

RESUMEN DE DATOS

LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Lunes, 9 de enero de 2006; 09:00 h UTC
Lugar	Aeropuerto de Barcelona-El Prat

AERONAVE

Matrícula	EC-GAT
Tipo y modelo	MD-83
Explotador	Spanair

Motores

Tipo y modelo	JT8D-219
Número	2

TRIPULACIÓN

	Piloto al mando	Copiloto
Edad	40 años	40 años
Licencia	ATPL	ATPL
Total horas de vuelo	6.012 h	3.400 h
Horas de vuelo en el tipo	4.612 h	2.926 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			6
Pasajeros			90
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Menores
Otros daños	Ninguno

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Transporte aéreo comercial – Regular – Nacional – Pasajeros
Fase del vuelo	Aterrizaje

INFORME

Fecha de aprobación	9 de junio de 2011
---------------------	---------------------------

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El día 9 de enero de 2006 poco antes de las 09:00 UTC¹ la aeronave MD-83, matrícula EC-GAT, operada por Spanair, hacía su aproximación a la pista 07R, del aeropuerto de Barcelona. Realizaba el vuelo regular programado, JKK-6513 y a bordo de la aeronave viajaban 90 pasajeros y una tripulación de 6 miembros, que habían despegado de Bilbao unos 40 minutos antes.

El comandante actuaba como PF en tanto que el copiloto lo hacía como PNF.

Las condiciones meteorológicas eran de buena visibilidad, sin techo de nubes y con viento cruzado por el lado izquierdo de unos 11 kt. La pista estaba seca.

La operación se había desarrollado normalmente hasta los instantes de comenzar la aproximación inicial con rumbo 150°, cuando su altura era relativamente elevada. ATC recordó a la aeronave la restricción de no descender por debajo de 5.000 ft hasta cruzar la línea de costa. Esta restricción, impuesta por causas medioambientales, había entrado en vigor unos meses antes.

La aeronave recortaba el viraje para interceptar el localizador del ILS sobre el punto fijo de aproximación final FAF, situado a 8,91 NM, volando a unos 3.700 ft de altitud y una velocidad indicada de 260 kt.

Estando por encima de la senda de planeo, el descenso en final fue muy pronunciado, del orden de los 2.500 ft/min. En corta final, consiguió la aeronave establecerse en la senda de planeo (GS), del ILS pero con velocidad muy alta, no estabilizada, mientras cambiaba la configuración a flap 40°, de aterrizaje.

Sobrevoló la cabecera de la pista a la altura correcta de 50 ft, pero con 200 kts. Las velocidades de referencia (V_{ref})² y de target (V_{target})³ eran 124 kt y 129 kt, respectivamente. Por las huellas de los neumáticos se sabe que no hizo contacto el tren principal de la aeronave con el suelo hasta pasada la mitad de la longitud de pista

¹ Todas las horas expresadas en este informe se refieren a horas UTC, Tiempo Universal Coordinado. La hora local se obtiene sumando una hora al tiempo UTC.

² V_{ref} es la velocidad de referencia en el aterrizaje. Su valor será como mínimo:

- 1,30 veces la velocidad de pérdida para el peso y configuración de la aeronave.
- V_{mcl} (velocidad mínima de control durante aproximación y aterrizaje).
- La velocidad que proporcione la capacidad de maniobra especificada en FAR 25.143.

³ V_{target} , es la velocidad a la que ha de hacerse el aterrizaje, y se obtiene incrementando la V_{ref} en una determinada cantidad basada en el viento reportado. Dicho incremento no será menor de 5 kt ni mayor de 20 kt, y se calculará de la siguiente forma.

5 kt, más el valor de la intensidad de las rachas que exceda sobre la velocidad media del viento, más la mitad del valor de la velocidad media del viento que exceda de 20 kt.

disponible (1.600 m desde el THR de la RWY). En la frenada las cuatro ruedas del tren principal quedaron bloqueadas, comenzaron a patinar y poco después reventaron.

La aeronave se detuvo finalmente centrada en la pista, unos ciento cuarenta metros antes de su extremo. Cuando la tripulación intentó, infructuosamente, iniciar la rodadura para abandonar la pista de vuelo, comprobaron que las ruedas estaban bloqueadas. Desde la Torre el controlador observó y comunicó que las ruedas de la pata izquierda se incendiaban, por lo que la tripulación ordenó la inmediata evacuación del avión.

Los servicios contra-incendios acudieron en breve espacio de tiempo y sofocaron las llamas. Los autobuses de transporte de pasajeros (jardineras) accedieron a la pista para recoger a los pasajeros unos 25 minutos después de ocurrido el incidente.

En la evacuación algunos pasajeros sufrieron lesiones leves producidas al abandonar la aeronave.

1.2. Daños a la aeronave

La aeronave sufrió daños en ambas alas y en el empenaje de cola.

- Ambas patas del tren principal presentaban daños debidos a frenado de alta energía.
- Los neumáticos, llantas y frenos de ambas patas presentaban daños por abrasión por roce contra la pista, además los correspondientes a la pata izquierda tenían afección por fuego.
- Rotura de líneas de fluido hidráulico en la pata principal izquierda causada por roces e impactos.
- También se encontraron afectados por el fuego el flap interior, algunos paneles de revestimiento y compuertas del tren del ala izquierda.
- El cono de cola tenía diversos daños y grietas en el borde de salida inferior, que se produjeron al impactar contra el pavimento de la pista, como consecuencia de haber sido lanzado para desplegar el tobogán trasero.

En las inspecciones realizadas a la aeronave no se apreciaron daños evidentes en su estructura primaria, que se habrían producido en el caso de que se hubieran alcanzado altos valores de aceleración vertical durante la toma.

1.3. Información personal

Piloto

Edad:	40 años
Nacionalidad:	Española
Licencia:	Piloto de transporte de línea aérea

Experiencia de vuelo	<ul style="list-style-type: none">• Horas totales de vuelo: 6.012 h• Horas en el tipo: 4.612 h
Actividad:	<ul style="list-style-type: none">• Últimos 90 días: 192:13 h• Últimos 30 días: 64:29 h• Últimas 24 h: 2:06 h

Copiloto

Edad:	40 años
Nacionalidad:	Española
Licencia:	Piloto de transporte de línea aérea
Experiencia de vuelo	<ul style="list-style-type: none">• Horas totales de vuelo: 3.400 h• Horas en el tipo: 2.926 h
Actividad:	<ul style="list-style-type: none">• Últimos 90 días: Sin datos• Últimos 30 días: Sin datos• Últimas 24 h: Sin datos

Además de la tripulación técnica, tres auxiliares y un sobrecargo componían la tripulación de cabina.

1.4. Información de aeronave

El MD-83 es un birreactor de transporte de pasajeros y medio alcance, con capacidad para llevar unas 150 personas según la disposición de los asientos. Su tripulación técnica mínima es de dos tripulantes.

1.4.1. Célula

Fabricante:	McDonnell Douglas
Modelo:	MD-83
N.º de fabricación:	49709
Año de fabricación:	1988
Matrícula:	EC-GAT
Explotador:	Spanair
Certificado de aeronavegabilidad:	Válido hasta el 14-02-2006

Horas totales de la aeronave: 41.627,49 h

Ciclos totales de la aeronave: 27.472

1.4.2. Registro de mantenimiento

En los 10 vuelos anteriores no hubo acciones de mantenimiento sobre los sistemas de antiskid y autobrake.

Las ruedas montadas en el avión habían pasado por taller en los meses anteriores, en las fechas 31-10-05, 04-11-05, 09-12-05 y 29-12-05.

El número de tomas de tierra acumulados por las ruedas y los frenos instalados fueron las siguientes:

	#1	#2	#3	#4
Ciclos rueda	151	89	25	14
Ciclos freno	25	14	265	520

1.4.3. Peso al aterrizaje

Se estima un peso total al aterrizaje de 114.000 lb frente al peso máximo autorizado al aterrizar de 140.000 lb.

1.4.4. Performances de aterrizaje y datos geométricos del avión

Para un peso en el aterrizaje de 114.000 lb de la aeronave se puede leer en los procedimientos de su manual de vuelo los siguientes valores operativos.

$V_{ref} = 124 \text{ kt}$

$V_{target} = 129 \text{ kt}$

«Landing Distance» (pista seca) = 2.625 ft = 800 m

Las velocidades y tiempos de operación del tren de aterrizaje y de las superficies de flap son:

Máx. velocidad de extensión del tren de aterrizaje = 300 kt

Tiempo de bajada del tren = 12 s

Tiempo de retracción del tren = 9 s

Máx. velocidad de extensión flap 15° = 240 kt

Máx. velocidad de extensión flap 28° = 205 kt
Tiempo de extensión de flap 15° a 28° = 11 s
Máx. velocidad de extensión flap 40° = 200 kt
Max. Tire speed = 195 kt
Distancia entre ruedas de morro y principales = 72 ft

1.4.5. *Sistema de frenos de ruedas*

La aeronave dispone de un sistema de frenos de disco de las ruedas principales.

La presión ejercida por el líquido hidráulico en los pistones de actuación montados en los estatores aprietan éstos contra los rotores o discos de freno.

Un sistema adicional de frenado automático, autobrake, permite aplicar y mantener un nivel de desaceleración constante.

1.4.6. *Sistema de antiskid*

El sistema de antiskid es un medio automático, controlado eléctricamente, cuyo objeto es evitar que los frenos bloquen las ruedas del tren principal, impidiendo que éstas patinen cuando se aplican frenos. Cada rueda se controla independientemente. El sistema comprende entre otros elementos, un interruptor de armado del sistema, una caja de control, cuatro transductores de velocidad y cuatro servoválvulas duales.

Por medio de un transductor montado en el eje de cada rueda se detecta su velocidad. Cuando la velocidad de esa rueda es menor que una velocidad de referencia determinada en cada instante por el sistema, se libera presión de líquido de frenos en esa rueda, hasta que la rueda se vuelve a revolucionar. Si la presión comandada por el piloto es menor que la que puede hacer patinar a las ruedas, el sistema no actúa. Si el sistema de antiskid no está armado, la presión que llega a los pistones de los conjuntos de frenos depende sólo de la acción del piloto sobre los pedales y es independiente de si las ruedas patinan o no.

En el contacto con el suelo en el momento de la toma, las ruedas deben revolucionarse rápidamente. Para evitar que se puedan bloquear en esos momentos existe una protección de «rueda bloqueada y toma de tierra» efectiva cuando el avión está en el aire. En esa situación se libera presión en los conjuntos de frenos n.º 2 y n.º 3; estas ruedas están pareadas respectivamente con las ruedas exteriores del ala opuesta, para disponer de una señal de soltar presión en caso de bloqueo. Esta protección se cancela transcurridos entre 1,5 y 5 s después de apoyar la pata de morro en el suelo.

Otra protección de «rueda que no gira», es efectiva si la velocidad respecto a tierra es superior a 40 kt.

Las primeras personas que accedieron a la cabina de la aeronave después del incidente comprobaron que el interruptor del antiskid estaba en ON.

1.4.7. Sistema de spoilers

En este avión, en el extradós de cada ala, se montan paneles que se pueden levantar en plano perpendicular a la dirección del vuelo con el fin de reducir la sustentación del ala y aumentar su resistencia aerodinámica en las siguientes tres ocasiones:

- En vuelo, para reducir la velocidad de la aeronave.
- En vuelo, con actuación asimétrica en una sola semiala, la que baja, para ayudar al control lateral del avión en viraje.
- En el aterrizaje, para aumentar la resistencia aerodinámica que contribuye en la desaceleración del avión y para destruir la sustentación y permitir que el peso de la aeronave gravite sobre las ruedas favoreciendo la efectividad de los frenos.

Para el despliegue y el replegado de los paneles se utiliza potencia hidráulica. Los paneles interiores de cada ala solamente se pueden usar en tierra durante el aterrizaje (o en el despegue abortado).

En el aterrizaje los spoilers se despliegan automáticamente, si el sistema está armado, cuando las ruedas principales se revolucionan tras la toma, o cuando apoya la pata de morro.

En tierra se pueden desplegar los spoilers también manualmente, si se tienen aquellas señales de tierra o bien, si alguno de los amortiguadores principales está comprimido (señal de WOW – weight on wheels). En vuelo sólo se pueden desplegar como frenos de vuelo o aerofrenos, en el caso de que el ángulo de flap sea menor de 8°.

1.5. Información meteorológica

El informe METAR del aeropuerto de las 9:00 h era el siguiente:

METAR LEBL 090900Z 35011KT 9999 FEW025 08/04 Q1026 NOSIG=

Es decir, el viento procedía del rumbo 350° y tenía una intensidad de 11 kt. La visibilidad era superior a los 10 km. En el cielo había pocas nubes con base a 2.500 ft. La temperatura era de 8 °C y la temperatura de rocío 4 °C. El QNH era de 1.026 hPa.

No había llovido y la pista estaba seca.

El aeropuerto de Barcelona está prácticamente a nivel del mar y aunque la temperatura era inferior y la presión ligeramente superior a la estándar, se puede estimar que las velocidades verdaderas TAS, eran prácticamente las velocidades calibradas CAS⁴.

La información de viento que el controlador proporcionó al piloto del vuelo JKK-6513 era de viento de rumbo 350 e intensidad 10 kt.

1.6. Comunicaciones

Se han revisado las comunicaciones que mantuvo la aeronave en la última fase del vuelo con dependencias de control, concretamente con control de aproximación y con la torre de control del aeropuerto, cuyas partes más destacables se plasman seguidamente:

Asimismo, con anterioridad a que la tripulación estableciera contacto con control de aproximación, concretamente a las 08:50:29, recibieron una comunicación del controlador de ruta que les indicaba que volasen directos a PERUK.

Control de aproximación

- 08:53:37 El vuelo JKK 6513 establece contacto cuando está en curso hacia el punto de aproximación inicial (IF), PERUK, que está a 12 NM de la pista y en su prolongación. Comunican que están volando a PERUK para 5.000 ft y que su velocidad es alta.
- 08:53:43 Control les responde que en presente rumbo están autorizados ILS 07 derecha.
- 08:53:49 La tripulación colaciona la información anterior.
- 08:54:14 La tripulación del vuelo JKK 6513 solicita volar directo al punto FAF, a 9 NM de la pista.
- 08:54:19 APP les autoriza a proceder a su discreción, manteniendo altitud de 5.000 ft sobre el terreno y bajar en línea de costa.
- 08:54:29 La tripulación colaciona «autorizados aproximación ILS 07 derecha volando al fijo de la milla 9 y 5.000 ft hasta pasar línea de costa».
- 08:56:34 La tripulación pregunta a control si pueden bajar a discreción después de línea de costa.
- 08:56:37 Control responde que pueden proceder a su discreción después de pasar línea de costa.

