

CIAIAC

COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE **A**CCIDENTES
E **I**NCIDENTES DE
AVIACIÓN **C**IVIL

Informe técnico A-043/2013

Accidente ocurrido a la aeronave
BOEING 767-332 ER, matrícula N-182DN,
operado por la compañía DELTA
AIR LINES, el 5 de diciembre de 2013,
en el aeropuerto de Madrid Barajas
(Madrid - España)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-043/2013

Accidente ocurrido a la aeronave BOEING 767-332 ER, matrícula N-182DN, operado por la compañía DELTA AIR LINES, el 5 de diciembre de 2013, en el aeropuerto de Madrid Barajas (Madrid - España)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-16-308-6

Diseño, maquetación e impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

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

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

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

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

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

Índice

| | |
|--|-----|
| Abreviaturas | vii |
| Sinopsis | ix |
| 1. Información factual | 1 |
| 1.1. Antecedentes del vuelo | 1 |
| 1.2. Lesiones personales | 5 |
| 1.3. Daños a la aeronave | 5 |
| 1.4. Otros daños | 5 |
| 1.5. Información sobre el personal | 6 |
| 1.5.1. Tripulación | 6 |
| 1.5.2. Controladores | 6 |
| 1.6. Información sobre la aeronave | 7 |
| 1.6.1. Información general | 7 |
| 1.6.2. Estructura del ala | 8 |
| 1.6.3. Sistema hidráulico | 9 |
| 1.6.4. Sistema de frenos | 12 |
| 1.6.5. Tren de aterrizaje | 12 |
| 1.6.6. Sistema de reversa del motor | 14 |
| 1.6.7. Sistema de combustible | 15 |
| 1.6.8. Información del manual básico de referencia (QRH) | 15 |
| 1.6.9. Proceso de certificación del recauchutado de la banda de rodadura | 16 |
| 1.7. Información meteorológica | 17 |
| 1.8. Ayudas para la navegación | 17 |
| 1.9. Comunicaciones | 17 |
| 1.10. Información de aeródromo | 22 |
| 1.10.1. Información general | 22 |
| 1.10.2. Pista 36 L | 22 |
| 1.10.3. Pista 32 L | 23 |
| 1.10.4. Procedimientos de emergencia del aeropuerto | 25 |
| 1.10.5. Procedimientos del servicio de control | 25 |
| 1.10.6. Instrucción operativa 10-36-GEOPS-01 para el tratamiento de FOD | 26 |
| 1.11. Registradores de vuelo | 26 |
| 1.11.1. Registrador de datos de vuelo (Digital Flight Data Recorder) | 26 |
| 1.11.2. Registrador de voces en cabina (Cockpit Voice Recorder) | 29 |
| 1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto | 34 |
| 1.12.1. Detalle de los elementos y sistemas de la aeronave dañados | 34 |
| 1.12.2. Detalle de otros daños producidos en el aeropuerto | 38 |
| 1.12.3. Restos encontrados en las pistas | 38 |
| 1.13. Información médica y patológica | 40 |
| 1.14. Incendio | 40 |
| 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia | 40 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.16. | Ensayos e investigaciones..... | 40 |
| 1.16.1. | Análisis de la pieza encontrada en la pista 36 L..... | 40 |
| 1.16.2. | Inspección visual de la rotura del neumático por el fabricante..... | 41 |
| 1.16.3. | Estudio de la rotura del neumático..... | 41 |
| 1.17. | Información sobre organización y gestión..... | 44 |
| 1.17.1. | Fabricación de las ruedas del tren..... | 44 |
| 1.17.2. | Recauchutado de los neumáticos..... | 49 |
| 1.17.3. | Información facilitada por el servicio de control..... | 52 |
| 1.17.4. | Información facilitada por el aeropuerto..... | 57 |
| 1.18. | Información adicional..... | 58 |
| 1.18.1. | Fabricación de las ruedas del tren..... | 58 |
| 1.18.2. | Recauchutado de los neumáticos..... | 60 |
| 1.19. | Técnicas de investigación útiles o eficaces..... | 61 |
| 2. | Análisis | 63 |
| 2.1. | Aspectos generales y desarrollo de la emergencia..... | 63 |
| 2.2. | Aspectos relacionados con el diseño de la aeronave..... | 66 |
| 3. | Conclusiones | 69 |
| 3.1. | Constataciones..... | 69 |
| 3.2. | Causas/factores contribuyentes..... | 70 |
| 4. | Recomendaciones | 71 |
| 5. | Apéndices | 73 |
| | Anexo 1. NTSB Comments on CIAIAC's Draft Final Report..... | 75 |
| | Anexo 2. Delta Air Lines Comments on CIAIAC's Draft Final Report..... | 83 |
| | Anexo 3. Good Year Comments on CIAIAC's Draft Final Report..... | 89 |

Abreviaturas

| | |
|------------|---|
| 00:00 | Horas y minutos (período de tiempo) |
| 00.00:00 | Horas, minutos y segundos (tiempo cronológico) |
| 00° | Grados geométricos / Rumbo magnético |
| 00°00'00" | Grados, minutos y segundos (coordenadas geográficas) |
| 00 ° C | Grado Centígrado |
| A/P | Piloto automático |
| ACC | Centro de Control de Área |
| ACS | Habilitación de vigilancia de área de la licencia de controlador aéreo |
| AD (DA) | Directiva de Aeronavegabilidad |
| ADI | Habilitación de control de aeródromo por instrumentos |
| AENA | Ente público Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea |
| AIP | Publicaciones de Información Aeronáutica |
| AIR | Anotación de vigilancia aérea de la licencia de controlador aéreo |
| Al | Aluminio |
| APP | Dependencia de Control de Aproximación |
| APPR | Panel de vuelo de aproximación |
| APS | Habilitación de aproximación de la licencia de controlador aéreo |
| ASDA | Accelerate-stop distance available. Longitud de la pista disponible para la carrera de despegue más una zona de parada |
| ATC | Control del Tráfico Aéreo |
| ATIS | Automatic Terminal Information Service (Servicio Automático de Información de Terminal) |
| ATPL(A) | Piloto de Transporte de Línea Aérea de Avión |
| C/L | Lista de comprobación |
| CATCL | Licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo |
| CAVOK | Condiciones meteorológicas en las que se dan, simultáneamente, las siguientes: Visibilidad de 10 Km o más, ausencia de nubes por debajo de la altura de referencia y ausencia de cumulonimbos, y ningún fenómeno de tiempo significativo. |
| CGA | Centro de Gestión de Aeropuerto |
| Cm | Centímetro |
| CRM | Gestión de Recursos en Cabina |
| Cu | Cobre |
| CVR | Registrador de Voces en Cabina |
| dd/mm/aaaa | Día, mes y año (fecha) |
| DFDR | Registrador Digital de Datos de Vuelo |
| DGAC | Dirección General de Aviación Civil |
| E | Este |
| EASA | Agencia Europea de Seguridad Aérea |
| EICAS | Sistema de alerta e indicación de motor |
| EOBT | Estimated off-Block Time (Tiempo estimado fuera de calzos) |
| FAA | Autoridad de Aviación Civil de los Estados Unidos de América |
| Ft | pies |
| g | gramo |
| H | hora |
| G | Aceleración de la gravedad |
| GMC | Anotación de movimientos en tierra de la licencia de controlador aéreo |
| GMS | Anotación de vigilancia de movimientos en tierra de la licencia de controlador aéreo |
| hPa | Hectopascal |
| IFR | Reglas de Vuelo Instrumental |
| ILS | Sistema de Aterrizaje por Instrumentos |
| IR(ME) | Habilitación de Instructor de vuelo para avión multimotor |
| ITT | Temperatura entre etapas de turbina |
| JAA | Autoridades Conjuntas de Aviación |
| Kg | Kilogramo |
| Km | Kilómetro |
| Kt | Nudo |

