

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

|              |   |
|--------------|---|
| Fecha y hora | <b>Martes, 31 de mayo de 2005; 10:09 h UTC</b>              |
| Lugar        | <b>Aeropuerto de Tenerife Norte (Sta. Cruz de Tenerife)</b> |

**AERONAVE**

|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| Matrícula     | <b>TF-ATJ</b>                     |
| Tipo y modelo | <b>BOEING B747-300; S/N 24108</b> |
| Explotador    | <b>Air Atlanta Icelandic</b>      |

**Motores**

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| Tipo y modelo | <b>CFM CF6-80C2B1</b> |
| Número        | <b>4</b>              |

**TRIPULACIÓN**

**Piloto al mando**

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| Edad                      | <b>44 años</b> |
| Licencia                  | <b>ATPL</b>    |
| Total horas de vuelo      | <b>9.515 h</b> |
| Horas de vuelo en el tipo | <b>529 h</b>   |

**LESIONES**

|                | Muertos | Graves | Leves/ilesos |
|----------------|---------|--------|--------------|
| Tripulación    |         |        | <b>12</b>    |
| Pasajeros      |         |        | <b>403</b>   |
| Otras personas |         |        |              |

**DAÑOS**

|             |   |
|-------------|---|
| Aeronave    | <b>Menores</b>  |
| Otros daños | <b>Varias luces de borde de pista rotas y surcos en superficie de pista</b> |

**DATOS DEL VUELO**

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tipo de operación | <b>Transp. aéreo comercial – Regular – Interior de pasajeros</b> |
| Fase del vuelo    | <b>Aterrizaje – Rotación final</b>                               |

**INFORME**

|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| Fecha de aprobación | <b>27 de febrero de 2007</b> |
|---------------------|------------------------------|

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Reseña del vuelo

El vuelo partió normalmente de Madrid y se aproximaba al Aeropuerto de Tenerife Norte (TFN) después de un crucero sin incidencias. Se trataba de un vuelo operado por Air Atlanta para Iberia bajo un acuerdo de arrendamiento con tripulación. Antes del descenso, la tripulación completó el «briefing» de aproximación, con atención particular a las altitudes mínimas del sector y a la velocidad de referencia (Vref) a la que decidieron añadir 10 kt de corrección por viento. En la «tarjeta recordatorio» que llevaban a bordo anotaron «Vref. 142» con flaps 30.

Desde FL330 comenzaron el descenso a la pista (RWY) 30 siguiendo instrucciones del ATC. El descenso empezó a 100 NM del VOR TFN, habiendo recibido el ATIS «Y». La tripulación anotó en la tarjeta la información de ese ATIS como Y 0940Z, viento 330/22G28 y QNH 1021.

A las 9:49 h estaban descendiendo a FL80 in dirección a Tenerife y la tripulación le dijo al ATCO que estaban a alta velocidad («high speed»). A las 9:53 h la tripulación preguntó si era posible girar a la izquierda a «un rumbo probable... para perder algo de la alta» («to a probable heading... to loose a little bit the high»). Fueron autorizados a descender a su discreción «con el giro que quiera» («with your own turn») para una aproximación directa, ya que eran el número uno y no había restricciones. La tripulación respondió que iban a tomar rumbo 180° «de modo que podamos perder la velocidad más alta de lo debido» («so we can loose the higher speed») y pidió vectores radar para el ILS. A las 9:55 h pidieron de nuevo los vectores. Cuando el ATCO les recordó que estaban autorizados a una aproximación directa, respondieron «estamos en IMC y en estos momentos nos gustaría conseguir guía radar si tiene el radar encendido». A las 9:57 h el ATCO les pidió «girar a la derecha a 270 como vector final para el ILS» («right heading 270 final vector»). A las 9:59 la tripulación notificó «establecidos en el localizador, descenderemos con la senda» («established on the localizer, we'll descend with the glide»). Estaban a 13 NM de la toma y se les pidió que llamaran a la torre. La tripulación recordaba que la lista de aproximación se realizó y que la aeronave permaneció establecida en el localizador a una altitud de 4.400 ft de acuerdo a las instrucciones del ATC con los vectores radar.

Según la declaración de la tripulación, una vez establecidos en la senda de planeo, comenzó el descenso con el piloto automático «B» conectado y flaps 20°, con velocidad igual a Vref más 20 kt. Durante la aproximación inicial no notaron turbulencia significativa o cambios en la velocidad o actitud. El tren de aterrizaje fue extendido aproximadamente a 6 NM del aeropuerto y se seleccionó flaps 25° y luego flaps 30°. Se solicitó y leyó la lista de chequeo de final. Aproximadamente a 1.500 ft AGL se estableció contacto visual con TFN y las comunicaciones cambiaron a la frecuencia de torre.

La aproximación continuó normalmente pero notaron turbulencia en esa zona, y se decidió desconectar el piloto automático «B» y continuar manualmente. La torre autorizó al avión a aterrizar en la pista 30, con un viento observado de 320/24. La aeronave estaba en el localizador y en la senda, con  $V_{ref}$  más 10 kt. Cuando descendían a través de 1.000 ft AGL, notaron un cambio en la dirección del viento que produjo un incremento estimado de 15 kt en la velocidad indicada. Tomaron acción inmediata para rectificar las condiciones y la velocidad se ajustó de nuevo a  $V_{ref}$  más 10 kt. No se notaron cambios adicionales en la velocidad. En opinión de la tripulación, aproximadamente a 10 ft sobre la pista durante la rotación final hubo un repentino cambio de viento que produjo más sustentación en la semiala izquierda. El piloto a los mandos (PF), que era el copiloto, reaccionó para corregir esta condición y el avión realizó una toma firme («a firm landing») según apreció la tripulación. No notaron que hubiera maniobras de excesivo control en los ejes de alabeo o cabeceo. Recordaban que el avión tomó en el eje de la pista.

Según la hoja de carga, el peso al aterrizaje era de unos 261.166 kg (el máximo es 285.752 kg). El centro de gravedad al despegue había sido 23,80% de la cuerda media aerodinámica (MAC) (con un peso al despegue de 285.717 kg).

Un pasajero del vuelo, que era empleado del aeropuerto, declaró que la aproximación fue algo turbulenta y el avión se movía todo el tiempo, aunque nadie notó nada extraño o ningún impacto en la toma, excepto que había sido un aterrizaje moderadamente fuerte.

La última información de viento proporcionada a la tripulación cuando fueron autorizados a aterrizar había sido 330/24. A las 10:04:47 h el ATCO dijo: «A su discreción con el "marker", adiós» («At your discretion with the marker, adiós») y la tripulación respondió «Gracias» («Thank you»).

No hubo ninguna otra comunicación con el ATC durante la carrera de aterrizaje y el rodaje. El avión salió normalmente de la pista 30 y se dirigió a la puerta asignada, donde la tripulación paró los motores y completó los chequeos de después del aterrizaje. Los pasajeros desembarcaron normalmente.

Al rato, el personal de tierra subió a bordo y avisó a la tripulación de que se observaban daños en los capots del motor 4. Los daños consistían en un par de agujeros en la parte inferior de los capots y varias otras rozaduras y arañazos. También había trozos de cristal clavados en la zona de los arañazos.