⁴ Si se requiere mayor precisión se puede suponer que TAS = 98% CAS.

- 08:58:13 El controlador indica a la tripulación que cambien a la frecuencia de comunicaciones 118.1 (Torre de control de Barcelona, local).
- 08:58:16 La tripulación colaciona la información: dieciocho uno, y se despide.

Torre de control

- 08:58:17 JKK-6513 establece contacto con torre de Barcelona – rodadura, y le informa que se encuentra en final de la 07R.
- 08:58:18 El controlador indica que continúe y que está autorizado a aterrizar pista 25, corrigiendo inmediatamente 07 derecha. Facilita la información de viento: dirección 350° 10 kt de intensidad.
- 08:58:20 JKK 6513 colaciona «autorizado aterrizar 07R».
- 09:00:54 JKK-6513 transmite que han tenido un problema en los frenos y que sacarán el avión de pista en 1 minuto.
- 09:00:54 El controlador colaciona e indica que entiende que todo está relativamente en orden.
- 09:00:54 La tripulación informa que el avión está perfectamente pero que tienen un problema con el freno, que en cuanto puedan sacarán el avión de la pista.
- 09:00:59 TWR informa a la aeronave de que desde la torre aprecian que la pata izquierda de la aeronave está ardiendo; JKK-6513 solicita bomberos.
- 09:02:12 JKK-6513 avisa de que van a proceder a evacuar el avión.
- 09:02:12 El controlador solicita a la tripulación que repita el mensaje.
- 09:02:14 La tripulación confirma que van a evacuar el avión.
- 09:02:42 El controlador solicita nuevamente a la tripulación que repita el mensaje, y pregunta a qué están procediendo.
- 09:03:12 El controlador llama de nuevo al JKK 6513.
- 09:03:12 JKK 6513 responde, adelante.
- 09:03:12 TWR anuncia que los servicios contra incendios están de camino y que en unos segundos alcanzarán su posición y solicita que repitan el anterior mensaje, que no escuchó.
- 09:03:15 JKK 6513 pregunta al controlador acerca de como le recibe.
- 09:03:15 El controlador responde «ahora fuerte y claro».
- 09:03:25 JKK 6513 informa que están evacuando el avión por el lado derecho, información que repite.
- 09:03:30 El controlador pregunta si se requieren servicios sanitarios.
- 09:03:42 JKK 6513 responde que «en este momento no está previsto, pero sería necesario si algún pasajero se hiciera daño al saltar».
- 09:03:45 El controlador informa a la tripulación que los servicios sanitarios se dirigirán también hacia el avión.
- 09:03:50 JKK 6513 responde «muy bien, gracias».
- 09:04:54 En otra comunicación con otro servicio, TWR confirma que los bomberos están a pie de avión.

1.7. Información de aeródromo

El aeropuerto de Barcelona-El Prat tiene una elevación de 4 m (14 ft) y disponía en ese momento de tres pistas para las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves.

La pista utilizada por el vuelo del incidente JKK-6513, era la pista 07R-25L de 2660 m de longitud y 60 m de anchura. La elevación de la cabecera 07R es de 2,5 m (8 ft). Tiene la superficie de la pista un perfil convexo con ligera pendiente hacia arriba en los primeros 247 m, pendiente nula en los 2.175 m siguientes y pendientes suaves descendentes de 0,25% en los 138 m siguientes y de 0,5% en los 100 m finales.

La pista 07R dispone de ayuda visual PAPI de senda de planeo y ayuda instrumental al aterrizaje ILS CAT III. Tanto la senda visual como la senda de planeo del ILS, tienen pendiente de 3°.

En el Apéndice B se reproduce la Carta de Aproximación por Instrumentos a la pista 07R del AIP-España.

En los procedimientos de vuelo del AIP se establecen los siguientes ajustes de velocidad:

- «— ATC requerirá reducir la velocidad a 170 kt/180 kt al comenzar el viraje para interceptar el ILS/LLZ.
- IAS 160 kt al cruzar 8 DME ILS en aproximación final; esta IAS deberá mantenerse hasta 4 NM del umbral.»

Los procedimientos de atenuación de ruidos vigentes en el momento del incidente establecían que «durante la fase de guía vectorial para interceptar la aproximación final, la altitud mínima no será inferior a 5.000 ft mientras las aeronaves estén sobre tierra».

Posteriormente, se modificaron estos procedimientos, de forma que desapareció la limitación expresa de descender por debajo de 5.000 ft, mientras estuviera la aeronave sobre tierra, que fue sustituida por la siguiente instrucción: «planificar el descenso para abandonar los IAF, o posición equivalente, a FL 70 o superior para hacer un descenso continuo hasta la pista, empleando un procedimiento de baja resistencia/empuje».

1.8. Traza radar

La aeronave disponía del reglamentario equipo transpondedor para facilitar su seguimiento por los sistemas de radares de control. Se ha recibido del Centro de Control información de las sucesivas posiciones de la aeronave, así como la velocidad que en tiempo real se les presentaba en las pantallas, que se ha representado en forma gráfica en las dos figuras siguientes:

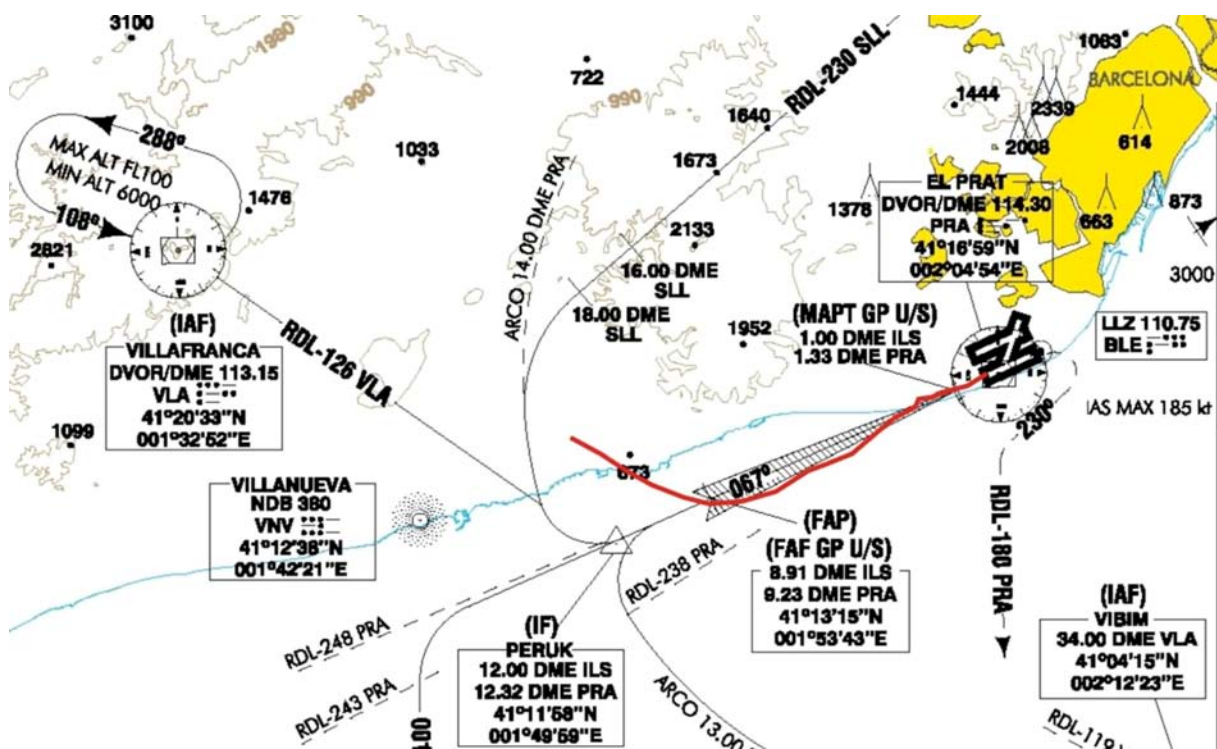


Figura 1. Trayectoria radar seguida por la aeronave

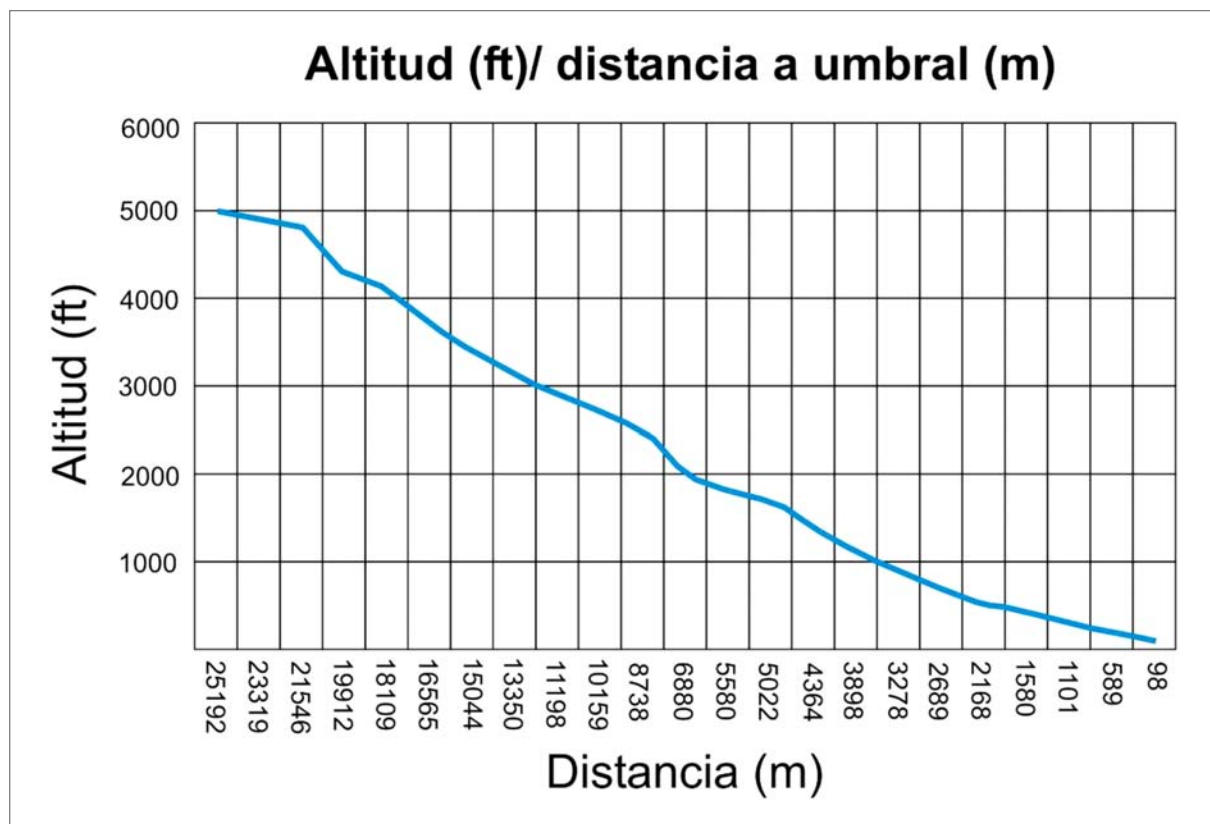


Figura 2. Gráfico altitud-distancia al umbral en la aproximación

1.9. Registradores de vuelo

La aeronave disponía de un Registrador Digital de Datos de Vuelo (DFDR) y de un Registrador de Voces en Cabina (CVR), situados en la zona posterior del fuselaje. Se recuperaron los dos equipos sin daños.

1.9.1. Registrador digital de datos de vuelo (DFDR)

La aeronave tenía instalado un Registrador Digital de Datos de Vuelo de la marca ALLIED SIGNAL P/N 980-4100 DXUN y S/N 8925.

Se comprobó que la información grabada correspondía a una grabación correcta en líneas generales. Sin embargo en el segundo correspondiente a la toma, segundo cero, se apreció un fallo de sincronización y lecturas erráticas en distintos parámetros. Así, en ese instante se registraron valores elevados de aceleración vertical y valores imposibles o extraños de otros parámetros, tales como CAS = 284 kt o RA = 63 ft.

La grabación recoge los datos de diversos parámetros en conjuntos de 64 palabras cada segundo. La aceleración vertical ocupa 8 palabras cada segundo, las otras aceleraciones laterales y verticales se graban 4 veces al segundo. Otros parámetros de interés para la investigación tienen una periodicidad de muestreo de un dato por segundo.

Se ha estudiado la evolución de aquellos parámetros en dos periodos, uno más amplio que comprende los 200 segundos de tiempo anteriores a la toma, correspondientes a la aproximación inicial y final y otro periodo de unos 45 segundos correspondiente a la toma de tierra.

En los momentos del primer contacto con tierra se registró la aceleración vertical en tres palabras consecutivas, espaciadas un octavo de segundo, de valores muy altos de aceleración, posiblemente espurios, ya que en esos mismos instantes se registraron valores imposibles de varios parámetros. Se ha tomado el segundo en el que se registraron esos valores altos como la referencia 0 de tiempos en la exposición de los gráficos que siguen.

Evolución de los parámetros en la aproximación

Se muestra en el gráfico de la figura 3 la evolución de la velocidad en la escala de la derecha. Los valores son en general altos, con un valor espurio de 284 kt en el instante de la toma. Las otras tres líneas representan la altitud del vuelo, la radioaltura, con un valor imposible en el segundo 0 s de 63 ft, y la senda de planeo del ILS como referencia. La aeronave voló por encima de la senda en toda la aproximación hasta la fase de corta final en la que entró en la pendiente establecida con una velocidad de más de 200 kt, que implica un exceso de 71 kt sobre la velocidad V_{target} .

La aeronave adquirió su configuración de aterrizaje escasos segundos antes de la toma, volando ya sobre la pista.