Informe técnico A-043/2013

| | |
|---------|--|
| L | Left (izquierda en inglés) que se usa para la designación de las pistas. |
| LCL | Controlador de servicio Local |
| LDA | Landing distance available. Distancia disponible para la carrea de aterrizaje |
| Lb | Libra |
| m. | Metro |
| MAC | Cuerda Media Aerodinámica |
| METAR | Informe meteorológico de aeródromo |
| Mg | Magnesio |
| MHz | Megahercio |
| Mn | Manganeso |
| MTOW | Peso Máximo Autorizado al Despegue |
| N | Norte |
| NDB | Radiofaro no direccional |
| Nm | Milla Náutica |
| NTSB | National Transport Safety Board |
| OACI | Organización Internacional de Aviación Civil |
| P/N | Número de Parte |
| PF | Piloto a los Mandos |
| PM | Piloto que Monitorea |
| PNF | Piloto no a los Mandos (que no vuela) |
| Psi | Libras por pulgada |
| PT | Turbina de Potencia |
| QNH | Ajuste local del altímetro según el código "Q" (Query Newlyn Harbour). |
| R | Right (derecha en inglés) que se usa para la designación de las pistas. |
| RADAR | Anotación rádar de la licencia de controlador aéreo |
| RAT | Turbina de aire de impacto |
| RESA | Runway End Safety Area |
| S | Sur |
| S/N | Número de Serie |
| SAR | Servicios de Búsqueda y Salvamento |
| SB (BS) | Boletín de Servicio |
| SDP | Servicio de Dirección de Plataforma |
| SSEI | Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios |
| TAF | Informe Meteorológico sobre Pronóstico de Aeródromo |
| TCL | Anotación de control de vigilancia de área de la licencia de controlador aéreo |
| TCP | Tripulante de Cabina de Pasajeros |
| TMA | Terminal Manoeuvring Area (Terminal Control Área) |
| TODA | Take-off distance available. Distancia disponible para la carrera de despegue |
| TORA | Take-off run available. Distancia utilizable para la carrera de despegue |
| TWR | Torre de Control |
| UTC | Tiempo Universal Coordinado |
| VFR | Reglas de Vuelo Visual |
| VHF | Muy Alta Frecuencia |
| VOR | Radiofaro Omnidireccional en VHF |
| W | Oeste |

Sinopsis

| | |
|-----------------------------|---|
| Propietario y Operador: | DELTA AIR LINES |
| Aeronave: | BOEING 767 – 332 ER |
| Fecha y hora del incidente: | 5 de diciembre de 2013 a las 12:05 hora local ¹ |
| Lugar del accidente: | Aeropuerto de Madrid Barajas |
| Personas a bordo: | 203 |
| Tipo de vuelo: | Transporte Aéreo Comercial – Regular- Internacional – Pasajeros |
| Fase de vuelo: | Despegue - Ascenso inicial |
| Fecha de aprobación: | 31 de mayo de 2016 |

Resumen del accidente

La aeronave Boeing 767-332 ER operada por la compañía Delta Air Lines con matrícula N182DN e indicativo DAL415, despegó a las 11:41 h por la pista 36 L del aeropuerto de Madrid Barajas con destino al aeropuerto JFK de Nueva York, llevando a bordo 192 pasajeros, 3 pilotos y 8 tripulantes de cabina de pasajeros (TCP).

En la carrera de despegue se rompió la rueda derecha trasera del tren principal de ese mismo lado y los restos de la cubierta desprendidos golpearon en el intradós, abriendo un agujero y fracturando también elementos importantes del sistema hidráulico, que al desprenderse golpearon en el extradós y causaron la pérdida de uno de los paneles del revestimiento del mismo.

Los daños en el sistema hidráulico imposibilitaron que se pudiera replegar el tren de aterrizaje. La tripulación lo detectó de inmediato durante el ascenso y declaró emergencia, regresando a continuación al aeropuerto siguiendo las instrucciones que les dieron desde el Servicio de Control, aterrizando por la pista 32 L a las 12:05 h

Al final de la carrera de aterrizaje la aeronave se salió de la pista por la última calle de salida rápida del lado izquierdo (LA), y se detuvo fuera de la misma en una zona de hierba situada a mitad de distancia entre el final de la pista 32 L y la zona A de la terminal T4, situada más al sur.

¹ Mientras no se indique lo contrario la referencia horaria es la hora local. Para hallar la hora UTC hay que restar una unidad.

Durante la toma de tierra no se produjo incendio. No obstante, los bomberos del aeropuerto, que fueron los que primero detectaron la rotura de la rueda, al oír un fuerte ruido, cuando el avión pasaba frente al parque situado al norte del aeropuerto, ya estaban en alerta y acompañaron a la aeronave durante el recorrido de aterrizaje y una vez detenido el avión actuaron refrescando el tren.

No hubo heridos, y los pasajeros fueron desembarcados por la puerta delantera derecha utilizando una escalera sin que se produjera ninguna incidencia.

La investigación ha concluido con que la causa del incidente fue la rotura de uno de los neumáticos del tren principal, que fue ocasionada porque una pieza metálica quedó alojada en su interior durante el proceso de recauchutado.

Se han emitido cinco recomendaciones. Una de ellas dirigida a DELTA AIR LINES, otra ENAIRE, dos a BOEING y otra a GOOD YEAR.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

La aeronave Boeing 767-332 ER de la compañía Delta Air Lines con matrícula N182DN e indicativo DAL415, despegó a las 11:41 h por la pista 36 L del aeropuerto de Madrid Barajas con destino al aeropuerto JFK de Nueva York, llevando a bordo 192 pasajeros, 3 pilotos y 8 tripulantes de cabina de pasajeros (TCP).

En la carrera de despegue se rompió un neumático del tren principal derecho, y los restos de la cubierta desprendidos golpearon en el intradós, abriendo un agujero y fracturando también elementos importantes del sistema hidráulico, que al desprenderse golpearon a su vez en el extradós y causaron la pérdida uno de los paneles del recubrimiento.



Figura 1. Fotografías de las roturas en extradós (hechas en vuelo)

El fallo del sistema hidráulico imposibilitó que se pudiera replegar el tren de aterrizaje. La tripulación lo detectó de inmediato durante el ascenso y declaró emergencia. A continuación regresó al aeropuerto siguiendo las instrucciones que le dio el Servicio de Control, aterrizando por la pista 32 L a las 12:05 h

Al final de la carrera de aterrizaje la aeronave abandonó la pista por la última calle de salida rápida del lado izquierdo (LA) por la zona pavimentada que existe en la zona de LA y LB (puntos de espera de la cabecera 14 R) sin que la tripulación tuviera control direccional sobre ella y se dirigió hacia la calle de rodadura J3, deteniéndose en una zona de hierba situada a mitad de distancia entre el final de la pista 32 L y la zona A de la terminal T4, que es la que está situada más al sur.



Figura 2. Fotografía de la aeronave nada más abandonar la pista

Durante la toma de tierra no se produjo incendio. No obstante, los bomberos del aeropuerto, que fueron los que primero detectaron la rotura de la rueda, al oír un fuerte ruido cuando el avión pasaba frente a la base que hay al norte del aeropuerto y ya estaban en alerta, acompañaron a la aeronave durante el recorrido de aterrizaje y una vez detenido el avión actuaron refrescando el tren.



Figura 3. Fotografía de la aeronave instantes después

A continuación se exponen los hechos más relevantes ordenados cronológicamente:

- 11:38 h La torre autorizó a la tripulación a entrar en la pista 36 L y despegar, informándoles también de que el viento estaba en calma.
- 11:41 h El avión despegó.
- 11:42 h La aeronave comunicó al Centro de Control en la frecuencia 131,175 MHz que habían tenido un problema y que estaban pensando en declarar emergencia pero que antes tenían que evaluar bien lo que les había ocurrido. Estaban a 3.500 ft para ascender hasta 13.000 ft. Desde el Centro de Control se le instruyó que se mantuviera a dicha altitud cuando la alcanzase.
- 11:43 h El Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI) informó a la torre del aeropuerto de que había oído una explosión durante el despegue de un avión por la pista 36 L y desde la torre se respondió que no tenían constancia de ningún problema, pero que iban a contactar con el Servicio de Control al que ya había sido transferido el avión para ver si había notificado algo y que iban a parar los tráficos en despegue para revisar la pista.
- 11:44 h La aeronave con indicativo IBE04VQ estaba alineada para iniciar el despegue, pero no fue autorizada a despegar. A esa misma hora desde la torre se pregunta

al Centro de Control si tienen controlada a esa aeronave y si saben que es lo que le ha ocurrido. El Centro de Control confirma que está bajo su control. También confirma que no han querido molestar a la tripulación y por eso no les han llamado.

11:46 h La tripulación contactó de nuevo con el Centro de Control y confirmó que iban a regresar y pidió vectores. Le indicaron que girase a la izquierda y tomase rumbo 220°.

La Torre indicó al SSEI que el avión DAL415 seguía con el ascenso según lo previsto y que había recomendado realizar una revisión de la pista.