La tripulación avisó al ATC a las 10:27 h y se ordenó una inspección de la pista. Se observó que se habían roto completamente dos luces de borde del lado derecho de la pista. Otras dos luces tenían roto el cristal. Entre ambas luces rotas, había un área de surcos profundos y raspaduras de entre 2 y 4 cm de anchura (véase figura 2).

La aeronave fue sometida a varias inspecciones, incluyendo una inspección por aterrizaje duro, y se trasladó en vuelo ferry a su base varios días después.

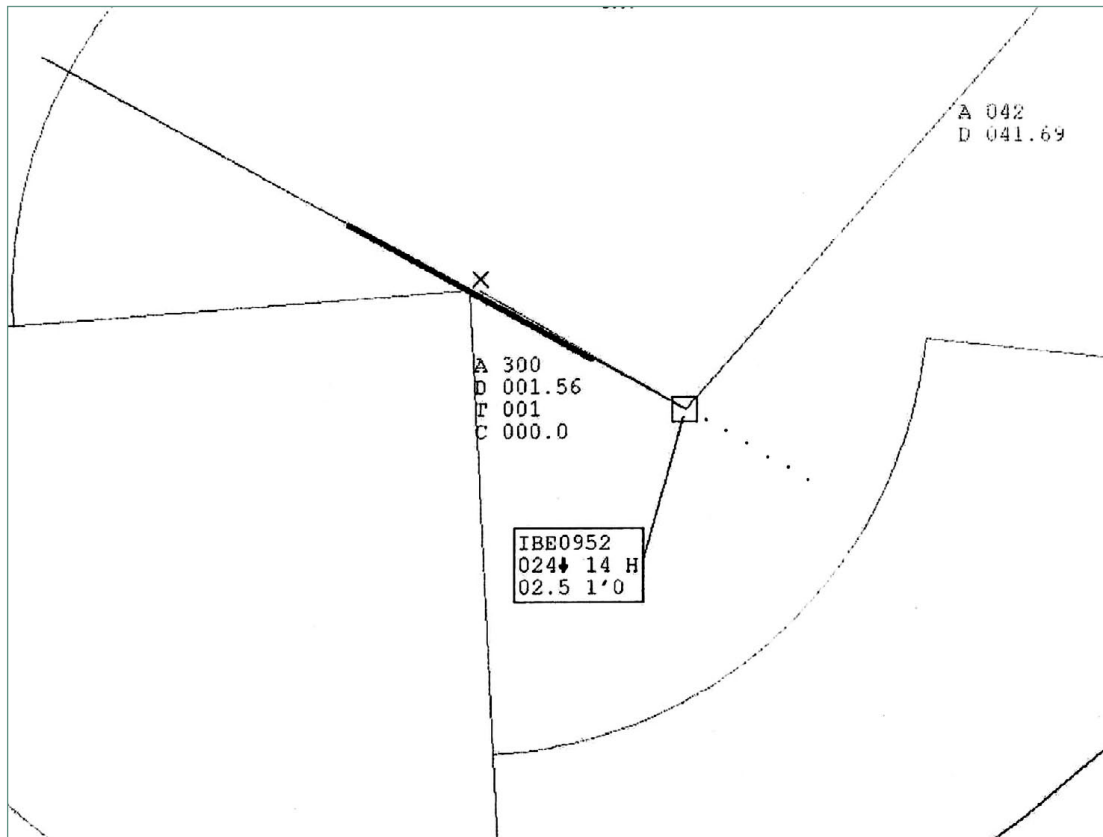
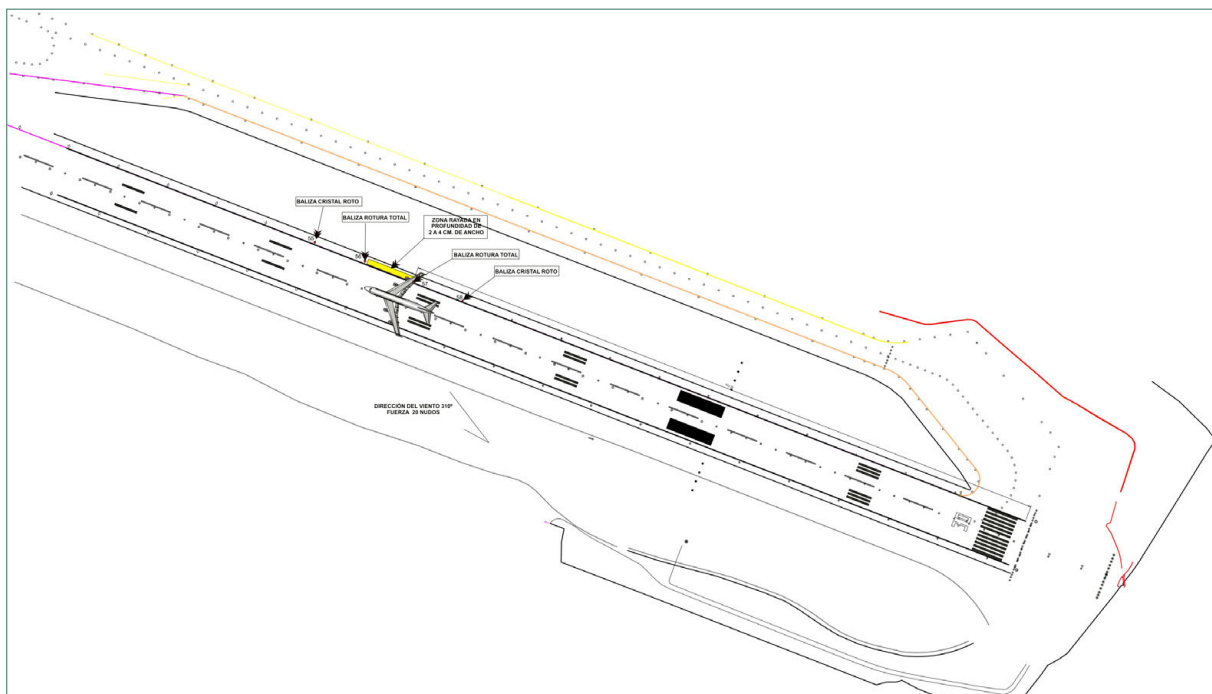


Figura 1. Imagen de la traza radar mostrando la aeronave alineada con la prolongación de la línea central de la pista en corta final, descendiendo a través de 2.400 ft con unos nudos de velocidad respecto al suelo, a las 10:04 h radar