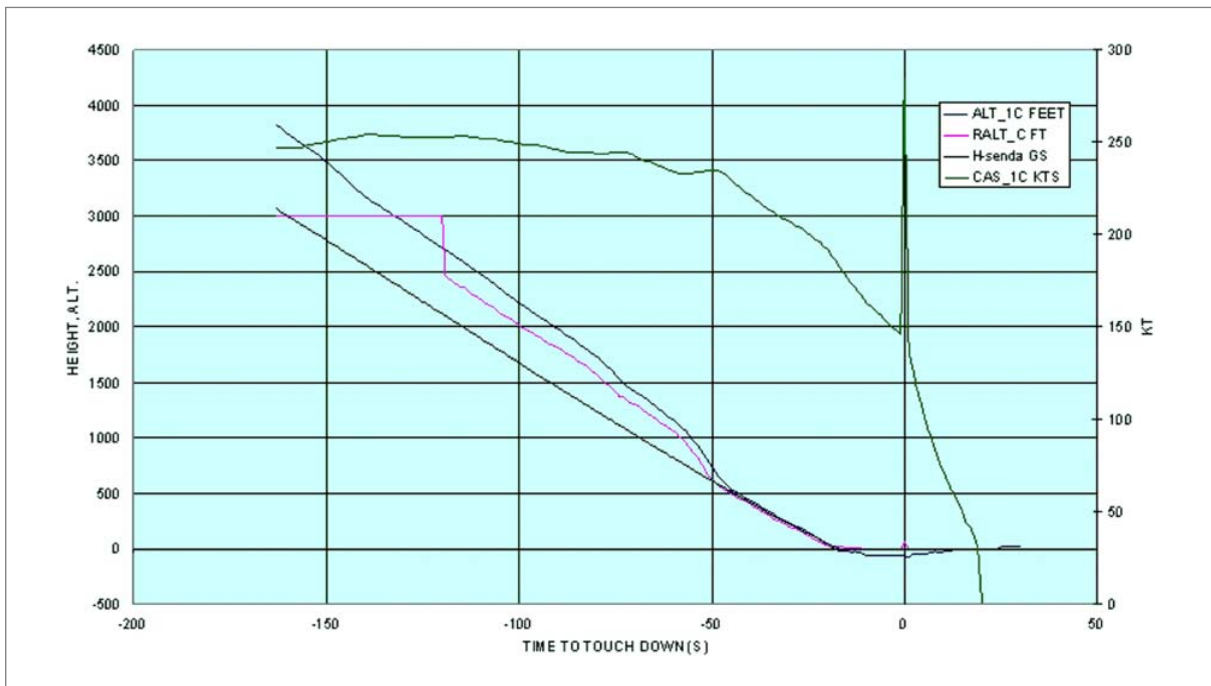


Figura 3. Velocidad y altitud durante la aproximación

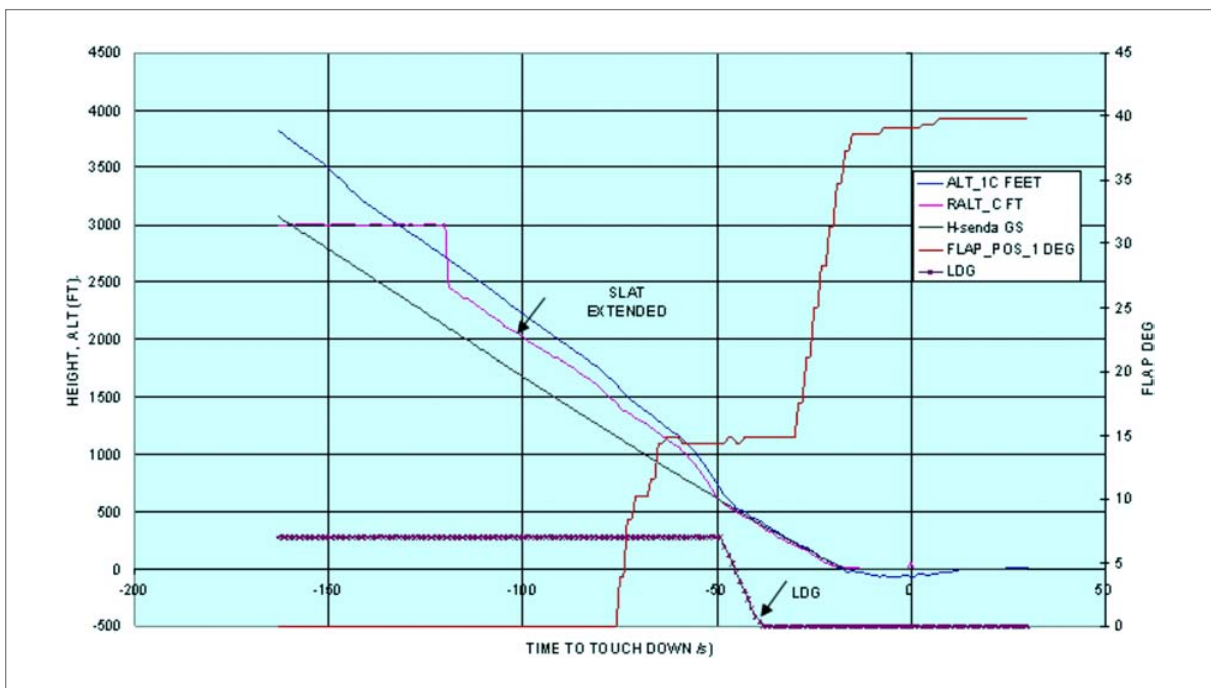


Figura 4. Configuración durante el aterrizaje

Los motores se ajustaron a potencia de ralentí durante toda la aproximación y no se demandó potencia de ellos hasta la frenada, con reversa desplegada, en la carrera de aterrizaje. La desviación de hasta -3 puntos respecto a la senda de planeo indica que el avión volaba bastante por encima de la senda.

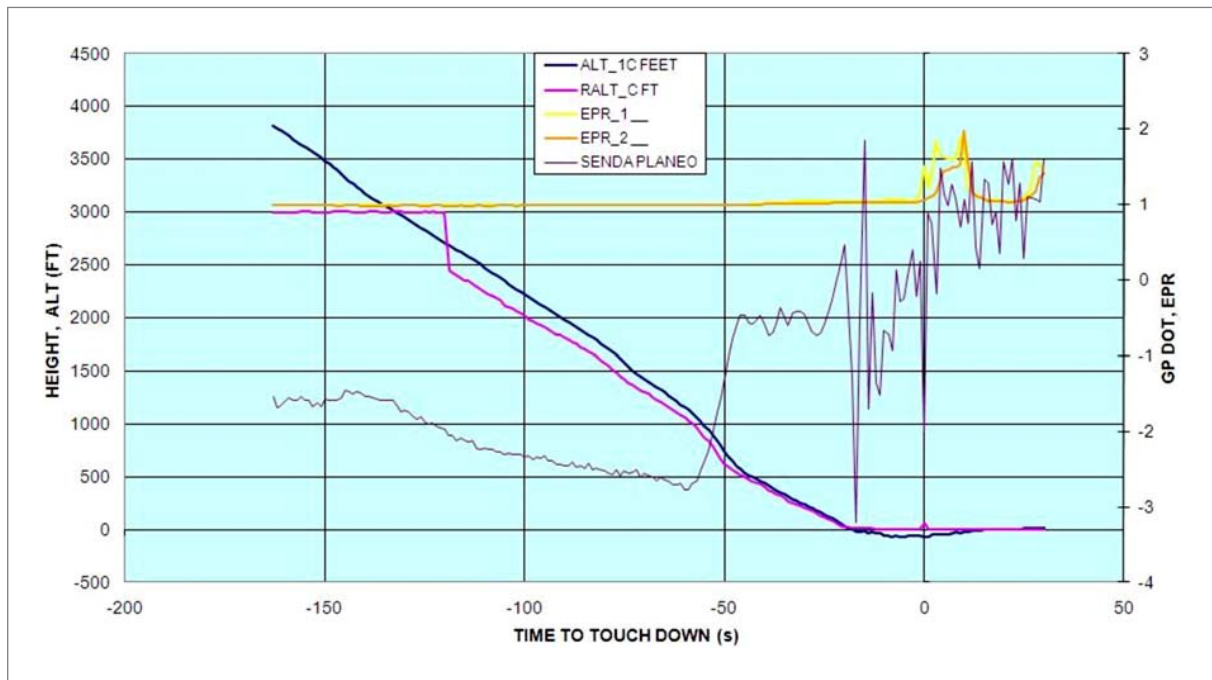


Figura 5. Desviaciones de la senda de planeo y EPR

El régimen de descenso de la aeronave en el tramo comprendido entre el FAF y el punto en el que tenía 500 ft de altura fue elevado, con una media de 1.648 ft/min, con un valor mínimo de 1.345 ft/min y un máximo de 2.900 ft/min. En el tramo final de la aproximación se redujo el régimen de descenso que tuvo una media de 385 ft/min, con un valor mínimo de 11 ft/min y un máximo de 2.396 ft/min.

Evolución de los parámetros en el aterrizaje

En el segundo cero, como ya se ha visto en anteriores gráficos, tanto la velocidad como la radioaltura muestran valores exagerados.

La altura de la rueda de morro se ha calculado teniendo en cuenta que la pendiente de la pista en la zona de contacto es nula, como la composición de la altura del avión con la tangente del ángulo de asiento por la distancia entre las ruedas principales a las de morro.

Esa altura se hace prácticamente nula desde 10 segundos antes de la toma positiva con el tren principal en el segundo 0. Ello implicaría que la pata de morro contactó con la pista unos 790 m antes de que lo hicieran las patas principales.

La grabación del parámetro discreto de compresión de la pata de morro muestra el valor correspondiente a posición AIRE durante toda la grabación hasta la parada del avión. Ello es debido a un problema que afecta únicamente a la grabación del parámetro, pero no al parámetro en sí mismo.

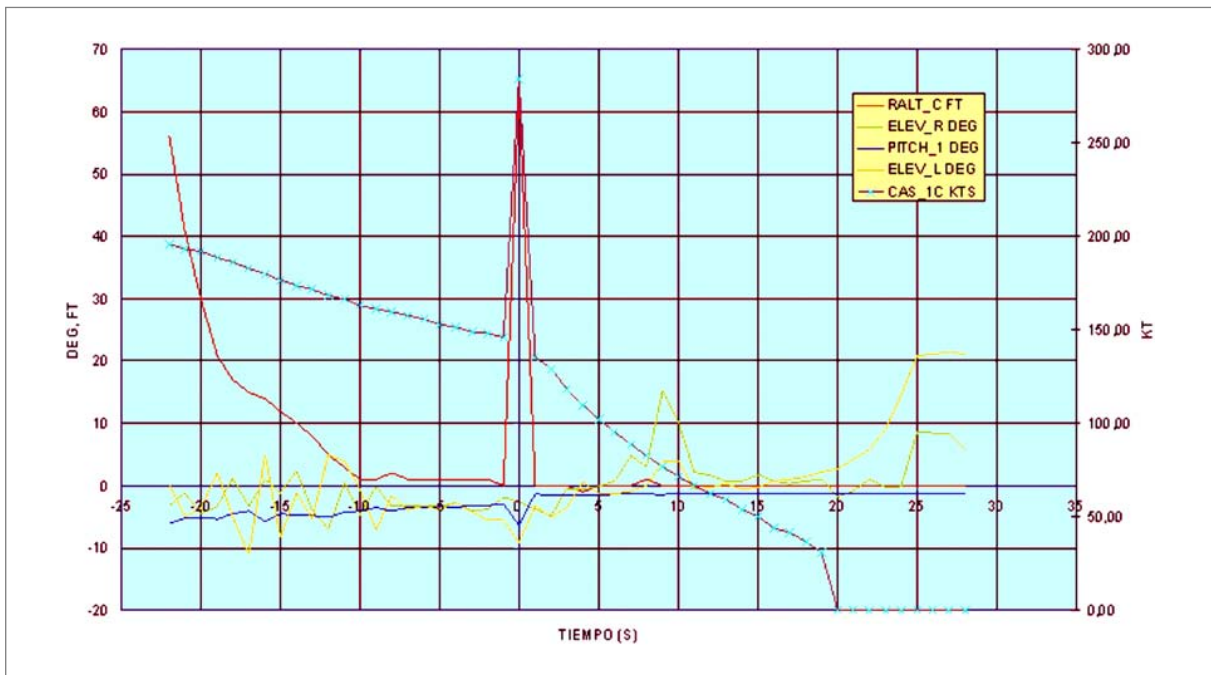


Figura 6. Evolución de varios parámetros durante la toma de tierra

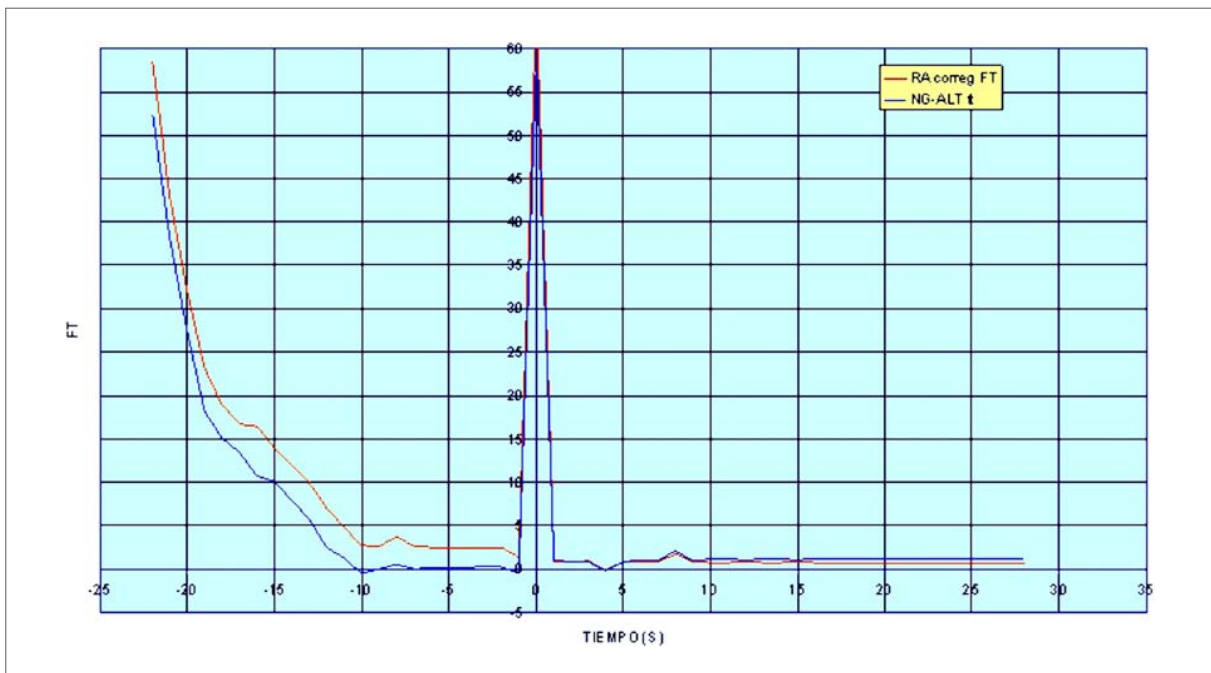


Figura 7. Radioaltura corregida y altura de la pata de morro

Se observa en los registros del DFDR que el avión volaba en corta final con una pequeña guiñada a la izquierda. Cuatro o cinco segundos antes de la toma aumentó bruscamente la guiñada a la izquierda; el piloto corrigió con fuerte pedal derecho y seguidamente volvió a mandar con timón derecho ante la tendencia del avión a seguir guiñando a la izquierda.