11:47 h El Centro de Control preguntó a la aeronave si confirmaba que quería regresar al aeropuerto y la respuesta fue afirmativa y que iban a declarar emergencia. Le preguntaron si necesitaba ayuda y contestaron que estaban tratando de determinar qué es exactamente lo que ocurría.

La torre comunicó al SSEI que el avión DAL415 iba a regresar al campo sin saber las causas exactas, que todavía no están en aproximación y que les comunicarán cuál es la pista prevista para aterrizar cuando sepan con certeza cuál va a ser

11:48 h Se decretó la alarma local² (ALA2) por parte de las autoridades del aeropuerto y se activó la sirena del Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA).

El avión que estaba en cabecera esperando a despegar comunicó al Centro de Control que había visto salir humo del motor derecho al despegar el avión de Delta Air Lines y el Centro de Control se lo comunicó inmediatamente a la aeronave, contestándole éstos que tenían un fallo del sistema hidráulico.

11:49 h El Centro de Control preguntó a la tripulación si iban a necesitar asistencia a lo que respondieron afirmativamente, y por qué pista quería tomar tierra si por la 32 L o por la 32 R, respondiendo que por la 32 L.

11:50 h El avión declaró emergencia y desde la sala de Control se pidió a la torre que cerrasen la pista 36 L.

11:51 h La aeronave fue transferida a la frecuencia del servicio de aproximación (128,7 MHz)

11:52 h La tripulación contactó con aproximación que le dijo que mantuviera rumbo 180° y le pidió que contactará de nuevo cuando estuviera a 10 Nm.

² La alarma local se activa cuando se produce un incidente que por su naturaleza y dimensión puede ser atendido por colectivos internos del aeropuerto mediante una movilización preventiva y restringida de medios

La torre informó que se estaba revisando la pista 36 L y que se habían encontrado algunos objetos y a la vez confirmaba que estaba previsto que la aeronave tomase tierra por la pista 32 L en diez minutos. También se notificó a los tráficos que estaban en cabecera de despegue que la pista estaba inoperativa y que les iban a redirigir a las pista 36 R.

11:57 h Fue transferido por control a la torre en frecuencia 127,1 MHz para hacer la aproximación final. Contactó con torre y le pidieron que mantuviera el rumbo para la pista 32 L.

Desde la torre informaron al Centro de Control que habían sido encontrados en la pista de despegue partes de neumático y del fuselaje.

11:58 h El Centro de Control informó a la tripulación que habían sido encontrados en la pista de despegue partes de neumático y del fuselaje, dándose la tripulación por enterados.

12:00 h Fue autorizado a aterrizar por la pista 32 L.

12:02 h Finalmente fue transferido al Controlador de rodadura en la frecuencia 118,15 MHz.

12:03 h Desde la torre se recuerda al Centro de Control que la pista 32 R no tiene las mismas salidas rápidas que la 32 L y que es más rápido abandonar esa pista.

12:05 h El avión tomo tierra por la pista 32 L y salió por la salida LA, decretándose alarma general³ (AG2) a las 12:06. La pista 32 L quedó inoperativa para proceder a su revisión.

12:07 h El piloto informó a la torre de que había perdido los frenos durante el aterrizaje, preguntó si había humo en el avión y pidió hablar con los bomberos.

12:08 h Desde la torre se informó al Centro de Control que ya había tomado, aunque con bastantes dificultades y que casi se salía de la pista. También se comunicó que se iba a cerrar la pista 32 L.

12:09 h El SSEI informó de que estaba reventada una de las ruedas del tren principal derecho y que el avión estaba detenido fuera de pista en J3 y el posible fuego controlado. Torre informó al piloto que no había fuego y que el SSEI estaba refrigerando el tren

12:10 h El CGA solicitó a la torre que la tripulación informase sobre la situación dentro del avión.

³ La alarma general se activa cuando se produce u incidente que por su naturaleza y dimensión puede ser atendido por colectivos internos del aeropuerto, y se prevé que puedan ser necesarios medios externos en mayor o menor cuantía.

- 12:11 h El comandante informó que no había heridos y que la situación era de normalidad. A misma hora se enviaron vehículos para la evacuación del pasaje (conocidos como jardineras). Se desactivó la alarma general (AG2).
- 12:27 h Los Servicios Médicos Aeroportuarios (SMA) llegaron hasta la aeronave.
- 12:31 h Llegaron los vehículos para evacuación del pasaje.
- 12:40 h Llegó hasta la aeronave el vehículo-escalera y a las 12:45 se inició el desembarco de los pasajeros.
- 12:50 h El SMA confirmó que todos los pasajeros estaban bien y tranquilos y se retiró del lugar.
- 13:27 h La compañía aérea informó del inicio del traslado del pasaje al hotel
- 13:30 h Se decretó el final de la alarma local.

1.2. Lesiones personales

| Lesiones | Tripulación | Pasajeros | Total en la aeronave | Otros |
|-------------------|-------------|-----------|----------------------|-----------|
| Muertos | | | | |
| Lesionados graves | | | | |
| Lesionados leves | | | | No aplica |
| Illesos | 11 | 192 | | No aplica |
| TOTAL | 11 | 192 | | |

1.3. Daños a la aeronave

El avión sufrió daños importantes.

1.4. Otros daños

Una vez abandonada la pista 32 L por la calle de salida LA la aeronave golpeó contra un letrero de señalización y lo arrancó. En su recorrido también dañó un total de tres balizas de la calle de rodadura a la altura de la calle de acceso a la cabecera 14R (LA), una luz de eje de pista, una baliza de borde de la pista 14 R-32 L, varios letreros de tamaño menor, cuatro balizas reflectantes de borde de la calle de salida J3 y dos arquetas.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Tripulación

El Comandante, de 57 años, tenía la licencia de piloto de transporte de línea aérea ATPL(A), habilitaciones de clase para los modelos Boeing 757, Boeing 767, Lockheed 382 y Douglas DC-9. También tenía habilitación para vuelo instrumental y para aeronaves multi motor IR (ME). Su experiencia era 16.739 h, y de ellas había realizado en el tipo 6.623 h de las cuales 412 h las había realizado como copiloto. En los últimos 90 días había volado 152 h, y la última verificación de tipo la hizo el 22 de abril de 2013.

La licencia, que había sido emitida por la FAA, estaba en vigor hasta el 20 de abril de 2014 y el certificado médico hasta el 20 de diciembre de 2013

El copiloto tenía 51 años, y contaba con licencia de piloto de transporte de línea aérea ATPL(A), habilitaciones de clase para los modelos Boeing 757, Boeing 767, Douglas DC-9, Cessna Citation CE-500. Contaba con habilitación para vuelo instrumental y para aeronaves multi motor IR (ME). Su experiencia era de 12.000 h, de las que 10.880 h las había realizado en la compañía. En el tipo acumulaba 4.685 h. En los últimos 90 días había volado 168 h y la última verificación de tipo la hizo el 30 de julio de 2013.

La licencia, que había sido emitida por la FAA, estaba en vigor hasta el 30 de julio de 2014 y el certificado médico hasta el 19 de diciembre de 2013

El piloto que iba en el puesto de observador, de 50 años, tenía la licencia de piloto de transporte de línea aérea ATPL(A), habilitaciones de clase para los modelos Boeing 757, Boeing 767 y Beechcraft 1900. También tenía habilitaciones para vuelo instrumental y para aeronaves multi motor IR (ME). Su experiencia era de 13.000 h, habiendo realizado en la compañía 9.900 h y en el tipo 5.304 h. En los últimos 90 días había volado 135 h y la última verificación de tipo la hizo el 12 de noviembre de 2013.

La licencia, que había sido emitida por la FAA, estaba en vigor hasta el 12 de noviembre de 2014 y el certificado médico hasta el 10 de enero de 2014.

1.5.2. Controladores

Los controladores de servicio que estuvieron en contacto con la aeronave fueron cuatro. Todos ellos tenían licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo (CATCL) emitida por AESA, y contaban con habilitación de control de aeródromo por instrumentos (ADI), anotaciones de torre de control (TWR), de movimientos en tierra (GMC), de vigilancia de movimientos en tierra (GMS), de control aéreo (AIR) y de radar de aeródromo (RAD).

También tenían habilitación de control de vigilancia de aproximación (APS) con anotación radar (RAD) y anotación de control terminal (TCL). Igualmente contaban con habilitación de control de vigilancia de área (ACS) con anotaciones de radar (RAD) y de control terminal (TCL).