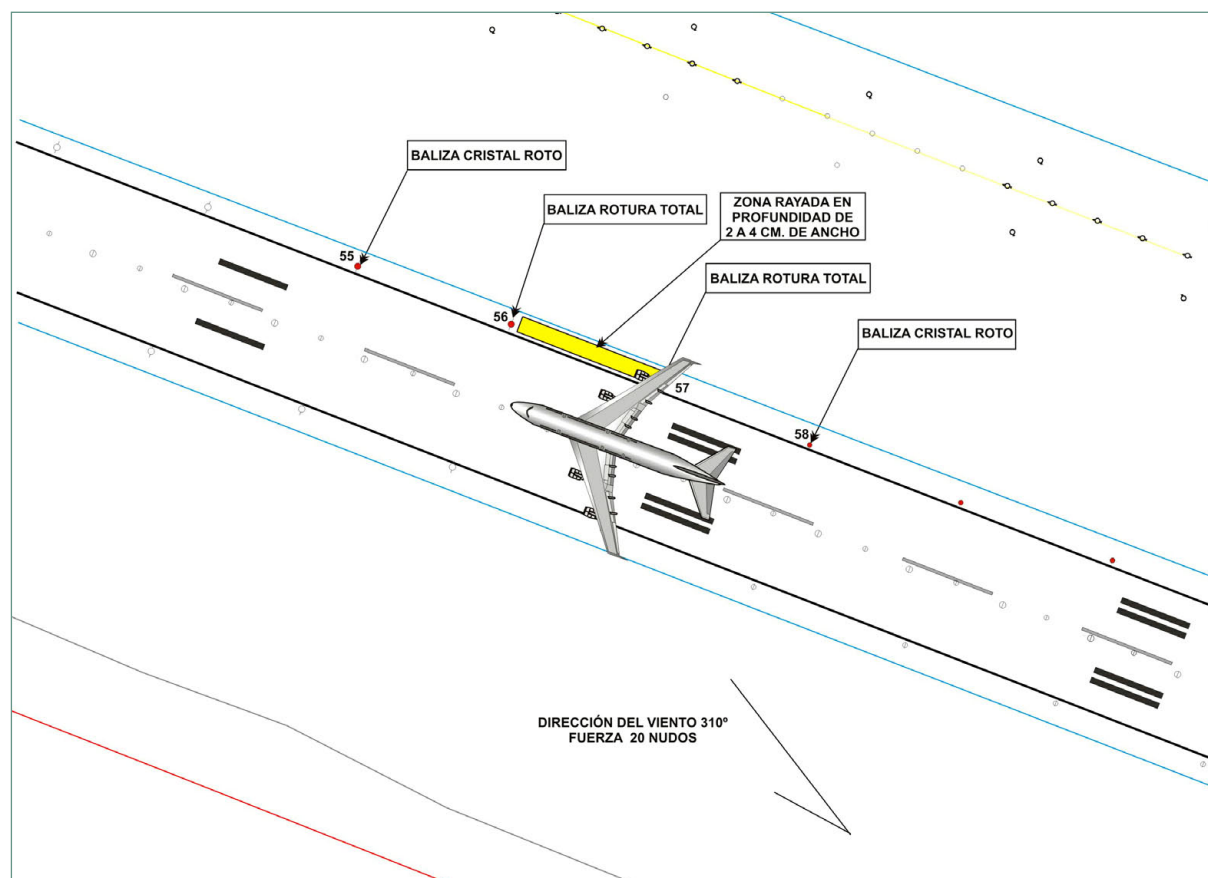


Figura 2. Plano preparado por personal del aeropuerto después de la inspección de la pista. La anchura de la pista es de 45 m. La distancia entre líneas de luces de borde de pista es de 48 m. La distancia del eje longitudinal del B747 a la parte más exterior de la góndola 4 es de unos 23 m

## 1.2. Información personal

### 1.2.1. Piloto al mando (CM-1)

Nacionalidad: Española. ATPL emitida por la CAA del Reino Unido, 44 años, con habilitaciones de B747-100/-300 (piloto al mando), B737 300-900, F27, BAe 146, B757/767, A318/319/329/321 y D228. Última inspección de habilitación y competencia: 12-2-2005. Última inspección en línea: 27-5-2005. Último examen médico: 6-4-2005. Horas totales de vuelo: 9.515 h. Horas en el tipo: 529. Su período de actividad había empezado a las 5:40 h aquel día, con más de 24 h de descanso el día anterior.

El CM-1 había volado 229 h durante los últimos 12 meses, y 64 h durante mayo de 2005.

El CM-1 había estado en entrenamiento en línea desde el 21-4-2005 hasta el 22-5-2005. Los registros de ese entrenamiento indicaban que se le consideraba que tenía una buena actuación, con buen control incluso en un vuelo a JFK en condiciones de ráfa-

gas. Se decía que era evidente su alta experiencia. El 27 de mayo pasó su prueba final de capacitación en línea con resultado satisfactorio.

### 1.2.2. Copiloto (CM-2)

Nacionalidad: EE.UU. ATPL emitida por al FAA y validada por la CAA de Islandia, 49 años de edad con habilitaciones de tipo en B747 (copiloto), B737 y DHC-7. Última prueba de competencia: 18-3-2005. Última inspección en línea: 17-2-2005. Último examen médico: 4-11-2004. Según la información proporcionada, la fecha de caducidad del certificado médico era 12-5-2005 (19 días antes de la fecha del incidente). Horas totales de vuelo: 9.258 h. Horas en el tipo: 1.321. Su período de actividad había empezado a las 5:40 h aquel día, con más de 24 h de descanso el día anterior.

El copiloto había volado 719 h durante los últimos 12 meses, y 39 h durante mayo de 2005.

El CM-2 pasó su inspección en línea el 17 de febrero de 2005 con resultados satisfactorios. El 18 y 19 de marzo de 2005 había pasado una prueba de competencia en simulador también con resultados satisfactorios, y no se anotaron comentarios en el formulario de entrenamiento.

### 1.2.3. Operador técnico de vuelo (CM-3)

Nacionalidad: EE.UU. Licencia de operador técnico de vuelo («Flight engineer») emitida por la FAA y validada por la CAA de Islandia. 56 años de edad. Última prueba de competencia: 6-12-2004. Último examen médico: 7-8-2004.

## 1.3. Información sobre la aeronave

El Boeing 747-300 tiene una longitud de 70,4 m y una envergadura de 59,6 m. Los ángulos de su envolvente geométrica antes de contactar con el suelo son los siguientes:

- Ángulo de cabeceo para contacto del cono de cola y del tren de fuselaje: 

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| 10°   | (amortiguador comprimido) |
| 12,5° | (amortiguador extendido)  |
  
- Ángulo de balance para contacto de la góndola exterior y del tren de ala: 

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| 7,2°  | (amortiguador comprimido) |
| 10,8° | (amortiguador extendido)  |