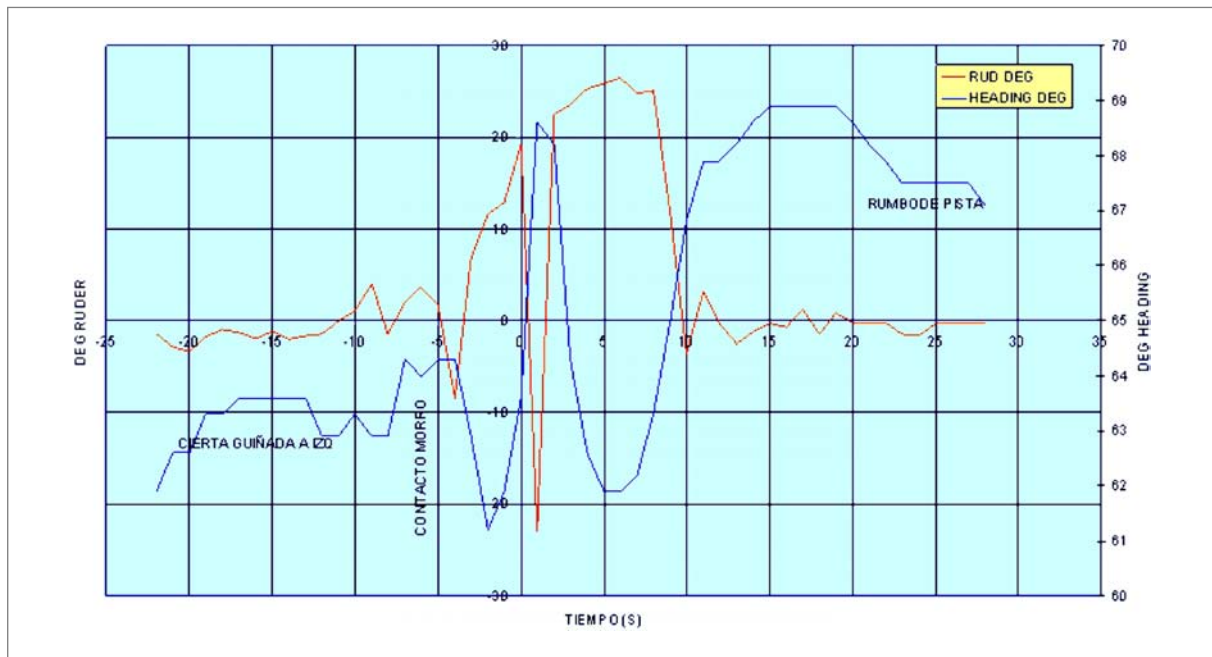


Figura 8. Evolución de parámetros de timón de dirección y rumbo

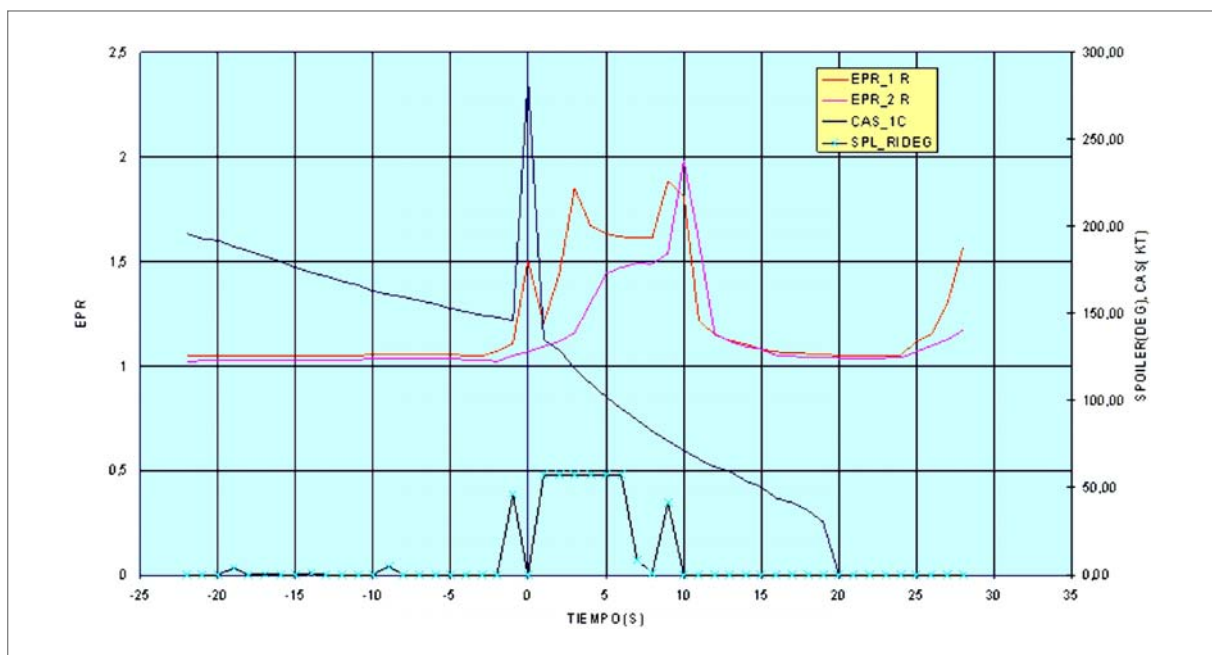


Figura 9. CAS, potencia de reversa y spoilers

Se añade además, aunque no está representado, que la inclinación lateral del avión era de 2° a la izquierda tres segundos antes de la toma.

El avión voló los segundos finales del planeo sin potencia de los motores. Los spoilers fueron desplegados un segundo antes del instante que se ha tomado como el de la toma, coincidente con una grabación, posiblemente espuria, de 4,89 g.

En el instante cero hay grabación de spoiler derecho replegado.

En la carrera de aterrizaje se puso potencia de reversa con valor de EPR de hasta 1,9.

Por otro lado y aunque esos parámetros no han sido aquí reproducidos, se añade, que cuatro segundos antes del instante de la toma los pedales de los frenos estaban pisados y el sistema estaba presurizado. En el instante cero los parámetros de presión de hidráulico y de posición de pedal derecho muestran asimismo, valores anómalos que se consideran espurios.

Los dos gráficos siguientes muestran, después de haber sido reordenados los datos, la variación de las aceleraciones longitudinales y laterales, que se toman y graban, en el DFDR, cuatro veces por segundo.

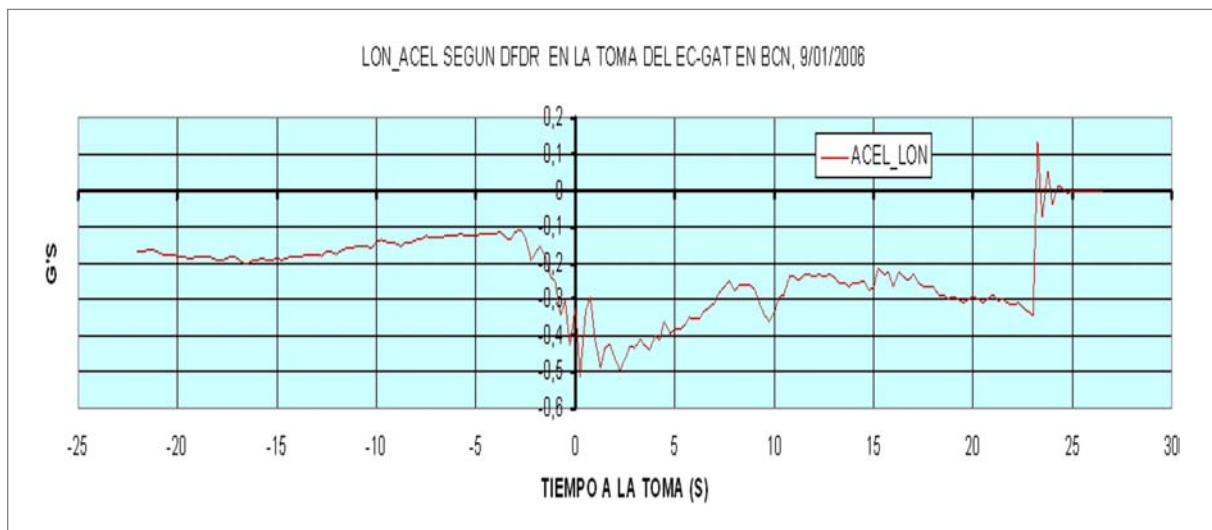


Figura 10. Aceleración longitudinal

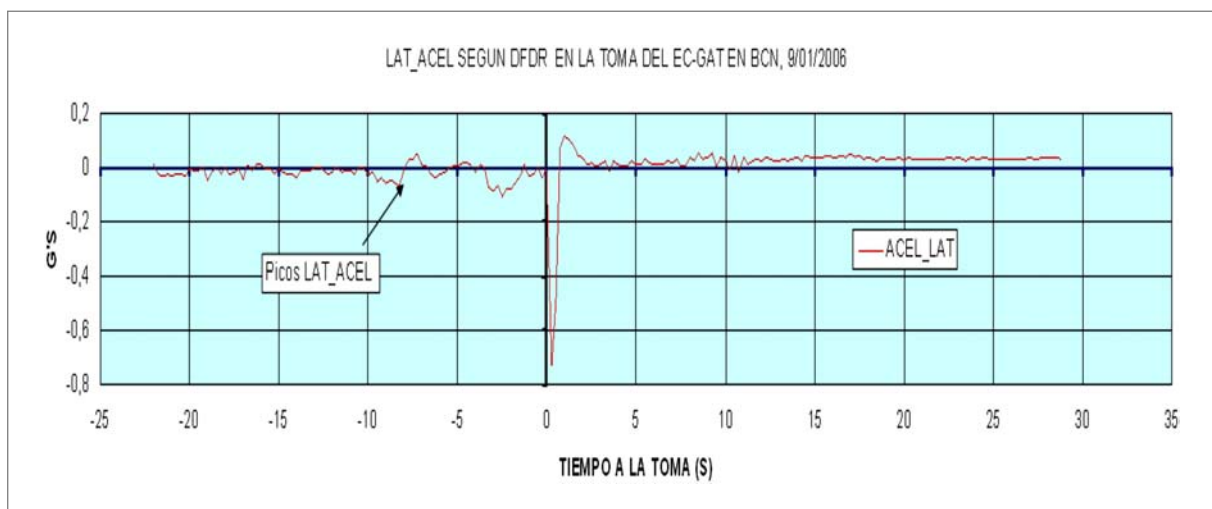


Figura 11. Aceleración lateral

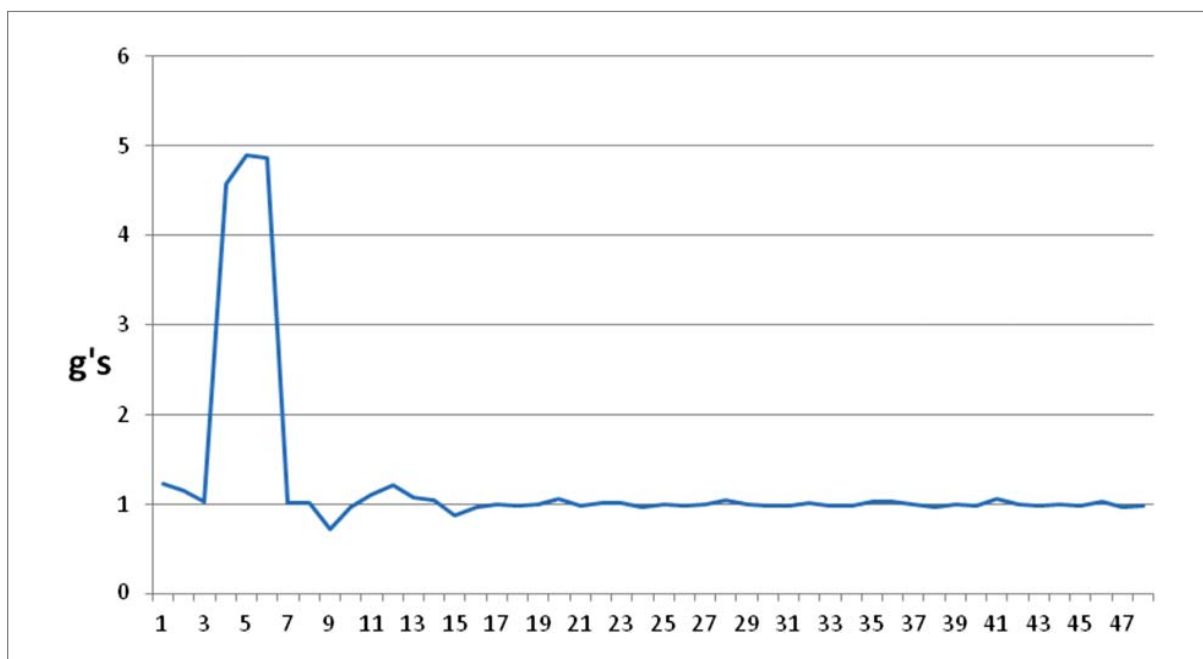


Figura 12. Aceleración vertical

En el Apéndice A se reproduce en forma de tabla numérica la evolución de los parámetros de aceleraciones laterales y longitudinales, juntamente con los de velocidad aerodinámica, orientación magnética, ángulo de cabeceo, revoluciones de los motores y flujos de combustible, entre otros.

1.9.2. Registrador de voces en cabina (CVR)

La aeronave estaba dotada de un registrador de voces de cabina, CVR, de la marca HONEYWELL, MODELO AV557C, P/N 980-6005-079.

La información se descargó obteniéndose una grabación correcta en los cuatro canales. Las voces grabadas confirman las transcripciones de las comunicaciones con la torre de control. Estas grabaciones se han sincronizado con las del DFDR en los momentos de activación de las comunicaciones VHF. De ellas se reproducen a continuación los siguientes hechos:

- Después de recibir la instrucción del controlador de ruta de que se dirigiesen directos a PERUK, el comandante comentó que no les iban a dejar bajar hasta pasar línea de costa.
- El copiloto contestó «si nos meten por Villafranca...». A lo que el comandante replicó que no, que les habían mandado por PERUK, nos han mandado por línea de costa que según el AIP...
- El copiloto comentó que PERUK está al final, y el comandante respondió que ya, pero que si llegaban a línea de costa antes de PERUK, iban a tener 5.000 ft.
- A las 08:53:38 fueron autorizados por el controlador a la pista 07R. Entonces el comandante preguntó al copiloto «¿a ver si podemos ir al fijo de la 7?».