La controladora local, que dio la salida por la pista 36 L, tenía 41 años y en la anotación de idioma de la licencia figuraba nivel 6 en español y 5 en inglés. Su experiencia era de doce años, de los cuales llevaba nueve destinada en la torre del aeropuerto de Madrid Barajas. La licencia y habilitaciones estaban en vigor hasta el 2 de noviembre de 2014 y el certificado médico hasta el 17 de noviembre de 2014.

El controlador que estuvo en contacto con la aeronave durante el aterrizaje por la pista 32 L tenía 42 años y en la licencia tenía la anotación de Instructor en el puesto de trabajo (On the Job Training Instructor - OJTI). En la anotación de idioma figuraba nivel 6 en español y 4 en inglés. Su experiencia total era de doce años, de los cuales llevaba nueve destinado en la torre del aeropuerto de Madrid Barajas. La licencia y habilitaciones estaban en vigor hasta el 3 de febrero de 2015 y el certificado médico hasta el 11 de septiembre de 2014.

La Supervisora, de 48 años, tenía en la anotación de idioma el nivel 6 en español y 5 en inglés. Su experiencia era de veintidós años, y llevaba quince en esa torre y de ellos siete como supervisora. La licencia y habilitaciones estaban en vigor hasta el 9 de octubre de 2014 y el certificado médico hasta el 11 de febrero de 2015.

El supervisor, de 47 años, también tenía la anotación de Instructor en el puesto de trabajo (OJTI), y en la anotación de idioma figuraba nivel 6 en español y 5 en inglés. Su experiencia era de doce años, todos ellos en la Torre de Madrid Barajas y previamente había estado trabajando en AENA como Ingeniero aeronáutico. La licencia y habilitaciones estaban en vigor hasta el 28 de agosto de 2014 y el certificado médico hasta el 2 de julio de 2014.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Información general

La aeronave Boeing B-767-332 ER con matrícula N182DN fue entregada el 5 de noviembre de 1992 con número de serie 25987 y contaba con 95.491 h de funcionamiento.

Tenía una envergadura de 47,574 m, una longitud de 48,514 m y una altura total de 16,104 m, y estaba configurado para transportar 211 pasajeros.

Según el manual de vuelo, su peso máximo al despegue 185.065 Kg (408.000 lb) y su peso máximo al aterrizaje 145.149 Kg (320.000 lb). El peso sin combustible (ZFW)

133.809 Kg (295.000 lb)⁴ y el peso máximo durante la rodadura (taxi) 185.519 Kg (409.000 lb).

Montaba dos motores tipo turbofan PRATT & WHITTNEY PT6A-67D 4060.

El motor izquierdo (Nº 1) tenía número de serie 727744 y fue entregado el 30 de septiembre de 1997. Tenía un total de 67.754 h de funcionamiento (9.625 ciclos) y el tiempo transcurrido desde la última revisión general era 48.801 h (6.649 ciclos).

El motor derecho (Nº 2) tenía número de serie 724751 y fue entregado el 18 de junio de 1996. Tenía un total de 69.140 h de funcionamiento (12.811 ciclos). El tiempo transcurrido desde la última inspección era 1.505 h (202 ciclos) y el tiempo transcurrido desde la última revisión general era 18.479h (2.672 ciclos).

El tren de aterrizaje principal estaba compuesto por ocho ruedas, cuatro en cada pata del tren principal. El neumático que se rompió estaba en la esquina derecha trasera del tren de ese lado y se designa como Nº 8. El número de serie de la llanta de la rueda Nº 8 era DL1726. El número de parte del neumático 020-807-0 y su número de serie 1277R00294. Habían sido recauchutados por Good Year en la planta de Kingman (Arizona) en julio de 2013. Los neumáticos se montaron en las llantas el 21 de agosto de 2013 y las ruedas se instalaron en el avión el 3 de septiembre de 2013. Desde entonces se habían realizado 145 ciclos.

Las revisiones de mantenimiento las hacía el propio operador⁵. Estaban en regla y de acuerdo con el programa de mantenimiento aprobado.

1.6.2. Estructura del ala

Las estructuras primarias del ala son de aluminio, esto es, los largueros delantero y trasero, los larguerillos, las costillas, los paneles de revestimiento y los paneles de refuerzo. El cajón central del ala está dentro del fuselaje y todos los elementos que los unen son también de aluminio.

El ala alberga los tanques de combustible y el tren de aterrizaje, que va apoyado en una viga y en el larguero trasero.

Las estructuras secundarias del ala soportan el carenado, los mecanismos de control y las superficies de mando, las cuales están fabricadas en materiales compuestos.

⁴ No obstante en las placas de cabina ponía 298.300 lb

⁵ Tiene, entre otros, los certificados USA: FAA - 121 Certified Air Carrier No. DALA026A, USA: FAA - 145 Certified Aviation Repair Station No. DALR026A y EU: EASA - 145 Certified Aviation Repair Station No. EASA.145.4380

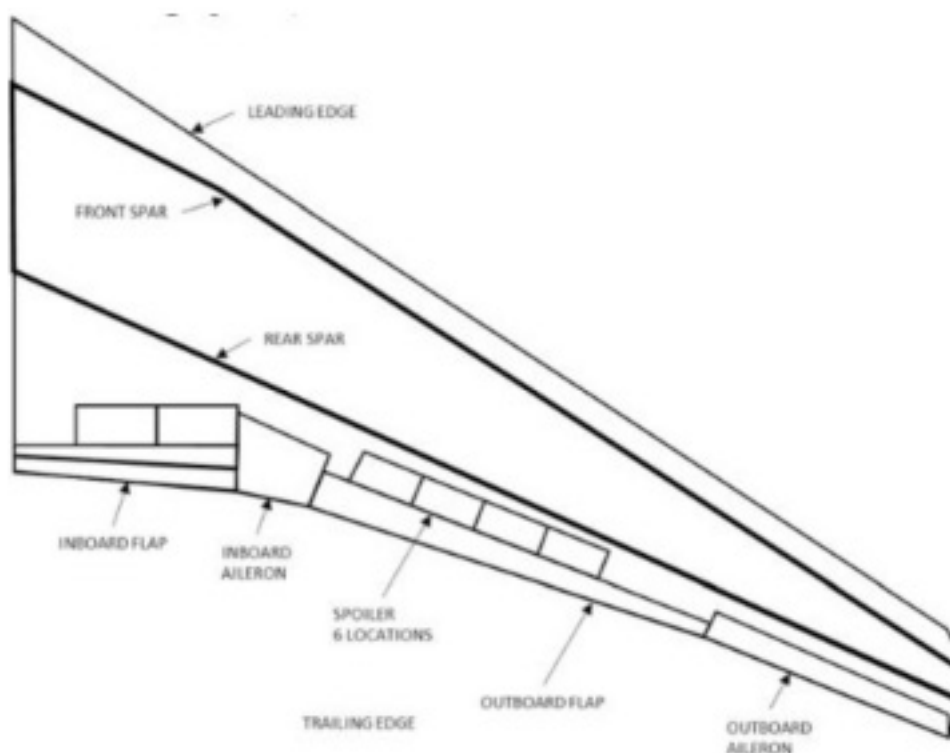


Figura 4. Estructura del ala

1.6.3. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico consta de tres subsistemas independientes que proveen líquido a una presión máxima de 3.000 psi para operar los distintos sistemas de avión. Se identifican como izquierdo (L), derecho (R) y central (C).

Varias bombas independientes pueden suministrar presión a cada uno de los sistemas. Las superficies de control de vuelo tales como alerones, elevadores, y timón de dirección son accionados por uno o más de los sistemas hidráulicos en una disposición que minimiza el efecto de la pérdida de uno o dos sistemas hidráulicos.

Las líneas de alta presión y las líneas de retorno críticas están hechas de titanio. Las líneas de retorno no crítico están fabricadas en aluminio y las tuberías son de acero inoxidable.

Las tuberías tienen un color para designarlas, de manera que las del sistema izquierdo se designan con el rojo, las del sistema derecho con el verde y las del sistema central en azul.

Las presiones aproximadas usuales que ocurren en las líneas hidráulicas son 3.000 psi en las líneas de presión, 600 psi en las líneas de retorno y 65 psi en las líneas de suministro.