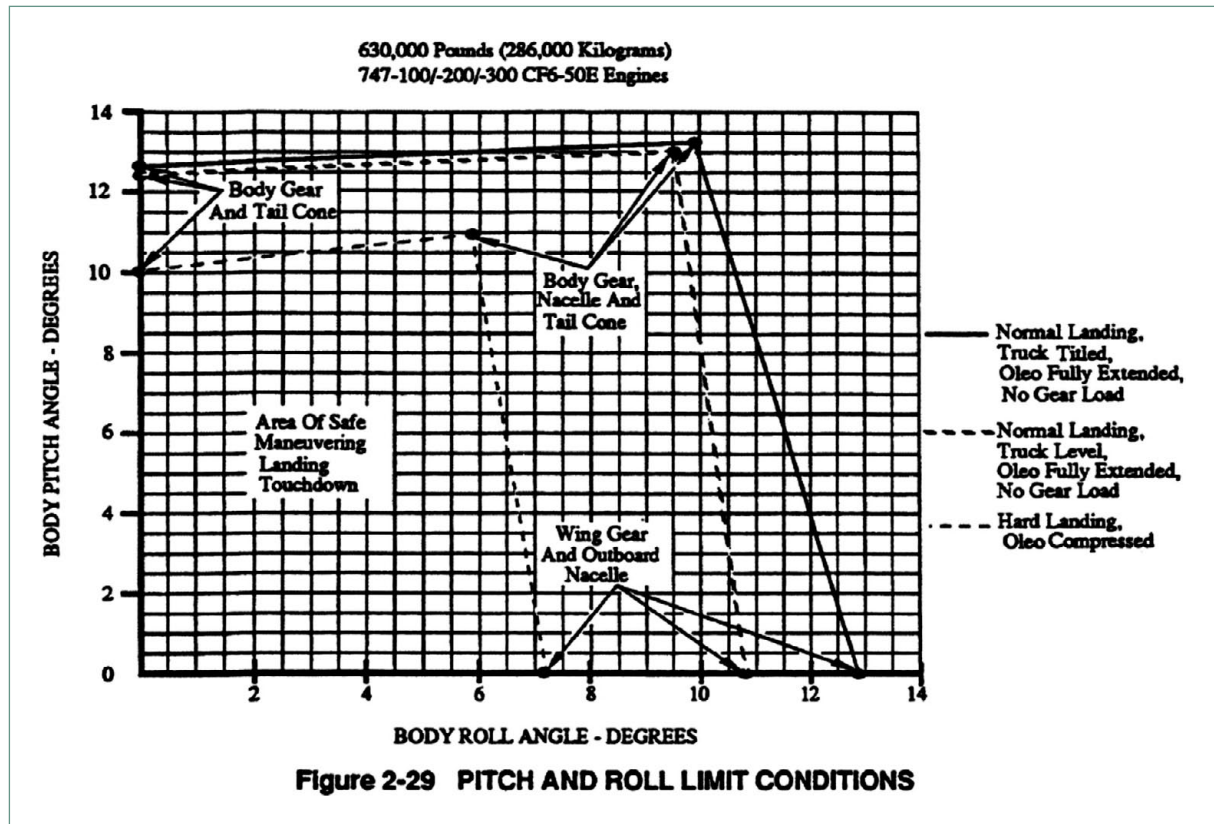


Figura 3. Condiciones límite de ángulos de cabeceo y balance del «Flight Crew Training Manual» del Boeing B747, página 2-52, 16 de agosto de 1993

## 1.4. Registradores de vuelo

### 1.4.1. Registrador de voz en cabina (CVR)

La aeronave llevaba un CVR L-3 Communications, P/N 93A100-30, s/n 6381. Este registrador graba los sonidos en cabina durante los últimos 30 minutos en cuatro pistas. Había sido sometido a revisión general en una empresa de EE.UU. y se le había emitido un Formato 8130-3 de la FAA autorizando su vuelta al servicio el 1-2-2000.

El CVR fue instalado en el avión por Iberia, que llevaba a cabo el mantenimiento del avión bajo contrato con Air Atlanta, el 16 de octubre de 2002 (hasta entonces había estado en almacén). El mantenimiento programado del CVR debía ser realizado cada revisión A4. La última revisión A4 check se había realizado el 1 de diciembre de 2004, cuando el avión tenía 67.310 horas de vuelo.

El 31 de mayo de 2005 el avión había acumulado más de 69.000 horas de vuelo y 11.966 ciclos de vuelo.

El registrador fue descargado por el Air Accidents Investigation Branch (AAIB) del Reino Unido.

El mecanismo de cinta fue inspeccionado y se encontró que unas dos pulgadas de cinta estaban dañadas en la zona del cabestrante del rodillo de la cinta. Al desmontarla, se encontró que la cinta se había ido desgastando por el cabestrante cuando quedó detenida debido a un efecto de acordeón. La zona de unión de la cinta estaba junto a la zona dañada y era probable que se hubiera pegado momentáneamente al rodillo de giro, lo que habría sido suficiente para atascarla y causar este tipo de fallo.

La reproducción de la cinta mostró que parecía que el CVR dejó de grabar (al atascarse la cinta en la zona del cabestrante) mientras el avión estaba en una fase de crucero, probablemente durante un vuelo anterior al del accidente. No fue posible determinar la fecha de esa grabación. El sonido del canal del micrófono de ambiente en cabina estaba muy distorsionado.

El CVR se llevó entonces a un centro de mantenimiento autorizado para ser inspeccionado en detalle. Durante esta inspección, se observó que la camisa de agua, que proporciona aislamiento contra el fuego, estaba fechada en 1989. Esta parte del equipo tiene una vida de 10 años, por lo que si la unidad fue reparada o inspeccionada en el año 2000 debería haberse cambiado entonces de acuerdo con el manual de mantenimiento del componente.

La causa más probable del atasco de la cinta en la zona del cabestrante fue el envejecimiento del rodillo del cabestrante. A lo largo del tiempo el rodillo de goma se desgasta y la cinta se puede adherir momentáneamente a él con el resultado del tipo de daño a la cinta que fue observado por el AAIB cuando inspeccionó el equipo.

En resumen, el estado de la unidad era el típico de una que no había sido sometida a revisión general durante mucho tiempo, y esa falta de mantenimiento probablemente causó el daño a la cinta y la pérdida de capacidad de grabación.

Se consultó entonces al fabricante del CVR, L-3 Communications Aviation Recorders, sobre la posibilidad de haber detectado este tipo de mal funcionamiento durante la inspección prevuelo realizada por la tripulación (véase punto 1.5 más adelante). El fabricante respondió que «si el movimiento de la cinta se hubiera detenido debido al enrollamiento de la cinta en el rodillo del cabestrante, la unidad no pasaría la prueba de presionar el botón de chequeo en la cabina. Para que la prueba se complete satisfactoriamente, la cinta debe moverse pasando por el cabezal de escritura y el de lectura. El chequeo presionando el botón se basa en la confirmación de un tono de ensayo que primero se graba y luego se lee en la cinta».

También proporcionaron las páginas del Component Maintenance Manual (CMM) en las cuales se dice que para este modelo de CVR se define un período entre revisiones



generales de «no más de 4.000 horas de operación (no horas de vuelo)». De acuerdo con la información recopilada, este período se había superado en servicio desde que el CVR se instaló en el TF-ATJ el 16 de octubre de 2002, ya que el avión había realizado 10.133 h desde entonces hasta el día del incidente.

El CMM también indica que «en el momento del “overhaul” los conjuntos térmicos [...] deben tener el peso apropiado, y cualquier conjunto térmico de más de 10 años de antigüedad deber ser reemplazado. La fecha de fabricación puede verse en la propia unidad térmica...».

Varias otras piezas del CVR deben ser también reemplazadas durante el «overhaul», incluyendo el conjunto del carrete y la cinta, el cojinete del cabestrante, la correa de arrastre, la guía del carrete de la cinta, etc.

Se avisó al NTSB y a la FAA del hecho de que parecía que las camisas de aislamiento térmico no se habían cambiado durante la revisión general del equipo llevada cabo en un centro de mantenimiento de EE.UU.

#### 1.4.2. Registrador de datos de vuelo (FDR)

El avión llevaba un FDR Sundstrand, P/N 980-4100DXUS. Los datos fueron descargados y proporcionados al operador y al fabricante para análisis.