- 12 s después el copiloto respondió «hay uno ahí, en la ocho, nueve, que debe ser éste». El comandante respondió «siete, ocho, fijo de la nueve», añadiendo segundos después «díselo, a ver que nos dice».
- 3 s después el copiloto solicitó a ATC autorización para volar al fijo de la milla nueve.
- El controlador les indicó que procedieran a su discreción, pero que mantuvieran 5.000 sobre el terreno y bajaran en línea de costa.
- El comandante comentó que «esto ya tiene otra gravedad...», a lo que el copiloto replicó que si iban a línea de costa y tenían que mantener 5.000 se iban a quedar altos, que deberían estar a 3.000.
- El comandante respondió que sí, pero que ya lo arreglarían, a lo que el copiloto contestó «o no lo arreglaremos».
- El comandante añadió «mi idea es... veré si un poco de speedbrake».
- 342 segundos antes de la toma reconocen los tripulantes que están relativamente altos.
- 134 segundos antes, comunican que están en final 07R.
- 114 s, el GPWS anuncia 2.500 ft.
- 103 s antes de la toma el CTE dice: «A tiro de hacer un *Power-off landing*».
- 65 s antes de la toma desconectan el autopilot.
- 56 s antes de la toma: El GPWS avisa el paso por 1.000 ft.
- De 51 a 28 s antes de la toma se suceden avisos repetidos del GPWS de «SINK RATE», «PULL UP» y «TOO LOW TERRAIN».
- 26 s antes de la toma avisa el GPWS DE «MINIMUM» y dos segundos después avisa de «SINK RATE» cuatro veces.
- 15 s se oye el aviso del GPWS de 10 ft. de altura.
- 8 s, el copiloto dice: «¿Qué pasa tío?» y dos segundos después «Frena, frena».
- 4 s, el CTE exclama «¡No frena, no frena!».
- 3 s, el copiloto dice: «¿Qué pasa tío?».
- 2 s se escucha sonido de sacar los spoilers.
- 1 s, antes de la toma el CTE insiste en que la aeronave no frena. En los segundos siguientes repiten sus apreciaciones de que no frenaba el avión.
- 2 s después de la toma se oye el ruido de los motores con las reversas desplegadas.
- 18 s, el CTE insiste en exclamar: «¡Para, para!».
- 26 s, el copiloto avisa a la torre de control de que están intentando sacar el avión de la pista.

En ningún momento de la grabación se escucha a la tripulación hacer la lista de chequeo «Before landing», ni que se leyeran las velocidades o los regímenes de descenso, ni eventuales alusiones a una posible frustrada, ni los «call-outs» a las alturas que estaban establecidos.

1.10. Huellas y marcas en la pista de vuelo

En la inspección de la pista 07R, posterior al incidente, no se descubrieron huellas de las ruedas de morro que se pudieran identificar. Por el contrario, las ruedas del tren

principal dejaron marcas notorias desde un primer punto situado a unos 1.600 m de la cabecera 07R con restos de goma y trozos sueltos.

Las primeras huellas corresponden a la rueda 1 seguidas de las de la rueda 2 en un tramo de 61 m de longitud. Las ruedas se numeran de izquierda a derecha visto el avión en el sentido de vuelo, de forma que la rueda n.º 1 es la exterior de la pata izquierda y la n.º 4 es la exterior de la pata derecha.

Desaparecen las huellas de las ruedas de la pata izquierda y reaparecen unos 20 m después. Las huellas de las ruedas 3 y 4 de la pata derecha se hacen evidentes unos 35 m más adelante y desde allí hasta la parada final de la aeronave existe continuidad en ellas.

Desde la primera huella hasta la parada del avión éste recorre 930 m.

Desde la posición del avión parado hasta el final de la pista restaban unos 140 m.

Las marcas dejadas por las ruedas son de restos y trozos de goma en general. La llanta de la rueda 1 rozó y dejó marcas metálicas poco después de la segunda aparición de sus huellas; la rueda 2 dejó marcas metálicas desde 415 m antes de la parada final.



Figura 13. Fotografías de las huellas en la pista

La fotografía general de las huellas permite apreciar como la aeronave realizó un pequeño quiebro a la izquierda poco después de apoyar las dos patas principales.

La aeronave se quedó parada ocupando la pista sin poder moverse por sus medios. Permaneció en esa posición hasta avanzada la tarde de ese día. Efectivamente, nueve horas después del evento se terminaron de cambiar las cuatro ruedas a la aeronave y ésta pudo ser remolcada fuera de la pista. Los trabajos de mantenimiento del aeropuerto continuaron durante la noche posponiendo la reanudación de la operatividad de la pista 07R-25L al día siguiente a las 07:00 h.

1.11. Incendios

Se produjo un incendio en la zona de la pata izquierda que fue sofocado por los servicios contra incendios del aeropuerto que llegaron pronto a pie de avión, pero después de que se hubiera iniciado la evacuación del avión.

1.12. Aspectos de supervivencia

5 pasajeros resultaron heridos leves en el desembarque, uno de los cuales fue reconocido en un centro hospitalario.

El comandante ordenó a la tripulación de cabina de pasajeros que procediesen a la evacuación de la aeronave, utilizando únicamente las puertas del lado derecho.

1.13. Ensayos e investigación

Se desmontaron junto con las ruedas y conjuntos de frenos, el interruptor del sistema de antiskid y diversos componentes de ese sistema para su estudio y comprobación en taller. Los resultados de las investigaciones y pruebas se detallan a continuación:

1.13.1. Inspecciones de ruedas y frenos

Se inspeccionaron las ruedas y los frenos desmontados de la aeronave tras el incidente. Se observó que las ruedas no tenían golpes ni daños distintos a los producidos al patinar y reventar.

Los fusibles térmicos no habían saltado y no había signos de sobrecalentamiento.

Los cojinetes de las ruedas no presentaban ninguna anomalía de desgaste, corrosión o decoloración.

Los conjuntos de frenos ofrecían en general un buen aspecto. Estaban dentro de normas en cuanto a desgaste y no presentaban daños distintos de los del roce con la pista. Se les sometió a pruebas de presurización comprobándose que los pistones presionaban con normalidad estatores contra rotores, y que se liberaba el apriete entre ellos al soltar la presión de hidráulico.

En la instalación de antiskid sólo se observaron daños en su cableado, resultante del fuego al que estuvo sometido.

1.13.2. *Pruebas del interruptor del antiskid*

El interruptor del antiskid se desmontó y se revisó en las instalaciones del fabricante del avión, para investigación de su posible contribución a las causas del incidente. El interruptor fue sometido a inspección por rayos X, pruebas de continuidad y resistencia eléctrica y después fue desarmado para comprobar el aspecto y desgaste de sus contactos.

Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios en cuanto a que todas las funciones del interruptor fueron normales y los desgastes eran los que cabía esperar después de haber estado en servicio el interruptor durante muchos años.

En definitiva, no se apreció ningún malfuncionamiento o anomalía en el interruptor.

1.13.3. *Pruebas de componentes del antiskid y autobrake*

Se desmontaron del avión y se enviaron a las instalaciones del fabricante, CRANE HYDRO-AIRE, INC, los cuatro transductores, o sensores de velocidad de las ruedas, P/N 40-62575, la Caja de Control del antiskid, P/N 42-607-1, el Control del Autobrake, P/N 42-809-3 y las cuatro servoválvulas de Antiskid.

El resultado general fue que todos los elementos habrían funcionado correctamente cuando estaban instalados en el avión EC-GAT el día del incidente.

1.13.4. *Integración de la aceleración longitudinal*

Para poder establecer una correspondencia entre los distintos instantes de grabación del DFDR durante la carrera de aterrizaje con las posiciones espaciales dentro de la pista, se ha integrado la aceleración longitudinal, de la que se dispone de sus valores espaciados un cuarto de segundo. La primera integración da la velocidad respecto del suelo y la segunda integración, la posición desde la posición final de parada del avión.

Los resultados de la primera integración se han comparado con los valores directamente grabados de la velocidad CAS corregida a TAS y han resultado ser ligeramente

superiores por lo que se ha intentado corregir unos eventuales errores del acelerómetro. En primer lugar un error de posición, $-0,0005$ g, determinado por el valor cuando el avión estaba en reposo; un segundo error proporcional a la magnitud de aceleración, que se ha determinado en un 2,34%, haciendo mínima la suma de las diferencias cuadráticas entre las velocidades grabadas y calculadas durante la frenada.

La segunda integración, teniendo en cuenta esos errores, permite estimar que:

- La aeronave sobrevoló la cabecera de la pista (2.520 m antes del punto de parada) en el segundo $-19,5$ s, antes del instante de la toma positiva, que se ha tomado como referencia de tiempos.
- La aeronave dejó la primera huella de tren principal en la pista (930 m antes de la parada), en el instante $-1,75$ s.
- La aeronave tocó por segunda vez con la pata izquierda en la pista en el instante $-0,75$ s.
- La aeronave apoyó definitivamente las dos patas en el instante 0 s en un punto distante 810 m del de parada del avión.
- Según esta integración las máximas aceleraciones verticales se registran unas décimas de segundo después, a unos 763 m de la parada definitiva.

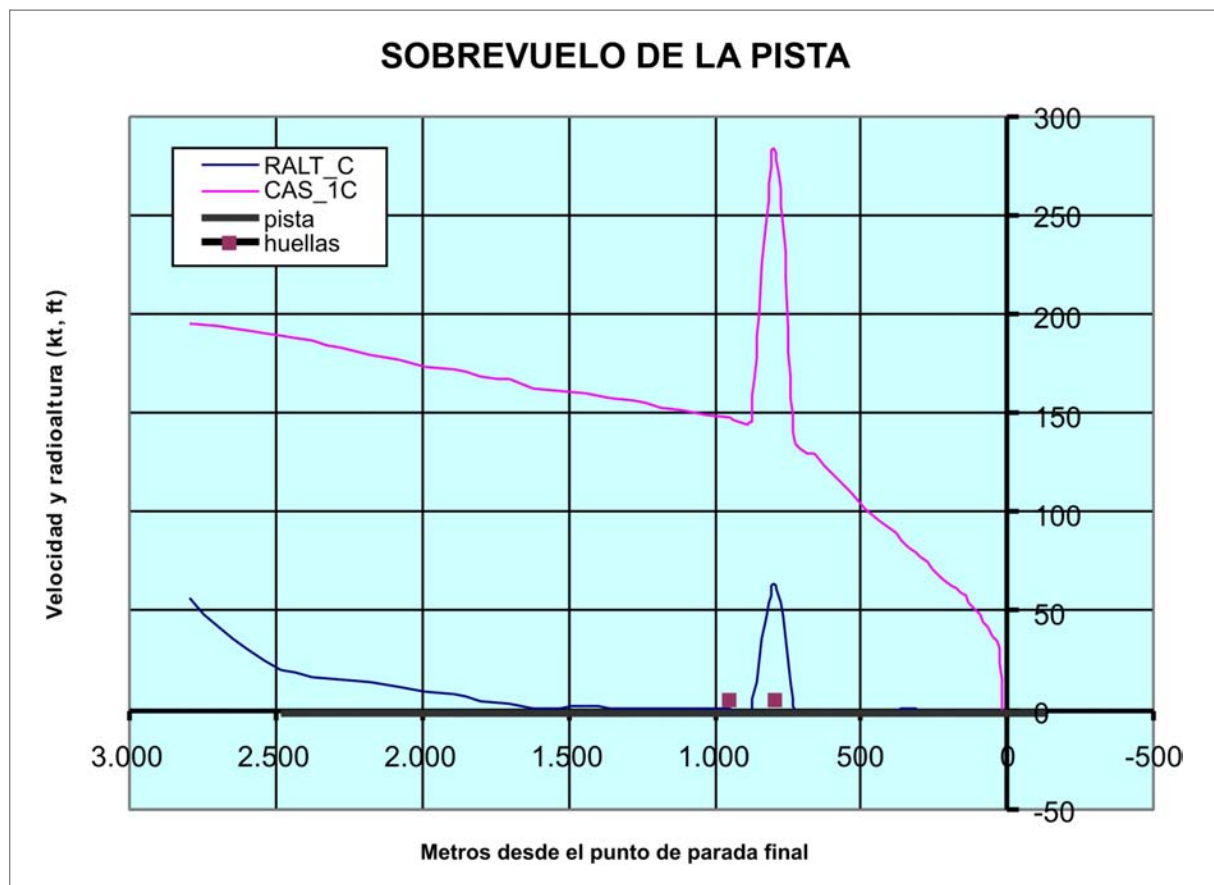


Figura 14. CAS, radioaltura durante el sobrevuelo de la pista

1.14. Información sobre organización y gestión

1.14.1. *Procedimientos de la compañía*

Listas de chequeo

El Manual de Operaciones del operador reproduce distintas Listas de Chequeo, de las comprobaciones y acciones que deben ejecutarse en ciertas fases del vuelo, entre ellas las de: Descenso, Aproximación y Aterrizaje.

La de Aterrizaje comprende entre otros puntos, comprobar la posición de flap de aterrizaje, y el armado del sistema de despliegue automático de spoilers. En la de Descenso hay un punto de «Landing Briefing».

Procedimientos normales de aterrizaje

En la sección de Procedimientos Normales se puede leer que «Si la aproximación no está estabilizada al pasar los 500 ft de radioaltura (RA), o si se hace inestable en una aproximación instrumental cerca de los "mínimos" se tiene que hacer un *go-around*».

«Durante las fases de aproximación, se recomienda firmemente una configuración limpia, antes de seleccionar flaps y si las condiciones lo permiten, antes del IAF.»

«Si se seleccionan flaps de aterrizaje antes de estabilizarse en la prolongación del eje de pista, en una aproximación en circuito, limitar el ángulo de inclinación lateral a un máximo de 30° y la velocidad a un mínimo de 15 kt sobre la velocidad de referencia...»

«La velocidad de aproximación final se deriva de la V_{ref} añadiendo un cierto incremento basado en el viento reportado. El incremento de velocidad no será menor de 5 kt ni mayor de 20 kt.»

«La velocidad de aproximación final corregida se mantendrá hasta la iniciación de la recogida.»

Se definen dos posiciones de flap de aterrizaje, de 28° y 40° y se recomienda no armar los spoilers por debajo de 500 ft.