Hay unos depósitos acumuladores que proporcionan presión si se produce fallo de los sistemas de izquierdo y central. Los pilotos tienen indicación en cabina sobre el estado de cada sistema hidráulico. En la figura 5 se puede ver un esquema del sistema y los elementos que se puede accionar con cada subsistema:

Respecto al sistema hidráulico principal hay que tener en cuenta que

- Los componentes del sistema central se encuentran tanto en el alojamiento (pozo) del tren principal del lado derecho como en la parte delantera del plano izquierdo junto al carenado del fuselaje. Las fuentes de presión primaria para este sistema son dos bombas de corriente alterna. La bomba que atiende la demanda del sistema central es una bomba accionada por aire. Las dos bombas de corriente alterna funcionan continuamente cuando los interruptores están encendidos y hay energía eléctrica disponible. La bomba de aire es accionada por el aire que se obtienen del sangrado del motor y se puede poner en dos posiciones, en el modo ON o en el modo AUTO. En el modo ON, la bomba funciona continuamente.
- Los componentes del sistema izquierdo y del derecho están situados uno en cada motor en la zona de carenado del mismo. La fuente de presión principal para cada uno de estos sistemas es una bomba accionada por el motor que actúa continuamente cuando el motor está en marcha. Una válvula de despresurización, controlada por el interruptor de la bomba, detiene el flujo de fluido desde la bomba eléctrica. Esta se puede accionar en modo ON o en modo AUTO.

En el modo ON, la bomba funciona continuamente. En el modo AUTO, la bomba permanece apagada hasta que la demanda del sistema es superior a la salida de la bomba accionada por el motor. Sin embargo, la bomba eléctrica derecha funcionará continuamente en el modo AUTO, en tierra cuando los flaps están accionados. Sobre el terreno, la bomba eléctrica izquierda se inhibe durante el arranque de cualquiera de los motores para reducir las cargas eléctricas del generador de la Unidad de Potencia Auxiliar (APU).

- Cada sistema hidráulico consta de un depósito de fluido que se presuriza gracias al aire que suministra el sistema neumático. También consta de unos módulos que filtran el fluido limpio que se ha drenado de la bomba para devolverlo al sistema. Unos intercambiadores de calor en los depósitos de combustible enfrían el fluido excedente de la bomba antes de que vuelva al depósito.
- Conexiones de alimentación de tierra están en la riostra del motor, sobre la viga del tren principal, entre el alojamiento de la rueda, y el carenado. Estas conexiones es donde se puede conectar una fuente de presión hidráulica externa.

Respecto a los componentes del sistema hidráulico secundario:

- La turbina de aire de impacto (RAT) es una fuente de presión auxiliar para el sistema central. Está alojada en la parte delantera derecha del fuselaje. Se despliega

automáticamente si las revoluciones del eje de potencia del motor (N_2) caen por debajo de 50% en ambos motores. También se puede accionar manualmente desde la cabina. Cuando se despliega, suministra presión al sistema central para el funcionamiento de los controles de vuelo.

- El sistema de compensación de cabeceo suministra automáticamente la potencia hidráulica al sistema de control de ajuste del estabilizador en caso de fallo de los sistemas hidráulicos izquierdo y central. Utiliza el sistema hidráulico derecho para presurizar una parte aislada del sistema hidráulico izquierdo sin transferir fluido entre los dos sistemas. La parte aislada del sistema hidráulico de la izquierda contiene un módulo de ajuste estabilizador que proporciona la compensación del mismo. Los componentes de este sistema están instalados en el compartimiento del estabilizador en el extremo trasero del avión.

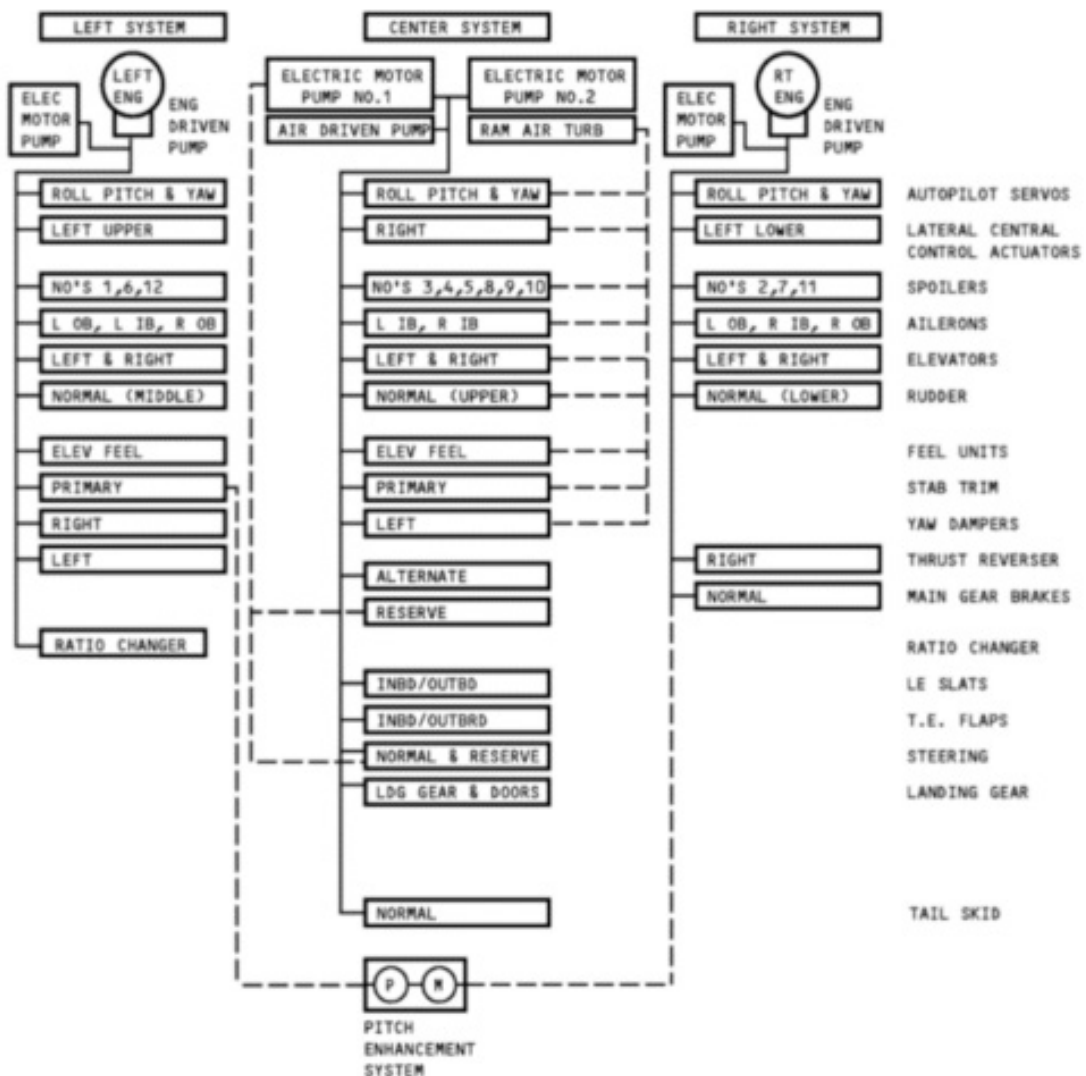


Figura 5. Diagrama de funcionamiento del sistema

1.6.4. Sistema de frenos

El sistema de frenos hidráulico consta de múltiples discos de freno de rotor y estator en cada rueda del tren principal. Los frenos son accionados por los pedales de freno del piloto y del copiloto o automáticamente por medio de válvulas de control de freno automático. Tiene un sistema de antideslizamiento para evitar que se produzca este durante la operación de frenado.

El sistema de frenos se alimenta normalmente por el sistema hidráulico derecho. Sin embargo, si se pierde presión en el sistema hidráulico derecho, la presión del sistema central es seleccionada automáticamente por la válvula alternativa selectora de freno y permite operar los frenos. Si se pierde la presión en los sistemas de derecho y central, los pilotos pueden seleccionar el sistema de reserva para operar los frenos. El sistema de reserva es un motor eléctrico conducido por la bomba del sistema central, que está dedicado a actuar sobre el sistema de freno y para el guiado de la rueda delantera.

Si el sistema de reserva no está en funcionamiento, un acumulador hidráulico en el sistema de frenado normal proporcionará una capacidad de frenado limitada.

Durante la operación de frenado, la efectividad está limitada o bien por la fricción entre el neumático y la superficie de la pista (fricción limitada) o por la presión máxima de la que se disponga al pisar los pedales (torque limitado) El vaciado del líquido hidráulico que hay en el depósito acumulador durante el frenado se produce en tres fases, que son el llenado inicial del depósito, la demanda de un flujo activo de líquido hidráulico durante la frenada y salida de este por la válvula Durante las dos primeras fases, el líquido que hay en el acumulador dependerá de la presión ejercida sobre los frenos y de cómo se ejerza ésta, de manera que si se frena de manera constante y progresiva el vaciado será más lento que si se frena accionando los pedales más de una vez.