Los siguientes parámetros no se grababan en el registrador de esta aeronave: velocidad respecto al suelo, ángulo de deriva, switch de señal aire/tierra, deflexiones de las superficies de control, desviaciones de senda de planeo, desviaciones del localizador y palanca de aerofrenos. El viento no se podía calcular a partir de los datos del FDR.

Adicionalmente, los datos de pedal del timón de dirección parecían contener errores debidos al sensor, lo que producía pérdida de datos alrededor de la posición de cero.

Los datos disponibles mostraban que se produjo una aproximación inestable. Durante los últimos 1.000 ft de altitud, la velocidad varió entre 150 y 175 kt. La velocidad fue superior a la  $V_{ref}$  (142 kt) más 20 kt (es decir, un total de 162 kt) desde los 700 ft hasta los 350 ft AGL. Por debajo de 200 ft, la velocidad se mantuvo alrededor de la  $V_{ref}$  más 12 kt. Los valores de algunos parámetros durante los últimos segundos de la aproximación se representan en las tablas 1 y 2.

La figura 4 muestra los valores de la velocidad indicada durante la aproximación desde 1.500 ft AGL.

| UTC<br>(hh:mm:ss) | Altitud sobre el terreno<br>(ft AGL) | Altitud del avión<br>(ft) | Velocidad indicada<br>(kt) | Rumbo magnético<br>(grados) | Ángulo de cabeceo<br>(grados) | Deflexión columna de mando<br>(grados) | Ángulo de alabeo<br>(grados) | Posición del volante de control lateral<br>(grados) | Revoluciones N2 del motor n.º 4 (%) |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 10:04:04          | 118                                  | 1.912                     | 154,9                      | 301                         | 3,1                           | -3,71                                  | -1,5                         | -18   | 91,1                                |
| 10:04:05          | 108                                  | 1.902                     | 149,9                      | 300                         | 2,7                           | -2,95                                  | 0,3                          | -3  | 91,8                                |
| 10:04:06          | 91                                   | 1.885                     | 147,2                      | 299                         | 2,7                           | -2,41                                  | -1,2                         | -31   | 90,2                                |
| 10:04:07          | 83                                   | 1.877                     | 149,3                      | 298                         | 2,2                           | -1,81                                  | -0,9                         | -43   | 89,6                                |
| 10:04:08          | 70                                   | 1.864                     | 148,5                      | 298                         | 3,1                           | 2,44                                   | -0,4                         | -40   | 90,7                                |
| 10:04:09          | 49                                   | 1.843                     | 148,3                      | 297                         | 5,8                           | 4,41                                   | 1,1                          | -7  | 87,9                                |
| 10:04:10          | 24                                   | 1.818                     | 144,2                      | 297                         | 9,3                           | 6,09                                   | 1,8                          | -5  | 85,0                                |
| 10:04:11          | 10                                   | 1.804                     | 142,5                      | 298                         | 8,9                           | -2,54                                  | 2,8                          | -28   | 83,0                                |
| 10:04:12          | 8                                    | 1.802                     | 150,2                      | 299                         | 4,9                           | 2,41                                   | 7,2                          | 1   | 81,3                                |
| 10:04:13          | 18                                   | 1.812                     | 146,6                      | 299                         | 3,6                           | 4,00                                   | 5,7                          | 3   | 79,5                                |
| 10:04:14          | 20                                   | 1.814                     | 144,8                      | 299                         | 4,9                           | 3,46                                   | 1,8                          | -29   | 78,0                                |
| 10:04:15          | 10                                   | 1.804                     | 139,9                      | 298                         | 8,0                           | 4,31                                   | 3,5                          | -55   | 76,5                                |
| 10:04:16          | 0                                    | 1.794                     | 135,4                      | 297                         | 6,7                           | 1,33                                   | 7,6                          | -39   | 75,2                                |
| 10:04:17          | 0                                    | 1.791                     | 132,2                      | 296                         | 4,0                           | -1,94                                  | 9,0                          | -33   | 74,2                                |
| 10:04:18          | 0                                    | 1.790                     | 132,1                      | 295                         | 1,8                           | -1,52                                  | 5,7                          | -32   | 73,2                                |
| 10:04:19          | 0                                    | 1.807                     | 129,7                      | 296                         | 0,0                           | -4,19                                  | 1,5                          | -34   | 72,5                                |
| 10:04:20          | 0                                    | 1.810                     | 128,1                      | 297                         | -0,4                          | -6,98                                  | 2,5                          | -17   | 73,6                                |
| 10:04:21          | 0                                    | 1.808                     | 124,9                      | 297                         | -0,4                          | -10,91                                 | 1,3                          | -16   | 78,5                                |
| 10:04:22          | 0                                    | 1.808                     | 117,5                      | 296                         | -0,4                          | -10,91                                 | 0,8                          | -15   | 84,8                                |
| 10:04:23          | 0                                    | 1.803                     | 120,5                      | 296                         | -0,4                          | -10,72                                 | 1,9                          | -14   | 91,8                                |
| 10:04:24          | 0                                    | 1.801                     | 118,6                      | 297                         | -0,9                          | -10,76                                 | 2,2                          | -13   | 97,2                                |

Tabla 1. Valores de algunos parámetros. La toma ocurrió a las 10:04:16

Aproximadamente a 70 ft hubo una rotación final y el ángulo de cabeceo fue rápidamente incrementado hasta 9,3°, después reducido y de nuevo aumentado hasta 8° en la toma, con amplios movimientos de la palanca de control. A unos 50 ft sobre la pista se empezó a reducir el empuje de los motores. Hubo dos importantes oscilaciones en alabeo durante la rotación, al igual que grandes movimientos del volante de control hacia la derecha. La toma de tierra ocurrió sobre las 10:04:16 h, y la máxima acelera-

