concluir que la tripulación no siguió fielmente el procedimiento de vuelo en turbulencia severa.

2.2.3. *Actividad de la tripulación*

Aunque se aprecia que el copiloto mantuvo una actividad intensa continuada, con valores próximos a los límites establecidos en la actividad mensual, incluso con cierto exceso de actividad durante algunos días previos, la existencia de periodos de descanso amplios en el pasado más próximo al incidente, inducen a pensar que la fatiga no fue un factor presente en este caso.

2.3. Aspectos de mantenimiento

En el manual de mantenimiento de la aeronave se incluyen valores máximos de aceleración vertical y lateral, superados los cuales se precisará una inspección de la aeronave, pero no se han fijado valores, más altos que los anteriores, superados los cuales sería necesaria la supervisión e intervención directa del fabricante, como condición para el retorno al servicio de la aeronave.

La conveniencia de establecer estos límites ya se puso de manifiesto en los informes del NTSB relacionados en el apartado 1.8.1, que dieron lugar a varias recomendaciones de seguridad, a consecuencia de las cuales la FAA inició el proceso para su implementación, considerándose que con ello quedarán plenamente satisfechos los requerimientos de seguridad relacionados con los aspectos de mantenimiento.

2.4. Formación

La actuación de la tripulación ha puesto de manifiesto que no siguieron fielmente los procedimientos de actuaciones simultáneas «dual imput» y de vuelo en turbulencia severa, a pesar de que durante los meses previos, habían recibido formación recurrente en A-320 y en gestión de recursos en cabina (CRM).

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

La aeronave Airbus A320-200, que realizaba el vuelo VLG1190, entre Barcelona y Santiago de Compostela, experimentó una fuerte turbulencia, mientras pasaba por el nivel de vuelo FL 325, en ascenso a velocidad de 0,78 Mach, que le indujo un alabeo a la derecha que alcanzó un valor de 40°.

En ese momento la aeronave estaba atravesando el FL 325, en ascenso a FL 370, con un peso de 61 T, en configuración limpia, con el piloto automático 2 (AP2) conectado en modo CLIMB/NAV y el sistema de empuje automático conectado y activo. El CM2 actuaba como PF.

El piloto automático trató de contrarrestar inmediatamente el aumento del ángulo de alabeo, deflectando los alerones hasta alcanzar su valor máximo, que es de 8° a 250 kt. Entre tanto el factor de carga vertical se incrementó hasta 1,23 g.

Como el alabeo continuaba aumentando, la tripulación reaccionó actuando sobre sus palancas de mando, lo que indujo la desconexión del piloto automático.

El CM1, reaccionó ante la disminución del factor vertical de carga, ordenando encabritar, y casi a la par, el CM2 actuaba sobre su palanca de mando introduciendo una orden contraria, es decir, a picar.

Durante 21 s, ambos pilotos actuaron simultáneamente sobre sus palancas de mando, llevando en varias ocasiones a desplazar la palanca a ambos lados hasta su máxima posición lateral. En este periodo de tiempo se produjo una actuación sobre el pedal izquierdo.

A consecuencia de la turbulencia externa y de las acciones de la tripulación, la aeronave experimentó fuertes oscilaciones en alabeo, que alcanzaron valores máximos de 33° a la izquierda y de 49° a la derecha, y en cabeceo, que varió entre 8,7° y -0,4°. Los factores longitudinal y lateral de carga, oscilaron entre 1,69 g / -0,45 g y 0,47 g a la izquierda / 0,32 g a la derecha.

Al final de este periodo, y a consecuencia de varias órdenes de morro abajo, el avión comenzó a descender. Asimismo, durante este lapso la tripulación desconectó el sistema de empuje automático. Una vez que cesó la perturbación, la tripulación volvió a conectar el sistema de empuje automático y el piloto automático. La aeronave alcanzó el nuevo nivel de vuelo seleccionado (FL 310) y continuó normalmente hasta su destino.

Se llevaron a cabo las inspecciones prescritas para el caso de vuelo en excesiva turbulencia, sin detectar ninguna anomalía. Asimismo, y como consecuencia de los altos

valores de aceleración lateral, se llevaron a cabo inspecciones adicionales, en las que tampoco se detectó anomalía alguna.

El análisis efectuado después del vuelo ha permitido concluir que durante el evento no se excedieron los límites de carga de diseño.

3.2. Causas

El inicio de la turbulencia fue causado por la estela turbulenta procedente de un Airbus A340-300, que se encontraba en la misma aerovía, 10,13 NM por delante de la aeronave Airbus A320-200 de la compañía Vueling, con su mismo rumbo, volando también hacia el punto «Kuman», a FL 330 y con una velocidad respecto del suelo de 464 kt.

Las acciones llevadas a cabo posteriormente por la tripulación: actuaciones simultáneas sobre las palancas de mando, retraso de las palancas de gases, desconexión del sistema de empuje automático, y sobre todo, el desplazamiento del pedal izquierdo, no se ajustaron a los procedimientos de vuelo de la aeronave y pudieron contribuir a acrecentar los efectos de la perturbación exterior.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Cuando durante un vuelo surge una situación anómala o una emergencia, la tripulación debe actuar inmediatamente para neutralizarla, aplicando los procedimientos adecuados. Para poder ejecutar estas acciones con la precisión y rapidez que requieren, es preciso que la tripulación las ejecute de forma «automática», lo que se consigue mediante la formación y el entrenamiento

La investigación de este incidente ha puesto de manifiesto que la tripulación no aplicó correctamente los procedimientos que la situación requería. Por este motivo, y con objeto de mejorar la seguridad de las operaciones, se considera conveniente efectuar las siguientes recomendaciones sobre seguridad.

REC 03/11. Se recomienda a la compañía operadora de la aeronave, Vueling, que revise y refuerce sus programas de instrucción de las tripulaciones de Airbus A-320, con vistas a mejorar el conocimiento y aplicación de los procedimientos de la aeronave, y en especial, los referentes a la actuación simultánea sobre las palancas de mando, vuelo en turbulencia severa y uso del timón de dirección.

REC 04/11. Se recomienda a la compañía operadora de la aeronave, Vueling, que revise y refuerce sus programas de formación en gestión de recursos en cabina CRM.