1.6.5. Tren de aterrizaje

El sistema de tren de aterrizaje está compuesto por dos trenes principales y el tren delantero, un sistema de extensión y retracción de los trenes, ruedas y frenos, un sistema de dirección, y un sistema de indicación en cabina del estado de los trenes y sus correspondientes puertas.

El tren de aterrizaje principal absorbe las principales cargas durante el aterrizaje y soporta la mayor parte del peso del avión en el suelo. Las compuertas se repliegan y se extienden a la vez que el tren.

El tren delantero proporciona control direccional al avión, durante su rodadura en tierra. También absorbe parte de las cargas que se producen durante el aterrizaje. Las compuertas

también se repliegan y extienden a la vez que el tren. La extensión y retracción tanto del tren de aterrizaje principal como del tren delantero, y las correspondientes compuertas se accionan mediante el sistema hidráulico que se complementa con componentes accionados mecánicamente. El tren se puede extender mecánicamente en el caso de fallo del sistema hidráulico. El sistema proporciona un aviso en cabina sobre el estado del tren.

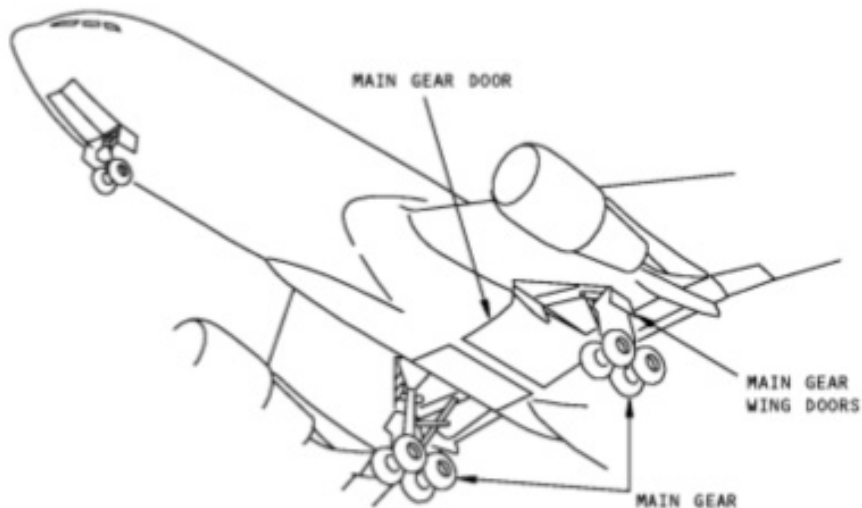


Figura 6. Posición y elementos del tren de aterrizaje

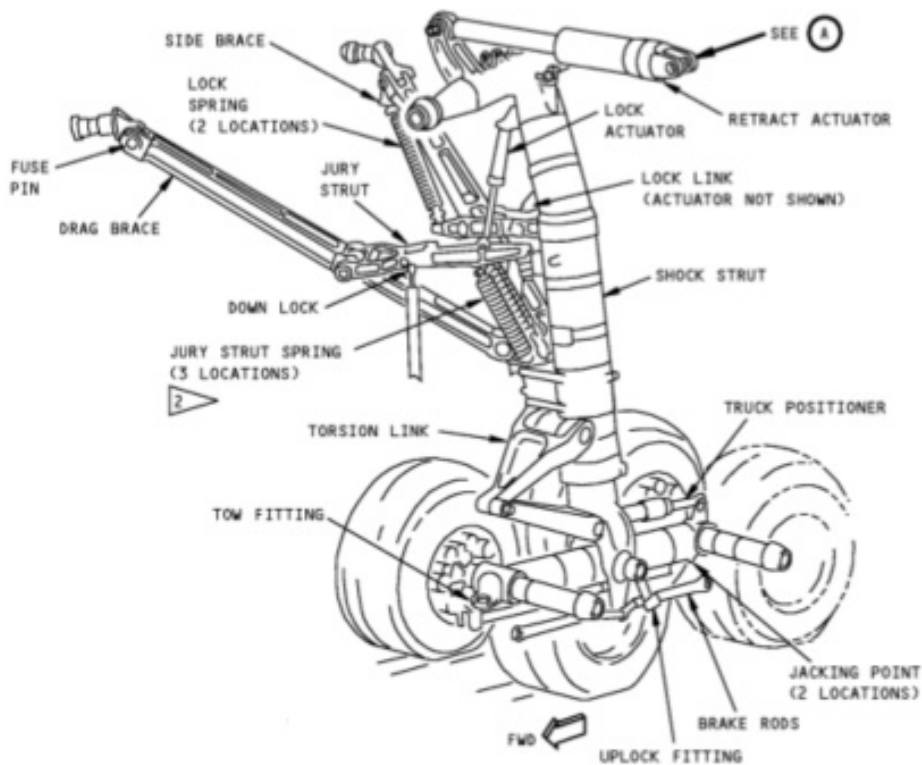


Figura 7. Componentes del tren principal

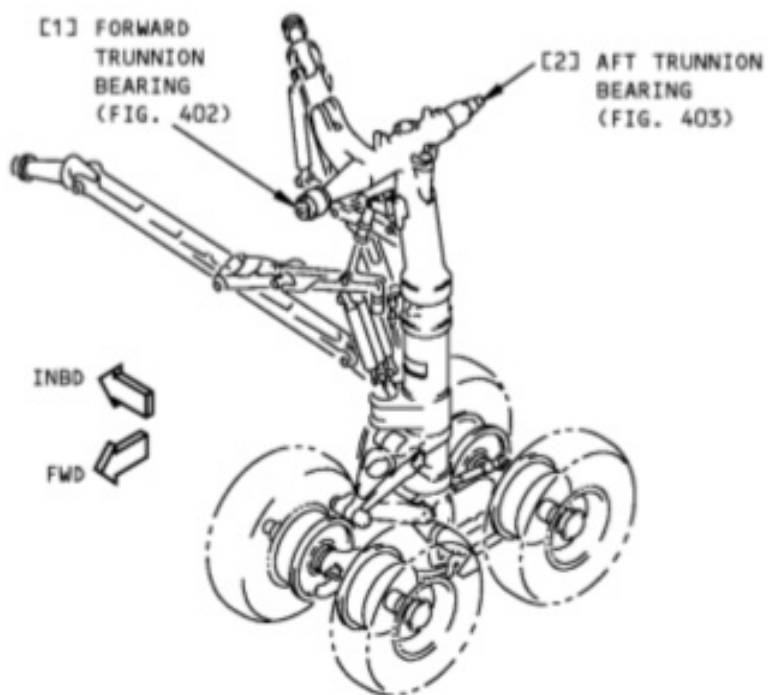


Figura 8. Componentes del tren delantero

1.6.6. Sistema de reversa del motor

El sistema de reversa forma parte del sistema de control de potencia, el cual consta de dos palancas para suministrar potencia a los motores, un freno y un acelerador automático.

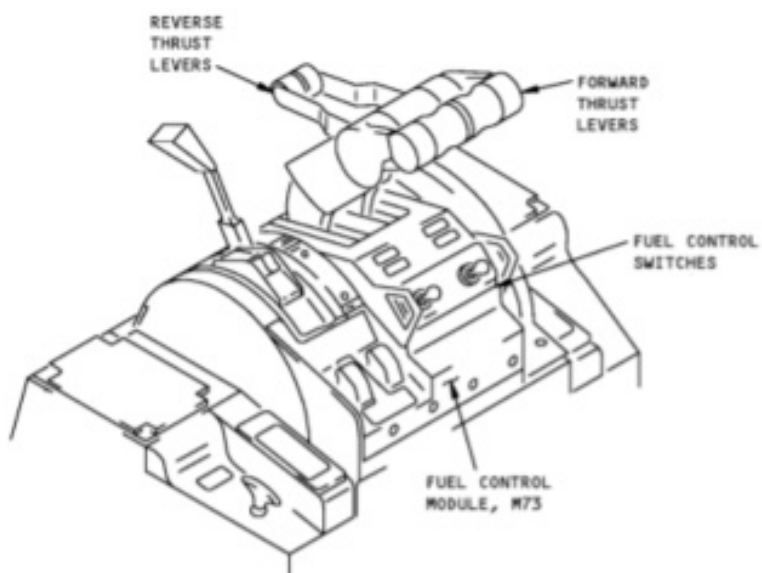


Figura 9. Palancas de potencia

Este sistema sirve para proporcionar el suministro de combustible al motor de manera controlada.