| UTC<br>(hh:mm:ss) | VERA<br>(g) | VERC<br>(g) | VERE<br>(g) | VERG<br>(g) | LATA<br>(g) | LATC<br>(g) | LATG<br>(g) | LONA<br>(g) | LONC<br>(g) |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10:04:04          | 1,09        | 1,01        | 0,93        | 0,98        | 0,037       | -0,003      | -0,013      | 0,055       | 0,037       |
| 10:04:05          | 0,98        | 0,95        | 0,96        | 0,99        | 0,004       | -0,019      | -0,030      | 0,061       | 0,055       |
| 10:04:06          | 0,98        | 0,99        | 0,97        | 0,94        | 0,018       | 0,013       | -0,066      | 0,076       | 0,054       |
| 10:04:07          | 1,01        | 1,01        | 0,97        | 0,91        | 0,037       | 0,021       | -0,044      | 0,047       | 0,039       |
| 10:04:08          | 0,92        | 0,99        | 0,96        | 0,91        | 0,004       | -0,027      | -0,027      | 0,039       | 0,053       |
| 10:04:09          | 0,97        | 1,09        | 1,12        | 1,09        | -0,012      | -0,015      | -0,044      | 0,071       | 0,084       |
| 10:04:10          | 1,15        | 1,19        | 1,25        | 1,21        | 0,022       | 0,013       | -0,058      | 0,107       | 0,119       |
| 10:04:11          | 1,24        | 1,20        | 1,17        | 1,15        | 0,014       | -0,007      | -0,025      | 0,096       | 0,061       |
| 10:04:12          | 1,09        | 0,98        | 0,99        | 0,90        | 0,016       | 0,007       | -0,021      | 0,017       | -0,014      |
| 10:04:13          | 0,83        | 0,82        | 0,86        | 0,88        | 0,008       | 0,003       | -0,038      | -0,016      | -0,012      |
| 10:04:14          | 0,90        | 0,87        | 0,91        | 0,99        | 0,010       | -0,027      | -0,013      | -0,006      | 0,001       |
| 10:04:15          | 0,99        | 1,01        | 1,01        | 1,02        | -0,028      | -0,076      | -0,005      | 0,025       | -0,019      |
| 10:04:16          | 1,40        | 1,35        | 1,06        | 1,05        | -0,144      | -0,166      | -0,121      | 0,054       | -0,009      |
| 10:04:17          | 0,88        | 0,79        | 0,90        | 1,01        | -0,138      | -0,156      | -0,152      | -0,026      | -0,028      |
| 10:04:18          | 1,04        | 1,04        | 1,08        | 1,01        | -0,124      | -0,095      | -0,154      | -0,046      | -0,090      |
| 10:04:19          | 0,99        | 1,02        | 1,07        | 1,08        | -0,016      | -0,007      | -0,084      | -0,103      | -0,158      |
| 10:04:20          | 0,93        | 0,93        | 0,96        | 0,92        | 0,004       | -0,058      | -0,003      | -0,171      | -0,157      |
| 10:04:21          | 1,05        | 1,01        | 0,96        | 0,94        | -0,024      | -0,048      | -0,027      | -0,162      | -0,153      |
| 10:04:22          | 1,01        | 0,98        | 1,03        | 0,93        | -0,031      | 0,009       | -0,040      | -0,160      | -0,152      |
| 10:04:23          | 0,94        | 1,09        | 1,02        | 1,04        | 0,035       | -0,003      | 0,005       | -0,150      | -0,160      |
| 10:04:24          | 0,93        | 0,93        | 1,00        | 0,96        | -0,004      | 0,001       | -0,032      | -0,192      | -0,175      |

**Tabla 2.** Valores de aceleraciones antes y después de la toma. Sólo se representan 4 de 8 aceleraciones verticales, 3 de 4 aceleraciones laterales y 2 de 4 aceleraciones longitudinales

ción vertical registrada fue 1,40 g con un alabeo de unos 7,6° (valor registrado en el FDR) y un cabeceo de unos 6,7° (valor registrado en el FDR), lo que excedió la envolvente de contacto con el terreno de la aeronave y causó el impacto de la góndola número 4 (véase figura 5). Las aceleraciones laterales en los tres segundos alrededor de la toma fueron siempre negativas (hacia la izquierda) y se mantuvieron entre -0,005 g y -0,176 g.

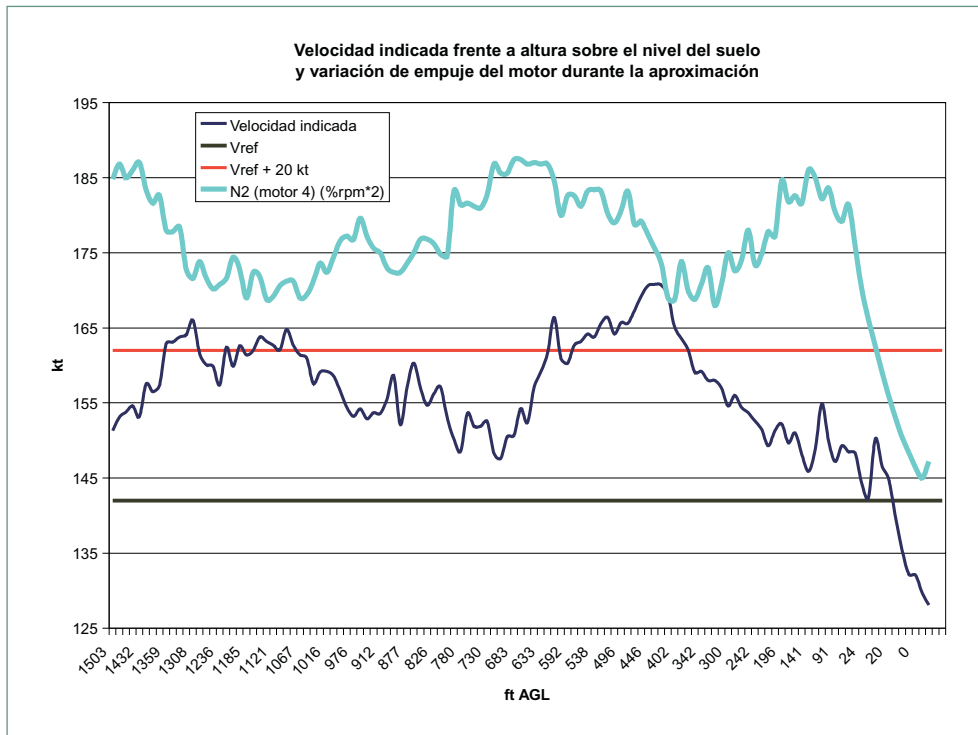


Figura 4. La Vref era de 142 kt

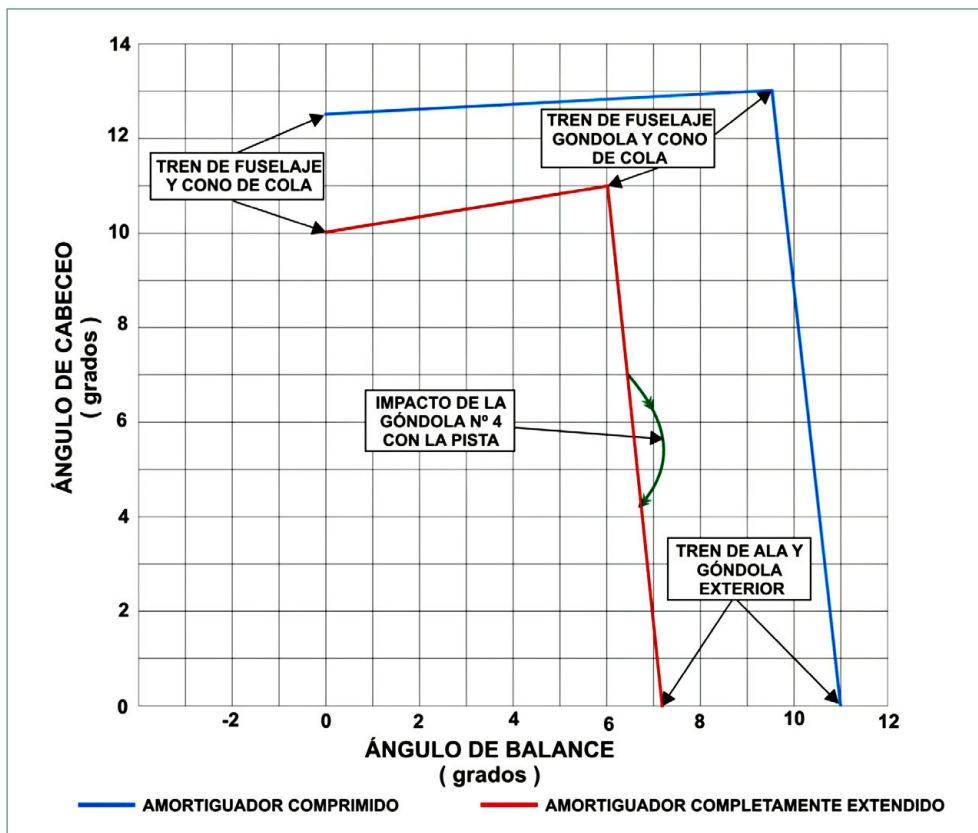


Figura 5. Punto en el que se excedió la envolvente geométrica de acuerdo con los datos del FDR

### 1.5. Información meteorológica

El METAR en vigor en la toma era GCXO 311000Z 32023KT 9999 SCT014 17/10 Q1021 NOSIG.