Según los procedimientos de la compañía, la aproximación visual se considera estabilizada si se hace en la senda deseada, las alas deben estar niveladas antes de 500 ft de radioaltura, el tren abajo y flaps de aterrizaje. La velocidad entre +20 kt y -5 kt respecto a la velocidad de aproximación final corregida, el régimen de descenso menor de 1.500 ft/min y las palancas de gases en la posición LOW LIM o 1.10 EPR si el AT (Autothrottle) no está activado. El manual de operaciones indica también que si al pasar por 500 ft de radioaltura la aproximación no está estabilizada, debe frustrarse el aterrizaje y hacer «motor y al aire».

Se definen, en la aproximación ILS/VOR/NDB, los «call-out» o llamadas de atención que entre piloto y copiloto deben hacerse. Entre esas llamadas están las de «Flaps 28° or 40° selected» pedidos por el piloto y la de «Speed...» cantada por el piloto cuando los flaps están bajados, como confirmación de la nueva configuración. En la aproximación ILS se definen con mayor detalle estos «call-outs», como se reproduce seguidamente:

FLIGHT PROCEDURES - Approach

8.4.2 ILS Standard Callouts and Checks.

FLIGHT PHASE	PF		PNF	
	Duty	Call-out	Duty	Call-out
Approaching 1000 ft to level off	Check ALT/FL cleared and selected in FGS	"1000 to level off"	Check ALT/FL cleared and selected in FGS	
Passing 2500 ft R/A	Check R/A and QNH		Check R/A and QNH	"R/A 2500 ft"
On final intercept heading	Check FMA	"ARM VOR"	Check FMA	"VOR ARM"
LOC moving	Check PFD/ADI	"LOC ALIVE"	Check PFD/ADI	"LOC ALIVE"
LOC capture	Check FMA	"LOC CAPTURE"	Check FMA	"LOC CAPTURE"
LOC track	Check FMA	"LOC TRACK"	Check FMA	"LOC TRACK"
G/S moving	Check PFD/ADI	"G/S ALIVE"	Check PFD/ADI	"G/S ALIVE"
G/S capture	Check FMA	"G/S CAPTURE"	Check FMA	"G/S CAPTURE"
G/S track	Check FMA	"G/S TRACK"	Check FMA	"G/S TRACK"
OM or EQUIVALENT POSITION (if marginal)	Check altitude	"ALT CHKD"	Check altitude	"OUTER MARKER ALT CHKD STABILIZED"
1000 AAL	Approach stabilized		Approach stabilized	"1000 ft stabilized" or "1000 ft not stabilized".
AT DH + 100	Look out for VIS REF			"PLUS HUNDRED"
Speed deviations (-5/+10 kts)			Check speed	"TARGET PLUS/MINUS"
Rate of descent. (More than 1000 ft below 2500 ft R/A)			Check VSI	"SINK RATE"
AT DH	Confirms ACFT is correctly positioned on the RWY	If visual reference is established "CONTACT"	Monitors primary instruments and FMA	"MINIMUM" (If "CONTACT" is not announced by PF "GO ARND")
Glide slope deviations (more than half DOT). Localizer (1/3 dot or full expanded)			Check PFD/ADI	"GLIDEPATH/ LOCALIZER" "GO AROUND"
Approach lights or runway in sight			If PF has not given visual contact	"LIGHTS or RUNWAYS"
Visual reference		"VISUAL CONTACT"		
If not visual reference al DA/DH or MDA/DH/DP			Check DA/DH or MDA/DH/DP	"MINIMUMS GO- AROUND"
GO-AROUND	Beginning go-around	"GO-AROUND"	Perform	
At Main Gear Spin up			Check spoilers extended	"Spoilers" If not "NO SPOILERS"
50, 30, 20, 10 R/A			Check R/A	Autocallout "R/A 50, 30, 20, 10"

Por otra parte, en el Manual de Operaciones Parte B. Normal Procedures. 2.7/7 Punto 7, se exponen los criterios que establece la compañía para definir una aproximación estable, que son los siguientes:

Flight path	Precision Approach	Maximum deviation from localizar an glidepath one dot.
	Visual Approach	Along the desired flightpath. Wings must be level at or before 500 ft RH.
	Non-precision and circling Approach	Along the desired flight path. Wings must be level at or before 300 ft RH.
Configuration	Landing gear	Down.
	FLAPS/SLAT position	28 or 40/LAND.
Speed		Maximum deviations plus 20 kts and minus 5 kts from corrected final approach speed
Rate of descent		Maximum 1,500 ft per min.
Power setting		Throttles at minimum LOW LIM position or minimum 1.10 EPR if AT is not engaged.

CDA – Aproximación en descenso continuado

Dentro de los procedimientos normales que se encuentran en el Manual de Operaciones, está el procedimiento CDA. Se recomienda en él, un perfil de descenso

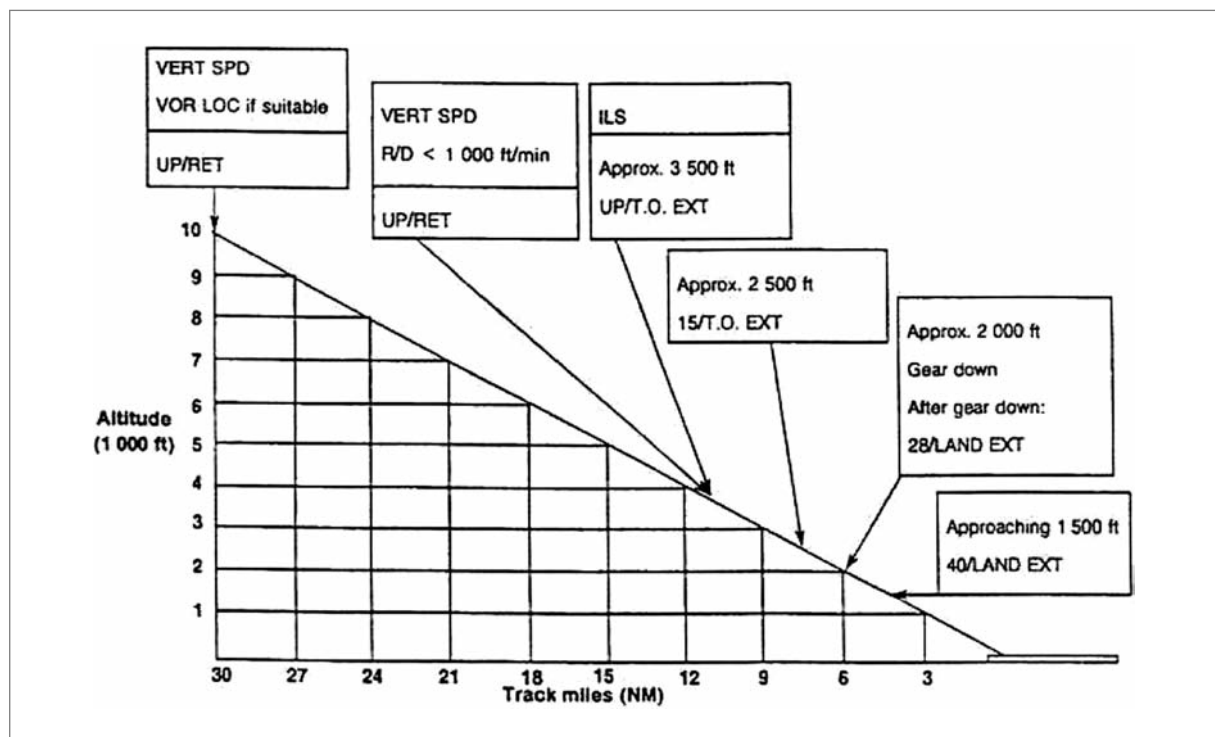


Figura 15. Perfil de descenso CDA

como el de la figura anterior, cuando en un aeropuerto no hay restricciones de ATC y las condiciones meteorológicas hacen prever una aproximación por derecho. El perfil se basa en una selección de potencia a ralentí hasta que se selecciona la configuración de aterrizaje y un descenso de 1.000 ft por cada 3 NM. La velocidad vertical a la que se debe tender está dada por la fórmula $V/S = (\text{velocidad respecto a tierra}/2 \times 10)$.

1.15. Información adicional

1.15.1. Declaraciones y entrevistas con la tripulación técnica

En una entrevista de los investigadores con la tripulación y personal de operaciones de Spanair se afirmó que:

En el vuelo anterior se aterrizó en Bilbao con autobrake, los spoilers salieron bien y abandonaron la pista por la primera salida.

El vuelo del incidente de Bilbao a Barcelona se hizo con toda normalidad; no se observó ninguna anomalía de frenos durante el rodaje de salida.

Preguntados si habían comprobado la posición del interruptor del antiskid, manifestaron que se chequea antes de cada vuelo y que en este caso también se hizo.

Tenían un peso al aterrizaje de 114.000 lb. Las velocidades de aproximación que calcularon eran: V_{ref} , 124 kt, y V_{target} , 130 kt.

Era la primera vez que hacían la aproximación por el sur desde que cambiaron el TMA dos meses antes.

Solicitaron ir directamente al fijo de 8,9 NM sin pasar por el punto PERUK que está a 12 NM.

Trataron de hacer un CDA («Continuous Descend Approach»). Les autorizan al fijo de 8,9 NM y les informan de que deben mantener 5.000 ft hasta la línea de costa.

En su opinión siguieron la senda bien pero tenían exceso de velocidad.

A 9 NM del final el PF desconectó el piloto automático y no usaron el autobrake.

A 200 kt bajaron flap 28 y luego, por debajo de 190 kt, sacaron flap 40°.

No supieron responder si estaban o no desestabilizados.

La toma fue suave con el tren principal con una recogida marcada. Al llegar a la zona de toma de contacto (TDZ) notan la flotación.

Toma de contacto un poco antes de G7, se aplican frenos y advirtieron que no actuaban. Ambos pilotos ejercieron presión sobre los pedales de frenos.

No notaron que el avión se fuera a ningún lado. No se desplegaron los spoilers, aunque no están seguros de que fueran armados. Los sacó manualmente el piloto a los mandos sin recordar si lo hizo antes o después de pisar los frenos. Una vez que pisan frenos ya no los sueltan.

La reducción de velocidad no era coherente con la frenada que estaban aplicando.

El PF aplica reversas con gran potencia.

Una vez detenido el avión aplican motor para intentar abandonar la pista pero el avión no se mueve.

Creen que funcionó mal el antiskid y que de no haber tenido pista suficiente se habrían salido de ella, porque deslizaron.

Cuando después de parar TWR les avisa de que hay fuego en la pata izquierda ordenó la evacuación por el lado derecho.

La tripulación auxiliar les dijo que notaron dos explosiones, ya al final del aterrizaje.

Aunque los bomberos acudieron rápidamente, cuando llegaron y empezaron a rociar espuma por el lado de sotavento ya habían descendido a tierra del avión los 90 pasajeros.

Creen recordar que el copiloto intentó, pero no pudo, poner el freno de aparcamiento. Los pedales estaban bloqueados. No miraron la temperatura de frenos.

Afirman que en el aterrizaje el interruptor del sistema de antiskid estuvo siempre conectado y que no usaron «autobrake».

La impresión de ambos pilotos es que «ha existido un problema mecánico en el sistema de frenado del avión». «Algún fallo de Antiskid».

1.15.2. *Declaraciones del controlador de la torre de control del aeropuerto*

El controlador manifestó que unos segundos después de tocar tierra la aeronave EC-GAT se empezó a desprender humo blanco; que la alarma fue pulsada cuando la aeronave estaba todavía en movimiento.

Por otra parte, indicó que a la aeronave siguiente en aterrizaje, que estaba a unas 6 NM detrás, se le dieron instrucciones de «motor y al aire».

1.16. Defectos revelados en operaciones de aterrizaje en este operador

El día 23 de enero de 2005 una aeronave DC-9-83, operada por Spanair, realizó una toma dura en el aeropuerto de Asturias, a consecuencia del cual la aeronave sufrió daños en el fuselaje y la pérdida de un deflector del tren principal derecho.

La investigación de este suceso puso de manifiesto la existencia de ciertos defectos en los procedimientos de aproximación que tenía establecidos el operador, que dio lugar a la emisión de varias recomendaciones, dos de las cuales, 14/2009 y 15/2009, guardan cierta relación con el incidente estudiado en este informe, cuyo tenor es el siguiente:

REC 14/2009. Se recomienda a SPANAIR que:

Complete la definición de CALLOUTS en la aproximación incluyendo los criterios de corrección que se deben seguir, tanto para aproximaciones manuales como automáticas, en caso de que se detecten desviaciones según se recoge en la propia definición de los CALLOUTS.

Incorpore a su Manual de Operaciones de la flota de MD los «CALLOUTS» de aterrizaje necesarios para impedir el contacto de la cola, las góndolas de los motores o los extremos de los planos.

REC 15/2009. Se recomienda a SPANAIR que revise su Manual de Operaciones, y en general toda la documentación donde se recojan los criterios de emisión de CALLOUTS en las aproximaciones, para que exista homogeneidad en la definición de los criterios que se siguen para emitir CALLOUTS en la aproximación.

2. ANÁLISIS

El hecho de que no haya quedado registrado en el DFDR el parámetro Tierra/Aire, que indicaría el momento en el que la rueda de morro contactó con la pista de vuelo, aconseja analizar la operación de la aeronave en sentido inverso al correr del tiempo, empezando por el punto en el que quedó detenida y retrocediendo hasta el inicio de la aproximación, considerando los hechos y evidencias encontrados.

2.1. Frenada del avión en la carrera de aterrizaje

Es evidente que las ruedas se bloquearon y patinaron; no giraron las ruedas y los conjuntos de frenos no disiparon energía, como demuestra el hecho de que los fusibles térmicos no saltaran en ninguna de las cuatro ruedas.

Desde el principio se puso la atención en el sistema de antiskid, del que está dotada la aeronave, precisamente, para que no se puedan bloquear las ruedas cuando se frenan. Hay certeza de que el sistema estaba activado por las declaraciones de los pilotos y de las personas que entraron en la cabina de vuelo por primera vez tras la evacuación y vieron el interruptor del antiskid en «ON». Por otro lado, todos los informes y resultados de pruebas realizadas en la instalación y en los componentes del sistema confirman que su estado era de funcionamiento normal y que el sistema de antiskid en el avión debería haber trabajado normalmente.