Las palancas de potencia se mueven hacia adelante y hacia atrás y están conectadas directamente al conjunto de freno y acelerador automático mediante una barra de control. El desplazamiento de la palanca hacia adelante tiene un recorrido de 56°. Hay un tope mecánico dentro de la propia palanca que impide desplazarla hacia atrás si no se quita una guarda.

Las palancas de empuje inverso tienen un recorrido de 88,5°. Hay un tope mecánico que impide mover las palancas cuando está armada la reversa desde la posición de ralentí hacia adelante.

1.6.7. Sistema de combustible

El sistema de combustible tiene tres depósitos, uno central situado en la parte baja del fuselaje, al que se le puede cargar un máximo de 80.490 lb (38.324 Kg) de combustible y los otros dos alojados en los planos, que pueden alojar 42.671 lb (19.355 Kg) cada uno.

El depósito central es el primero del que se consume el combustible y cuando éste se gasta se empieza a consumir de los depósitos del ala. Cada uno de estos surte al motor de su lado. No obstante, cualquiera de ellos puede alimentar al motor del plano contrario por medio de una válvula de trasvase.

El sistema cuenta con un mecanismo (Fuel Jettison) que se acciona en el panel superior de la cabina, que permite la descarga del combustible que hay en el depósito central, por si ocurriera una emergencia y hubiera que reducir peso para ajustarse a las prestaciones del avión durante el aterrizaje. La velocidad de descarga es de 80.400 lb a la hora, lo que quiere decir que se tarda este tiempo en vaciar el depósito central entero.

Cuando se despachó el avión, iba cargado con 101.000 l de combustible y de acuerdo con la hoja de carga su peso era 373.950 lb (169.619 Kg).

1.6.8. Información del Manual Básico de Referencia (QRH)

El Manual de referencia básico (Quick Reference Handbook - QRH) que va en la cabina del avión incluye tablas de distancia para detener el avión y la distancia desde que éste se encuentra a 1.000 ft de altura, dependiendo de la configuración del mismo. Las tablas indicaban que en el caso de una pérdida de los sistemas hidráulicos central y derecho, con las condiciones de vuelo (peso bruto, altitud de presión, temperatura y condición de pista), la distancia de aterrizaje requerida sería aproximadamente 7.500 ft. En este caso

el avión recorrió aproximadamente 13.000 ft (incluyendo la distancia en el aire), que suponen 5.500 ft más de lo que figura en el QRH.

Esto es así porque la distancia de frenado expresada en el QRH no está calculada mediante un modelo concreto de frenado usando el líquido del acumulador, sino usando como modelo el de la fuente hidráulica de frenado activo pero con una eficacia reducida. Este enfoque no tiene en cuenta el carácter finito del líquido del acumulador como fuente de presión.

Se estudió también si el tiempo de reacción de la tripulación en aplicar los frenos era acorde con la información del QRH y se concluyó con que en principio la longitud de pista parecía suficiente por lo que no parecía que hubiera urgencia para pisar los frenos. Profundizando más, se llegó a la conclusión de que en este caso concreto una cierta demora en aplicar los frenos daría lugar a que la distancia total de parada disminuyera. Aunque este resultado parece ser contrario a la intuición, esto es así porque el acumulador tiene una cantidad concreta de líquido hidráulico que se agota después de pisar los frenos. A altas velocidades el acumulador se vacía antes porque circula más líquido por las tuberías del sistema de frenado debido a que la fuerza de rozamiento es menor. Al estudiar cómo influía la presión aplicada al freno, se obtuvo que el retraso en el frenado acortaba la parte de la carrera de aterrizaje donde la fricción es mayor, que es el período durante el cual el consumo de líquido hidráulico es más grande.

1.6.9. Proceso de certificación de la banda de rodadura del neumático

De acuerdo con la información facilitada por el fabricante del avión, el proceso de certificación de la banda de rodadura del neumático sigue la norma establecida por la Autoridad de Aviación de Estados Unidos (Federal Aviation Administration – FAA), que es la 14 CFR 25.729 (f)

La prueba de certificación consistió en el lanzamiento de un proyectil desde un cañón de aire. El proyectil era un cilindro macizo de goma de 2 pulgadas (5,08 cm) de espesor, 2.4 lb(1.088 gr) de masa, que tenía un diámetro de 6 pulgadas (15,24 cm) y dureza equivalente a la de una banda de rodadura de los neumáticos de uso habitual. El proyectil se lanzó desde una zona comprendida entre 10° desde el plano exterior de rotación del neumático hacia fuera y 7° desde el plano interior de rotación del neumático hacia dentro.

Los únicos componentes asociados con una función esencial en el intradós del ala, identificados durante el proceso de certificación, eran las poleas de cable para los actuadores de control central lateral en ambos planos, que se diseñaron para tolerar un impacto de la banda de rodadura del neumático sin que experimentasen una desviación que no fuera aceptable de los cables de control lateral. En la prueba no se menciona nada respecto a los sistemas hidráulicos situados en la zona de lanzamiento del proyectil, por lo

que se supone que éstos no se consideraron como esenciales al situarse en los dos planos solamente dos sistemas hidráulicos (el derecho y el central) expuestos al lanzamiento de la banda de rodadura del neumático. El tercer sistema hidráulico (el izquierdo) se ubica junto al depósito de combustible del ala donde la estructura principal del ala proporciona más protección.

Durante la investigación, el fabricante también comentó que estaba estudiando la manera de mitigar los efectos de los restos de neumático que pudieran causar daños en determinadas zonas como ocurrió en este evento.

También informó de que desde que fueron certificados los modelos 767-200 y 767-300, se han desarrollado nuevas metodologías y enfoques de certificación y por ello, en la actualidad, tanto la Agencia Europea de Seguridad Aérea (European Aviation Safety Agency – EASA) como la ya mencionada FAA están revisando las normas de certificación ante la amenaza de los neumáticos.

1.7. Información meteorológica

Los METAR que había a las 11:30 h y a las 12:00, poco antes de que el avión despegara eran los siguientes:

- METAR LEMD 051030Z VRB01KT CAVOK 07/00 Q1029 NOSIG
- METAR LEMD 051100Z 22001KT CAVOK 09/M00 Q1029 NOSIG

1.8. Ayudas para la navegación

Esta información no es aplicable en esta investigación.

1.9. Comunicaciones

En la tabla adjunta se transcriben literalmente las conversaciones más relevantes entre la tripulación y los Servicios de Control, dada su importancia.

| HORA | ESTACIÓN | TEXTO |
|-------------|-----------------|---|
| 11:42:44 | DAL415 | Departure, DAL415 35 hundreds for one three thousands, we've had a problem, I think We'll have to declare an emergency and request vectors ... We'll have to take a look at... the problem first |
| 11:42:58 | LECM | DAL415 roger, then maintain one three thousand when reaching. |
| 11:46:03 | DAL415 | Yes sir, we are climbing now for 9.000 ft on our way up for 13.000 ft... we'd like to not get too much further away from the airport, can you give us vectors back towards the airport? |
| 11:46:13 | LECM | Affirm... DAL415 turn left heading two two zero |
| 11:46:25 | DAL415 | ...Left turn, do we make a right turn... it's pretty much ...to our left |
| 11:46:40 | LECM | DAL415, to your right there's traffic coming out of the 33R, can you climb a little higher and then turn left? |
| 11:46:49 | DAL415 | That's affirm... DAL415, we'll continue climbing 13.000 and then we'll make to the left turn, to what heading? |
| 11:46:59 | LECM | You can turn left to heading two zero zero at your discretion when you are high enough |
| 11:47:04 | DAL415 | Ok, two zero zero when able, DAL415 |
| 11:47:22 | LECM | DAL415, confirm you want to return to the airport? |
| 11:47:26 | DAL415 | That's affirmative sir, we have declared an emergency, we are coming back in |
| 11:47:30 | LECM | Roger, do you need any help with the... |
| 11:47:33 | DAL415 | ...Not sure at this..., we are sill trying to figure out what exactly is wrong |
| 11:48:34 | DAL415 | DAL415, go ahead sir, we are in the last turn to heading two zero zero |
| 11:48:38 | LECM | Roger, you can continue turning left to heading one eight zero and... the traffic that was behind you in the runway has told me that he saw some kind of smoke coming out of your right engine... number two, number two engine |
| 11:48:52 | DAL415 | Ok, DAL415 understand smoke coming out, we think we have a hydraulic failiure |
| 11:49:29 | LECM | DAL415, do you know you are gonna need assistance by the... at the runway |
| 11:49:38 | DAL415 | DAL415, that's affirmative sir, if you can have ... <i>ininteligible</i> ... appreciate it |
| 11:49:54 | LECM | DAL415, I believe I blocked you, do you need 32R or is 32L ok? |
| 11:50:02 | DAL415 | 32L will be find, sir |
| 11:51:43 | LECM | DAL415 contact Madrid on 128.7, bye bye |
| 11:51:48 | DAL415 | 128.7 for DAL415, thank you |
| 11:52:00 | DAL415 | Madrid, DAL415 is with you, emergency aircraft |