Se obtuvo el registro del anemocinemógrafo del umbral de la pista 30°. Entre las 9:45 h y las 10:15 h UTC la dirección del viento osciló entre los 300° y los 330°, y la velocidad se mantenía entre 28 y 31 kt, sin que se observaran ráfagas que superaran los 31 kt durante ese período. El último valor de viento proporcionado a la tripulación por el ATCO fue 330/24.

El aeropuerto registró las 10:09 h como la hora de aterrizaje del TF-ATJ (IB0952). Un ATR72 aterrizó en la misma pista a las 09:24 h y otro a las 10:20 h. Entre tanto se produjeron dos despegues a las 09:57 h y a las 10:02 h.

### 1.6. Información operacional

El operador proporcionó las partes relevantes de su manual de operaciones (OM). El Aeropuerto de Tenerife Norte estaba clasificado como un aeródromo «categoría B» y se le anotaban como características relevantes: «Circling. Terrain».

El OM de Boeing, en el apartado «Normal Procedures, Preflight, Cockpit Preparation (Jun 01/97)», incluía una prueba del CVR a realizar por el CM-3: «Press TEST switch; check that meter needle fluctuates in the white band».

Este OM, en su apartado 04.27.02 (Jun 21/93), indicaba que se recomienda añadir a la velocidad de referencia una corrección por viento de 1/2 el valor continuo de viento en cara más todo el valor de la ráfaga que pueda estar presente, basado en los valores de viento proporcionados por la torre. El valor máximo de esta corrección por viento no debería superar los 20 kt. En todos los casos, la corrección por ráfaga debería mantenerse hasta la toma de tierra, mientras que la corrección por el valor continuo debería eliminarse según se aproxime el avión a la toma.

La velocidad máxima de viento cruzado demostrada es 30 kt.

Los procedimientos operacionales estándar (SOP) fechados en 10-07-2003 cubrían los deberes y responsabilidades de cada miembro de la tripulación de vuelo del B747 junto con detalles de reparto de tareas. El piloto no a los mandos (PNF) debe monitorear de cerca la aproximación y realizar los avisos («callouts») estandarizados. Durante la aproximación final, el monitoreo estricto por parte del PNF es imperativo. Es responsable de llamar la atención del PF en caso de cualquier desviación significativa de los valores normales. En caso de turbulencia y/o fuerte viento cruzado cuando el avión se vue-

la con referencias visuales, el PNF debería estar preparado para el hecho de que se requieren avisos adicionales, particularmente de velocidad, durante las maniobras de alineamiento con la pista y rotación final.

Los SOP contenían diversas condiciones para aproximación estabilizada, en su mayor parte de acuerdo con las recomendaciones de la iniciativa ALAR de la Flight Safety Foundation (Documento 8168 de la OACI «Operaciones de aeronaves», volumen 1, III-4-3-1). Por debajo de 500 ft en VMC «todas las aproximaciones DEBERÍAN estar estabilizadas», incluyendo velocidad no superior a  $V_{ref}$  más 20 kt. No había un requisito obligatorio de que se debía abortar el aterrizaje en caso contrario. No había avisos estandarizados a realizar por el PNF en el caso de que se superasen valores específicos de cabeceo y alabeo durante el aterrizaje.

## 2. ANÁLISIS

La información disponible muestra que el CM-2 era el piloto a los mandos, mientras que el CM-1, que había pasado su verificación en línea con el operador cuatro días antes, era el PNF o piloto que monitorea. La experiencia total en el tipo era de 529 h para el comandante y 1.321 h para el copiloto.

El avión llegó al área terminal de Tenerife Norte con una velocidad superior a la deseada por la tripulación. Pidieron asistencia al ATC para tener más tiempo para disipar ese exceso de velocidad y para obtener vectores radar para interceptar el localizador.

La tripulación recordaba que había turbulencia por debajo de 1.500 ft, lo cual es relativamente usual en el aeropuerto TFN. Esta turbulencia es de tipo orográfico y puede mantenerse incluso por debajo de 500 ft, lo cual puede hacer difícil en la práctica cumplir con las recomendaciones genéricas del manual de operaciones en cuanto a aproximación estabilizada en condiciones VMC.

El METAR de las 10 h indicaba viento  $320^{\circ}$  23 kt, sin que se notificaran condiciones de ráfagas. Las condiciones de viento registradas en los momentos inmediatamente previos y posteriores a la toma estaban entre  $300^{\circ}$  y  $330^{\circ}$ , y su velocidad estaba entre 28 y 31 kt. En una aproximación a la pista 30, esto supondría que la componente de viento cruzado estaría siempre por debajo de 15 kt, aunque con cambios bruscos en velocidad y dirección simultáneamente que dificultarían la controlabilidad.

Este factor probablemente provocó una aproximación inicial inestable en velocidad.

Después, la tripulación recordaba que cuando descendían a 1.000 ft hubo un cambio en la dirección del viento que causó un súbito incremento de la velocidad indicada (IAS) y tomaron acción para rectificar las condiciones y ajustar de nuevo la velocidad. Sin

embargo, el FDR muestra que la velocidad estuvo por encima de 162 kt ( $V_{ref} + 20$  kt) desde 700 ft hasta unos 350 ft AGL, con un pico de 171 kt durante tres segundos a unos 400 ft AGL.

Puesto que la velocidad estaba por encima de  $V_{ref} + 20$  cuando el avión se encontraba por debajo de 500 ft en VMC, la aplicación estricta de la doctrina ALAR usual habría implicado realizar de inmediato un motor y al aire para iniciar una nueva aproximación. El espacio aéreo en TFN no estaba congestionado en esos momentos y no había otras condiciones que hubieran desaconsejado el suspender la aproximación. Sin embargo, la tripulación no recordaba la aproximación como excesivamente complicada o muy inestable, y parece que en ningún momento consideraron la posibilidad de realizar motor y al aire.

Pese a que la velocidad estaba fuera de los límites de los SOP por debajo de los 500 ft, parece que otros parámetros se mantenían relativamente estables. En particular, el avión estaba bastante alineado con el eje de la pista, y los valores de altitud grabados muestran que estaba relativamente estabilizado en la senda de planeo.

Adicionalmente, por debajo de 200 ft la velocidad se mantuvo más o menos estabilizada alrededor de  $V_{ref} + 13$ , considerando que la tripulación declaró que habían añadido 10 kt a la  $V_{ref}$  debido a las condiciones de ráfagas. Este valor añadido estaría grosso modo de acuerdo con el procedimiento recomendado por Boeing (la mitad del valor continuo de viento en cara), porque el viento en cara estaría alrededor de 21 kt (viento total 23 kt a  $320^\circ$  en el METAR, o 24 kt a  $330^\circ$  en el último valor de viento dado por la torre). Los valores medidos de límites o ráfagas de viento en cara en el período especificado habrían producido valores instantáneos de viento en cara de entre 31 kt y 28 kt.