El sistema está diseñado para que se puedan frenar enérgicamente todas las ruedas, pero permitiendo que se libere inmediatamente presión hidráulica de frenado en una de ellas si ésta pierde revoluciones frente a las demás, anticipando un bloqueo incipiente. Sin embargo, en el momento del primer contacto con tierra en el aterrizaje se debe dejar que las ruedas se revolucionen rápidamente. Por esa razón existe una «protección de toma de tierra» que evita que los frenos actúen hasta cierto instante posterior a la toma. En un aterrizaje normal el avión tras la recogida levanta el morro, las ruedas principales descienden hasta el suelo, tocan la pista y se revolucionan; se despliegan los «ground spoilers», que destruyen la sustentación y permiten que todo el peso de la aeronave gravite sobre el suelo. Mientras tanto, desciende el morro, tocan las ruedas de morro el suelo y se comprime su amortiguador, momento en el que se activa un circuito que da señal electrónica de que el morro está en el suelo. El antiskid utiliza esta señal e inhibe la frenada, aunque los pedales de freno estén pisados, hasta que no transcurre un intervalo de tiempo calibrado entre 1,5 s y 5 s.

Las grabaciones del DFDR registran el parámetro AIRE/TIERRA del sensor de pata de morro que podría señalar el segundo exacto del contacto. Sin embargo, en esta ocasión, desde la rodadura y despegue del vuelo en Bilbao hasta el final del aterrizaje, el valor grabado era permanentemente «AIRE». Como esa señal afecta a otros muchos sistemas del avión, el fallo del microinterruptor aire/tierra de la pata de morro hubiera sido evidente para la tripulación, por lo que se estima que la constante grabación del valor «AIRE» se debe a una anomalía del propio DFDR. No obstante existen numerosos indicios que permiten afirmar que la aeronave hizo contacto con tierra con las ruedas del morro varios segundos antes de que apoyara el tren principal.

Se ha tomado como referencia de tiempos, segundo 0, aquel segundo en el transcurso del cual se registraron las mayores aceleraciones verticales, que marcan el instante de una toma positiva. Por los cálculos de integración de la aceleración longitudinal y la situación de las huellas de los neumáticos en la pista, se estima que la aeronave rozó la pista con la pata izquierda y dio un pequeño bote en el segundo $-1,75$. En el segundo 0 tocó la pata derecha y unas décimas de segundo más tarde es cuando se alcanzó la máxima lectura, posiblemente espuria, de aceleración vertical.

En este contexto, se determinan las razones por las que se pueden asumir periodos de varios segundos de tiempo de contacto de la rueda de morro con la pista, antes de que lo hicieran las ruedas principales:

1. Los datos del DFDR (véase Figura 6), muestran que la aeronave, en los momentos de la toma, tenía un ángulo de asiento de -3° morro abajo. Componiendo la altura RA del avión y su inclinación, se puede calcular la altura del punto de la rueda de morro. La rueda de morro pudo tocar el suelo desde 10 segundos antes del segundo cero de referencia de grabación y unos 8,5 s antes del primer roce de la rueda #1
2. En la Figura 8 se puede observar una guiñada repentina a la izquierda que ocurre antes del segundo -4 s, es decir, 2,25 s antes de la primera rozadura del tren principal izquierdo. Se estima que esta guiñada fue provocada por el contacto de la rueda de morro cuando la aeronave descendía con cierta guiñada debido al viento de costado izquierdo.
3. Las oscilaciones de la aceleración lateral (véase Figura 10), durante la aproximación se hacen de repente más amplias en el segundo -8 s lo que se puede atribuir a fuerzas en el tren de morro cuando todavía no había apoyado el tren principal.
4. La sincronización de las grabaciones de CVR muestran que desde el segundo $-7,75$ s los pilotos perciben algo extraño y se urgen mutuamente a frenar, «FRENA, FRENA». Se estima que, aunque las ruedas principales no estaban en el suelo, la rodadura de las del tren de morro les hacía sentir que estaban ya en tierra.
5. Las declaraciones de la tripulación sostienen que hicieron contacto a la altura de la salida de la calle G-7, sin embargo las primeras huellas del tren principal se encontraron a la altura de la calle G-6, unos 600 m más adelante. La aeronave que iba a unos 160 kt tardaría en recorrer esa distancia 7 u 8 segundos, lapso de tiempo en el que sólo las ruedas de morro estarían en contacto con la pista.

Los pedales de frenos estaban pisados y el sistema estaba presurizado desde 4 ó 5 segundos antes de la toma positiva del tren principal. Cuando el tren principal entró en contacto con el suelo ya habían pasado varios segundos desde el contacto de las ruedas de morro y la «protección de toma de tierra» ya se habría cancelado. En esas condiciones las ruedas principales estarían bloqueadas y permanecerían bloqueadas el resto de la carrera de aterrizaje. Se estima, por lo tanto, que la causa de que las ruedas se bloquearan, patinaran y reventaran fue la anómala actitud del avión que hizo una toma de morro, manteniendo el contacto de la rueda de morro con la pista durante varios segundos, antes de que las ruedas principales entraran en contacto con la pista.

Se piensa que, durante la toma de tierra, los sistemas de la aeronave funcionaron normalmente como también sugieren los resultados satisfactorios de las pruebas e inspecciones realizadas a la aeronave y a los componentes.

La grabación de aceleración lateral (Figura 10), muestra un valor alto, a la izquierda, de 0,727 g, instantes después de la toma, segundo 0,25 s que se corresponde con el quiebro en la trayectoria que se observa en la foto de la figura 1.9.1.

El control lateral de la aeronave se hizo sin dificultad, puesto que se disponía de mando aerodinámico y de dirección de la rueda de morro, lo que permitió mantener el avión

centrado en la pista hasta el final a pesar de los reventones de ruedas. La aeronave deslizó hasta su parada sin el control de la frenada de las ruedas, como notó y apreció la tripulación.

Se compensó la menor fricción de las ruedas que patinaban con una potencia de reversa muy alta.

Al final, tras la parada del avión, las ruedas reventadas y las llantas limadas impedían que las ruedas pudieran rodar para salir de pista.

2.2. Sobrevuelo de la cabecera de pista y toma de tierra

Según los datos del DFDR y la integración de la aceleración longitudinal, la aeronave sobrevoló la cabecera de la pista 07R con una altura de unos 30 ft, con una velocidad de 190 kt y motores en ralentí. La configuración era de tren abajo y cuando el flap, que estaba bajando en ese momento, pasaba por la posición de 33°. El exceso de velocidad de 60 kt sobre la de referencia corregida, o «target», justifican el largo planeo de 1.520 m de longitud que tuvo la aeronave, de acuerdo con cálculos similares a los planteados en 1.12.4.

El avión MD-83, en las condiciones del vuelo, necesita un coeficiente de sustentación $C_L = 1,00$ para volar a 180 kt. El ángulo de ataque (de fuselaje) para alcanzar ese C_L es de 0° en aire libre y de -3° con efecto tierra.

Al final de ese planeo la velocidad se reduciría a 148 kt. El avión iría también sustentado parcialmente por el morro apoyado en la pista y la cola tirando para arriba haciéndole picar.

Durante el desplazamiento sobre la pista se supone que, anulada su velocidad vertical, el avión iba con la rueda de morro rodando por el suelo y con el centro de gravedad alto, y el tren principal elevado sobre la pista.

El PF sacó manualmente los spoilers en el segundo -1. Como en ese momento el tren principal se encontraba aún en el aire, se produjo el desplome del avión y se registró su impacto en el segundo siguiente.

Aunque las ruedas principales no hicieran el «spin-up», es decir, no se revolucionaran, como ya la rueda de morro estaba tocando el suelo se había retirado la salvaguarda que impide el despliegue de spoilers en vuelo. Por otro lado, se puede confirmar que los «ground spoilers» no estaban armados, como se recomienda en un aterrizaje sin potencia, pues en ese caso se hubieran desplegado automáticamente al apoyar la rueda de morro y recibir señal de «suelo».

Como afirmó la tripulación, la toma fue suave, pero se hizo con el tren de morro. Después ocurrió el desplome, el cual desde el punto de vista de la frenada del avión, fue oportuno pues, de otra manera, muy posiblemente el avión se hubiera salido por el final de la pista.

Posiblemente, como consecuencia del desplome se alcanzaron valores apreciables de aceleración vertical, que provocaron errores en la lectura y/o la grabación de alguno de los parámetros que registra el DFDR. Se ve en la tabla 1.8.1 que los parámetros que reflejan valores anómalos en ese segundo son aquellos que se graban en torno a los instantes de aceleraciones altas. La misma señal de spoilers puede ser espuria en el segundo 0, en el que se registra como momentáneamente replegado (SPL-RH es la palabra 25 y la primera grabación alta, VERT-D, es la palabra siguiente, la 26).

2.3. Aproximación en corta final

Se analiza en este punto como volaba el avión en los críticos últimos 500 ft de descenso. Como se aprecia en las figuras 3, 4 y 5, al pasar por los 500 ft de altura RA, en el instante -45 segundos antes de la toma, llevaba 229 kt de velocidad, la posición de flap era de 15°, la potencia de los motores nula y el tren estaba en tránsito bajando. Se esperó a reducir la velocidad a menos de 205 kt para solicitar más flap y no se alcanzaron valores altos de flap hasta el segundo -15, sobrevolando ya la pista, en el que alcanzó 38,7°. El DFDR muestra que el flap todavía siguió bajando hasta 39,1° posición que alcanzó poco antes del primer contacto de las ruedas con el suelo.

A partir de 100 ft por encima de la altura de decisión, el PNF debería haberse concentrado en la vigilancia y detección de cualquier desvío significativo de la trayectoria y/o de los instrumentos, advirtiendo sobre ellos al PF mediante el uso de los «call outs» reglamentarios.

En este caso, a pesar de haberse dado condiciones para ello, no parece que el PNF emitiera ningún «call-out», puesto que no se han escuchado en el CVR.

Asimismo, durante esta fase de la aproximación el GPWS emitió varios avisos de «sink rate», «pull up» y «too low terrain», ante los que la tripulación debería haber reaccionado tomando las acciones correctoras precisas.

Al pasar por 500 ft de radioaltura la aeronave no cumplía los requisitos de aproximación estabilizada, ya que aunque volaba a lo largo de la senda de planeo correcta, la velocidad era demasiado alta y la configuración del avión, tren y flap, estaba todavía cambiando, motivo por el cual la tripulación debería haber frustrado la maniobra y hecho «motor y al aire».

Como no se hizo la Lista de Comprobación de antes de aterrizar, el piloto pudo olvidar armar los «ground spoilers».

2.4. Aproximación en final

Cuando la aeronave interceptó el fijo FAF a 8,9 NM (16,5 km) de la pista su altura era de unos 3.700 ft, 800 ft por encima de la senda de aproximación en ese punto, y su velocidad era de unos 250 kt, que era superior en 121 kt a la velocidad de referencia en la toma, y que también superaba la velocidad máxima de extensión de flap. La aeronave en esas condiciones tenía un gran exceso de energía, tanto cinética como potencial. La tripulación necesitaba reducir ese exceso a fin de conseguir que la velocidad en el punto de decisión no excediese en más de 10 kt a la de referencia, y que su altitud fuese la adecuada.

La única forma de disipar esa energía era aumentando la resistencia de la aeronave, es decir, utilizando configuraciones «sucias». Dado el exceso de velocidad y altura que tenía la aeronave, era preciso acometer esas acciones lo más pronto posible.

La velocidad que tenía la aeronave cuando interceptó el FAF permitía extender el tren de aterrizaje. Sin embargo, la tripulación no realizó esta acción hasta 91 s después, y tampoco hizo uso de los frenos aerodinámicos.

A causa de ello, la deceleración de la aeronave fue lenta. Los slats comenzaron a extenderse 111 s antes de producirse la toma, es decir, 29 s después de alcanzar el FAF, en tanto que los flaps comenzaron a extenderse 36 s de comenzar a hacerlo los slats, alcanzando los 15° de deflexión 30 s después. En resumen, en los 95 s siguientes al paso del FAF la tripulación únicamente actuó sobre los flaps/slats deflectándolos a 15° y MID, respectivamente. En este intervalo de tiempo la velocidad se redujo únicamente en 25 kt, hasta alcanzar 229 kt, con lo que aún mantenía un gran exceso de velocidad sobre la V_{ref} , si bien la radioaltura ya era la correcta, 503 ft.

De acuerdo a los procedimientos de la compañía una aproximación estabilizada no debería tener un régimen de descenso superior a 1.500 ft/min. Durante esta fase de la aproximación el régimen medio de descenso fue de 1.648 ft/min, con un valor máximo de 2.900 ft/min.

Asimismo, los procedimientos establecen que a 1.000 ft de radioaltímetro el PNF deberá chequear las condiciones de la aeronave y dar el «call-out» correspondiente: «1.000 ft stabilized» or «1.000 ft not stabilized».

En el CVR no se ha escuchado el «call-out» correspondiente.

En las entrevistas el PF dijo que su intención era hacer un CDA (Aproximación en descenso continuado). Ese procedimiento, tal como se recoge en el Manual de Operaciones del operador no es un procedimiento para esa fase del vuelo de aproximación final, sino solamente un procedimiento estándar para conectar el descenso de crucero a la aproximación inicial de tal manera que en «final» se puedan retomar los procedimientos normales de aterrizaje.

El procedimiento CDA, con todo, establece una configuración de tren abajo y flap de 28° al pasar a 2.000 ft de altura el punto de la milla 6 antes del aterrizaje. La aeronave en este vuelo no cumplía este criterio (véase Figura 15).

2.5. Aproximación inicial

Hasta los momentos de acercarse a Barcelona y proceder a la aproximación inicial el vuelo era en todo normal.

En una de las últimas comunicaciones con control de ruta, el controlador les indicó que volasen directos a PERUK y les autorizó a bajar a 5.000 ft. Del contenido del CVR se desprende que la tripulación era consciente de la limitación de bajar de 5.000 ft hasta pasar la línea de costa, y que en esas condiciones llegarían a PERUK altos.

Sin embargo, antes de alcanzar el punto de aproximación inicial (IF), PERUK, que está a 12 NM de la pista y en su prolongación, comunicaron a Control que su velocidad era alta y solicitaron volar directos al punto FAF, que está a 9 NM de la pista. Esta solicitud vino realmente a empeorar la situación, puesto que de esta forma disponían de un menor margen para disminuir su velocidad.

Cuando comenzaron el descenso desde los 5.000 ft, con velocidad de 260 kt tuvieron oportunidad de seguir con una velocidad vertical de descenso un poco superior a la acostumbrada o abrir el viraje de final para aumentar la distancia de planeo; eligieron lo primero, pero no tomaron acciones para perder el exceso de altura y velocidad que tenían, para lo que deberían haber «ensuciado» aerodinámicamente el avión. Según recoge el CVR, la tripulación mencionó su deseo de desplegar los aerofrenos, pero no lo hicieron en la medida y en el tiempo que hubiera facilitado una aproximación final más cómoda.