Los SOP del operador no proporcionaban un punto claro de inicio en el cual es obligatorio iniciar un motor y al aire debido a condiciones inestables. Se decía que la aproximación «debería ser estable». No se daban guías específicas de la aplicación de este criterio en aeropuertos con condiciones turbulentas habituales. Sin embargo, en el manual se indicaba que durante la aproximación se requiere un estrecho monitoreo por parte del PNF, especialmente bajo condiciones turbulentas, para proporcionar los avisos apropiados.

Parece que la tripulación no percibió ningún signo claro para desencadenar la decisión de interrumpir la aproximación, y con todas esas condiciones continuaron con el aterrizaje.

A las 10:04:07 h, nueve segundos antes de la toma, se inició la rotación final, y parece que en ese punto empezaron las circunstancias que condujeron directamente al incidente, con amplios movimientos de la palanca y el volante de control que causaron importantes variaciones de ángulo de cabeceo y alabeo que, en último término (alre-

dedor de las 10:04:16 h), excedieron la envolvente de contacto con el terreno para la góndola exterior del avión con el amortiguador comprimido. La combinación cabeceo/alabeo que produjo el impacto estuvo entre  $6,7^\circ/7,6^\circ$  y  $4,0^\circ/9,0^\circ$ , respectivamente. Los movimientos del mando de alabeo fueron atribuidos por la tripulación a las condiciones de viento. Sin embargo, no están claras las razones para los grandes cambios de cabeceo durante la rotación final. El análisis de los segundos finales del aterrizaje indica que es posible que tanto el alineamiento del morro con la pista («decrab») como la rotación final se realizaran con cierta anticipación (es decir, a una altura sobre la pista superior a la óptima) para las condiciones de viento cambiante que afectaban al avión en ese momento.

No se tienen reportes de que algún ocupante del avión (ni tripulante ni pasajero) hubiera notado el golpe. Los pasajeros desembarcaron normalmente y uno de ellos, un empleado del aeropuerto acostumbrado a aproximaciones turbulentas y con ráfagas allí, declaró que no se notó nada extraño en la cabina. Los pilotos no se dieron cuenta ni sospecharon que los ángulos alcanzados hubieran excedido la envolvente hasta que fueron avisados por el personal de tierra. Esto indicaría que sería recomendable proporcionar más datos a las tripulaciones de vuelo para incrementar la conciencia de las combinaciones cabeceo/alabeo que superan los límites geométricos del avión. Además, en los SOP se deberían incluir voces reglamentarias asignadas al PNF para avisar con suficiente antelación de las combinaciones de cabeceo y alabeo que puedan exceder dichos límites con amortiguador comprimido.

Se podría argumentar que durante esos nueve segundos finales de la aproximación se debería haber realizado un motor y al aire, puesto que el aterrizaje se desestabilizó claramente debido a los grandes cambios en cabeceo y alabeo que se estaban produciendo para intentar mantener el control. La necesidad de haber realizado un motor y al aire con anterioridad, durante la aproximación inicial, es más dudosa, ya que el único parámetro que superó los umbrales establecidos durante un cierto período fue la velocidad y volvió a quedar dentro de los límites por debajo de 400 ft. Sin embargo, la doctrina del programa «Approach and Landing Accident Reduction» (ALAR) de la OACI indica que aproximaciones especiales o aproximaciones en condiciones anormales que requieran desviarse de los criterios genéricos de aproximación estabilizada por debajo de 500 ft en condiciones VMC, requieren un «briefing» especial. Esto se aplicaría a las circunstancias especiales de aeropuertos con mucha turbulencia orográfica que se mantiene hasta baja altitud.

La ausencia de grabación CVR impidió un análisis más detallado de la totalidad de la operación en cabina, incluyendo avisos de los pilotos, reparto de tareas, etc.

La combinación de circunstancias descrita produjo este incidente grave. Aunque inicialmente nadie notó el impacto, y los daños visibles en el avión eran relativamente menores, tuvo que ser sometido a inspecciones detalladas y realizar un vuelo ferry de vuelta a su base.



### 3. CONCLUSIÓN

El incidente probablemente sucedió debido a que las condiciones turbulentas de viento en el aeropuerto hicieron que el piloto a los mandos aplicara grandes movimientos a los mandos de vuelo que ocasionaron que se excediera la envolvente geométrica del avión.

La falta de grabación del CVR impidió la investigación de los avisos proporcionados por el PNF y su monitorización de la operación.

### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Después del incidente, el operador desprogramó a la tripulación durante un tiempo y analizó con ellos todo el suceso para extraer enseñanzas de seguridad.

Debido a los defectos observados en la grabación en el FDR de los datos del pedal del timón de dirección, y en el estado de mantenimiento del CVR, que impidieron estudiar más a fondo los aspectos operacionales de este incidente, se emiten las siguientes recomendaciones sobre seguridad:

- REC 12/07.** Se recomienda a Air Atlanta que analice los datos FDR descargados de su flota de B747 para determinar si es necesario sustituir los sensores del pedal del timón de dirección para asegurar la total consistencia de los valores grabados.
- REC 13/07.** Se recomienda a Air Atlanta que analice las grabaciones reales de los registradores de voz en cabina de su flota B747 para asegurar que el sonido grabado por el micrófono de ambiente en cabina tiene la calidad adecuada.
- REC 14/07.** Se recomienda a Air Atlanta que inspeccione sus equipos CVR para asegurar que tienen el estado de mantenimiento requerido en cuanto a periodos de revisión general («overhaul»).
- REC 15/07.** Se recomienda a Air Atlanta que se revisen los procedimientos de inspección prevuelo para asegurar que la prueba correspondiente detecta los equipos CVR defectuosos en los que la cinta esté atascada.

Debido a la desestabilización de la fase final del aterrizaje, y al hecho de que el impacto con la góndola no fue advertido, se emiten las siguientes recomendaciones sobre seguridad:

- REC 16/07.** Se recomienda a Air Atlanta que considere la posibilidad de proporcionar a las tripulaciones de vuelo la envolvente geométrica de contacto con el

terreno del Boeing B747-300 en un formato fácilmente utilizable, para incrementar la conciencia de los peligros asociados a los grandes movimientos de los mandos de vuelo durante la rotación final.

- REC 17/07.** Se recomienda a Air Atlanta que introduzca en los SOP del avión avisos normalizados («callouts») a realizar por el PNF durante el aterrizaje en el caso de que se superen los límites de la envolvente del avión en cabeceo o alabeo que puedan provocar un impacto de góndola, punta de ala o cola con la superficie de la pista.
- REC 18/07.** Se recomienda a Air Atlanta que considere la posibilidad de incluir el requisito de llevar a cabo de modo obligatorio un motor y al aire en determinadas y claramente definidas circunstancias inestables durante las aproximaciones por debajo de determinadas altitudes. Estas circunstancias y las altitudes asociadas deberían estar adaptadas a las características orográficas y meteorológicas de cada aeropuerto que así lo requiera, incluyendo la necesidad de un «briefing» meteorológico si es un factor significativo.