2.6. Incendio y evacuación

La tripulación no se fijó en la temperatura de frenos, pero se estima que los frenos no se calentaron porque no llegaron a actuar. Los neumáticos se destrozaron por el rozamiento con la pista pero sus fusibles térmicos no saltaron, de donde se induce que el calor generado se localizaba en las zonas de roce con el asfalto. Tras el reventón de las ruedas 1 y 2 se produciría el contacto de las llantas con la superficie de la pista, su abrasión y el contacto directo de los conjuntos de frenos con posible rotura de tuberías de hidráulico.

Se estima que el calor del rozamiento, la goma derretida, las fugas de líquido hidráulico y las chispas desprendidas por la fricción iniciaron un fuego cuando la aeronave se detuvo al final de la pista. La evacuación se desarrolló con cierta normalidad y el fuego fue apagado prontamente por los servicios contraincendios.

2.7. Procedimientos de vuelo de la Compañía

En el vuelo en cuestión hubo desviaciones significativas de los procedimientos establecidos; parece que la improvisación al encontrarse demasiado altos en la aproximación hizo que se relegara lo más elemental:

- Aunque el GPWS emitió reiterados avisos, en el CVR no se ha escuchado a la tripulación decir nada de las velocidades elevadas, de las desviaciones respecto del ILS, de los altos regímenes de descenso, de la configuración del avión, etc.
- No hubo «Landing Check List».
- No se advirtió que la aproximación no estaba estabilizada.

El MD-80 es un avión certificado para que sea pilotado por dos tripulantes, que deben conformar un equipo de trabajo. Cada tripulante tiene asignadas unas tareas que apoyan o suplementan mutuamente a las del otro. En este sentido los «call-outs» son fundamentales, ya que suponen, bien la confirmación de la corrección de la maniobra, o por el contrario advierten sobre su incorrección, permitiendo que se corrijan las excedencias.

En el caso de este vuelo, se ha apreciado una escasa coordinación en cabina de mando y una supeditación injustificada del copiloto a las decisiones del comandante, así como una escasa adherencia a los procedimientos operacionales, con especial relevancia a los «call-outs».

Este incidente, así como la existencia de antecedentes en este mismo operador (véase 1.15) aconseja que se revisen los procedimientos del operador para la asignación de funciones en cabina de vuelo y cometidos de los tripulantes a bordo y de imponer la estricta adherencia de los tripulantes a los procedimientos.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- La tripulación de la aeronave estaba adecuadamente calificada. Todos sus miembros tenían sus licencias respectivas en vigor.
- La aeronave había sido mantenida de acuerdo con el Programa de Mantenimiento establecido y disponía de un Certificado de Aeronavegabilidad y un Certificado de Matrícula válidos.
- La aeronave inició la aproximación con una altura superior a la normal.
- Entrando en aproximación final la aeronave llevaba una velocidad excesiva y una altura sobre la pista demasiado grande en relación con la distancia al umbral de la pista.
- En el CVR no se ha escuchado el «call-out»: «1.000 ft stabilized» o «1.000 ft not stabilized», que debería haber emitido el PNF de acuerdo a los procedimientos.

- Al pasar por 500 ft de radioaltura la aeronave no cumplía los requisitos de aproximación estabilizada, ya que aunque volaba a lo largo de la senda de planeo correcta, la velocidad era demasiado alta y la configuración del avión, tren y flap, estaba todavía cambiando, motivo por el cual la tripulación debería haber frustrado la maniobra y hecho «motor y al aire». No se ha escuchado en el CVR ningún call-out relacionado con ello.
- La primera toma de contacto con el suelo ocurrió 700 m fuera de la TDZ (zona de toma de contacto).
- La aeronave entró en la pista con el morro bajo recorriendo el 60% de la pista disponible, de 2.660 m, antes de poner las ruedas principales en el suelo.
- La actitud de morro bajo permitió que tocara primero la pata de morro inhibiendo el funcionamiento normal del antiskid y del sistema de «ground spoilers».
- El despliegue manual de los «spoilers» cuando rodaban las ruedas de morro por el suelo mientras las principales estaban despegadas, junto con otras inercias de la aeronave no estabilizada, propiciaron el desplome de la aeronave.
- La operación anormal del sistema de antiskid, a causa de la señal de morro en tierra, permitió el deslizamiento y reventón de las cuatro ruedas.
- Las chispas, el calor del rozamiento, la goma derretida y las fugas de líquido hidráulico iniciaron un fuego en la pata izquierda cuando la aeronave se detuvo al final de la pista.
- El comandante ordenó la evacuación que se desarrolló con cierta normalidad sin que se produjeran escenas de pánico ni lesiones de consideración.

3.2. Causas

Se estima que la causa del incidente fue una aproximación iniciada con una velocidad y altura excesivas, que no se supo consumir oportunamente, con una configuración de avión más 'sucias' o con una trayectoria en final más larga; asimismo no se tomó una decisión de iniciar una aproximación frustrada cuando, por exceso de velocidad y altura en una aproximación no estabilizada, se hacía imposible la entrada en la pista con normalidad.

La causa concreta de que en ese aterrizaje reventaran y se incendiaran las ruedas principales se debió a la anómala actitud del avión en la toma. La aeronave hizo contacto con el suelo, apoyando el tren de morro en la pista, varios segundos antes de que lo hiciera el tren principal, induciendo la cancelación de las protecciones del sistema de antiskid.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

- REC 10/11.** Se recomienda a la compañía Spanair que establezca un programa de vigilancia específico destinado a comprobar cuál es el grado de adherencia real de sus tripulaciones a los procedimientos operacionales de la flota

MD-80, centrado fundamentalmente en la evaluación de las fases de aproximación y aterrizaje.

REC 11/11. Se recomienda a la compañía Spanair que implante formación adicional a sus tripulaciones, tendente a reforzar los conceptos de:

- Aproximación estabilizada.
- Estándares de operación SOP.
- Gestión de recursos en Cabina.

REC 12/11. Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que refuerce la supervisión que lleva a cabo sobre la compañía Spanair en:

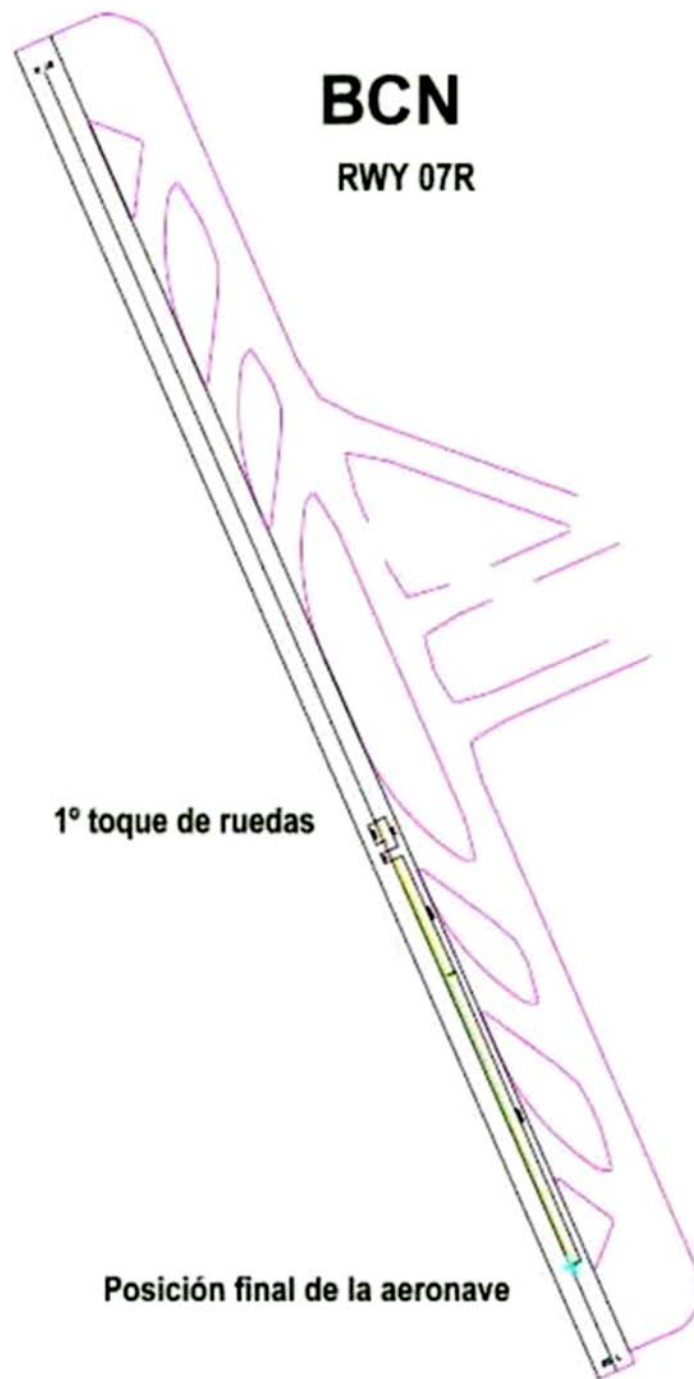
1. Los aspectos relativos al grado de adherencia real de las tripulaciones a los procedimientos operacionales de la flota MD-80, centrándose fundamentalmente en la evaluación de las fases de aproximación y aterrizaje.
2. La formación impartida por la compañía en materias como aproximación estabilizada, estándares de operación SOP y gestión de recursos en cabina.

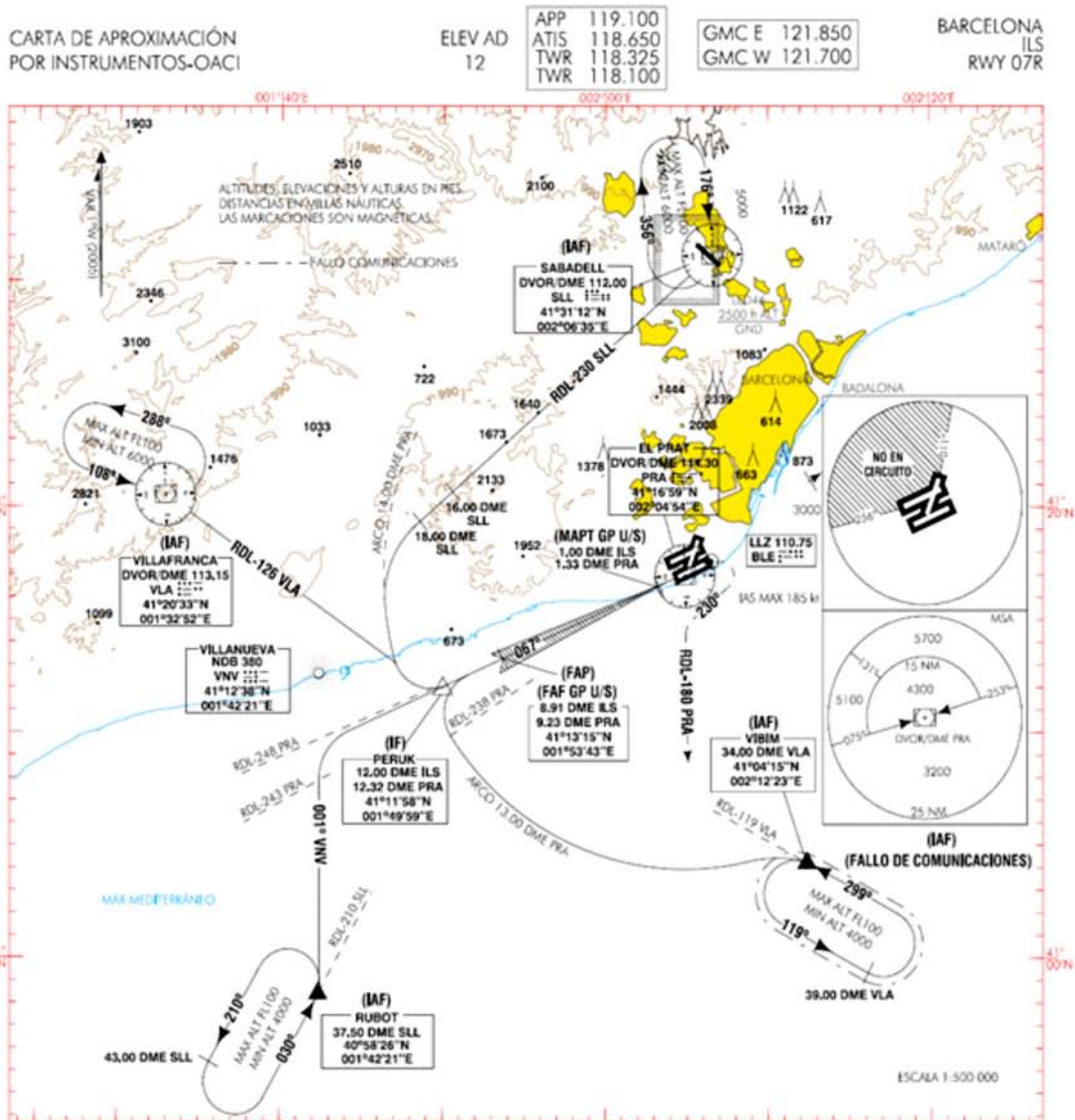
APÉNDICES

APÉNDICE A

Parámetros del DFDR

APÉNDICE B
Plano del aeródromo,
huellas y carta de aproximación
a Barcelona ILS RWY 07R





CARTA NUEVA

ELEV: B
THR RWY 07R
MGT REF ELEV THR RWY 07R

OCA/H	A	B	C	D	
STA	CAT I	252 (244)	364 (256)	272 (264)	282 (274)
	CAT II	(93)	(110)	(121)	(136)
	CAT III	APPROVED			
	GP U/S	500 (490)			
En circuito (R) sobre T2	580 (570)	690 (680)	890 (880)	1300 (1290)	

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAP-THR: 8.91 NM	mins	6:41	5:21	4:27	3:49	3:20	2:58
FAF-MAPT: 7.91 NM	mins	5:56	4:45	3:57	3:23	2:56	2:38
ROD: 5.24 %	ft/min	425	531	637	743	849	955

ALT HGT DME (ILS) FNA GP U/S												
13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME	5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME
					2610 (2600)	2300 (2290)	1980 (1970)	1660 (1650)	1340 (1330)	1020 (1010)	700 (690)	

WEF 27-OCT-05 (AIRAC AMDT 13/05) AIP-ESPAÑA AD 2-LEBL IAC/7