| HORA | ESTACIÓN | TEXTO |
|----------|----------|--|
| 11:52:05 | LECM | DAL415 good morning, radar contact, maintain heading One eight zero, It's initial vector and I'll call you back within one zero miles, sir |
| 11:52:16 | DAL415 | DAL415 roger |
| 11:53:54 | LECM | DAL415 turn left heading one five zero degrees, heading one five zero, descend altitude 8.000ft, QNH 1029 |
| 11:54:07 | DAL415 | DAL415 is left turn to one five zero, descending 8.000ft on altimeter 1029 |
| 11:54:15 | LECM | DAL415 that's charlie charlie sir, if you need any speed or any vector let me know whenever you want |
| 11:54:26 | DAL415 | Ok, DAL415, thank you, we are going to... as we descend We'll just probably take vectors for the final for the ILS 32L |
| 11:54:35 | LECM | 415 ... <i>ininteligible</i> ... expect final vector on next frequency In about... sixteen, seventeen miles |
| 11:54:44 | DAL415 | DAL415 |
| 11:56:55 | LECM | DAL415 descend altitude 5.000ft and report heading on 127.1, bye now |
| 11:57:02 | DAL415 | ...Descending to 5.000ft and we'll report the heading on 127.1, was it? |
| 11:57:09 | LECM | ...415 that's charlie charlie sir, bye bye |
| 11:57:18 | DAL415 | ...5.000... <i>interferencia</i> ... requesting vectors for ILS 32L |
| 11:57:23 | LECM | Delta one... correction, DAL415 buenos días, identified, maintain heading, expect 32L |
| 11:58:43 | DAL415 | DAL415, go ahead madam |
| 11:58:45 | LECM | DAL415, you may descend altitude 4.000ft, QNH1029 and for your information debris of fuselage and tyre have been found on the runway |
| 11:58:59 | DAL415 | Ok, understand for DAL415 you found the... a tyre and other debris? |
| 11:59:07 | LECM | Affirm sir, fuselage debris, but did you find a tyre? |
| 11:59:09 | DAL415 | Debris, debris of tyre |
| 11:59:38 | LECM | DAL415 roger Sir, turn left heading zero three zero degrees |
| 11:59:42 | DAL415 | Turning left zero three zero degrees, DAL415 |
| 12:00:11 | LECM | DAL415 continue turning left heading three six zero degrees, cleared ILS approach 32L |
| 12:00:19 | DAL415 | DAL415 is continuing to turn three six zero... and cleared to the ILS 32L approach |
| 12:01:07 | DAL415 | Now, DAL415, be advised we are gonna have to stop short ahead on the runway |
| 12:01:16 | LECM | 415 that's copied, and confirm continue approach |
| 12:02:29 | LECM | DAL415 call now tower on 118.15 and good day... good. Luck, Sir |
| 12:02:35 | DAL415 | 118.15, DAL415 |

Informe técnico A-043/2013

A continuación se resumen las comunicaciones más importantes mantenidas por teléfono entre los controladores de la Torre (LEMD) y el Supervisor del TMA de Madrid (LECM).

| HORA | COMUNICACIÓN |
|----------|---|
| 11:44:15 | Desde LEMD preguntaron a LECM si tienen en frecuencia al DELTA 145 y les confirman que sí. También les preguntan si saben si ha tenido algún problema, ya que los SSEI del aeropuerto han comunicado que habían oído un fuerte ruido. Les contestan que les han comunicado que han tenido un problema y que están esperando que les diga qué es lo que ocurre y si van a declarar emergencia. |
| 11:46:10 | Desde LECM comunican que la tripulación ha pedido que revisasen la pista y LEMD les contestan que están en ello y que ya avisarán con el resultado de la revisión. |
| 11:47:35 | LECM confirma que la tripulación ha declarado emergencia y que está regresando al aeropuerto. |
| 11:49:35 | LEMD comunica que el avión que estaba esperando para despegar detrás ha visto salir humo. |
| 11:55:24 | LEMD confirma que van a aterrizar por la pista 32L y que en la revisión de la pista 36L se han encontrado bastantes restos de goma y otros que ellos identifican como pertenecientes al fuselaje. |
| 12:08:41 | LEMD confirma a LECM que ya ha tomado por la pista 32L con bastante dificultad, que ha abandonado la pista como ha podido y que van a mantener tanto la pista 36L como la pista 32L cerradas y que ya avisará cuando se abran de nuevo. |

Finalmente se resumen otras comunicaciones, también destacadas, que tuvieron lugar durante el suceso.

| HORA | COMUNICACIÓN |
|----------|---|
| 11:43:15 | Los SSEI de la base norte comunican a control que han oído una explosión cuando despegaba el avión DEL145 y que es posible que tenga algún problema. |
| 11:43:21 | Control comunica al avión IBE04VQ, que iba a despegar inmediatamente después que el DAL415, que hay un tráfico que ha entrado en área de bloqueo. A continuación le indica que no puede autorizarle a despegar. |
| 11:45:15 | La torre de control pide a uno de los vehículos de los Técnicos de Operaciones en el Área de Maniobras (TOAM), con indicativo PAPA 14 que por favor revise la pista 36L. |
| 11:46:44 | Control confirmó a los SSEI que el DEL145 les había confirmado que tenía un problema y que recomendaba revisar la pista, pero que todavía no sabían bien de qué problema se trataba. |
| 11:47:14 | Se inicia la revisión de la pista por parte de PAPA 14 con autorización de la torre de control. |
| 11:48:06 | El avión IBE04VQ comunicó a control que habían visto que del motor número dos salía bastante humo. |

| HORA | COMUNICACIÓN |
|----------|--|
| 11:49:14 | PAPA 14 informó a la torre de que ha encontrado restos. Le dice que deberían entrar varios coches más ⁶ . |
| 11:51:38 | La Torre autorizó a entrar en la pista 36L al vehículo PAPA 20 |
| 11:51:57 | La Torre autorizó a entrar en la pista 36L al vehículo PAPA 3. |
| 11:54:10 | El vehículo PAPA 20 informó a la torre de que hay restos diversos (goma, revestimiento) y que va a llevar tiempo recogerlos todos. También solicitó los servicios de limpieza. |
| 11:54:11 | Los SSEI dijeron a la Torre que el Centro de Gestión del Aeropuerto (CGA) les había informado que el avión iba a aterrizar por la pista 32L y les pidieron confirmación. La Torre les confirmó que esa era la pista por la que iba a aterrizar. |
| 11:55:38 | Desde Torre autorizaron a los SSEI a hacer el seguimiento a la aeronave por la pista 32L después de que aterrizase. |
| 12:02:54 | El vehículo PAPA 20 informó a la torre de que había restos de un neumático y que al desprenderse seguramente tenía que haber ocasionado que se desprendieran otro tipo de restos de revestimiento. |
| 12:03:33 | El vehículo PAPA 3 informó a la torre de que el último tercio de pista estaba inspeccionado y despejado. |
| 12:05:19 | Los SSEI comunicaron que entraban en la pista y la Torre colacionó. |
| 12:07:52 | La torre autoriza al vehículo PAPA 7 a entrar en la pista 32L para revisarla. |
| 12:09:37 | La torre autoriza al vehículo PAPA 21 a entrar en la pista 32L para revisarla |
| 12:10:34 | El vehículo PAPA 20 informó a la torre de que la pista 36L ya estaba totalmente revisada y que había sido limpiada por los cinco vehículos TOAM que habían intervenido. Le confirmó también que no se necesitaba que entrasen los servicios de limpieza. Desde torre le informaron que era necesario que revisasen la pista 32L. |
| 12:12:33 | Los SSEI confirmaron los daños exteriores y que no había incendio. |
| 12:15:00 | Los SSEI comunicaron que estaban refrigerando el tren de aterrizaje y que habían solicitado unos autobuses para evacuar a los pasajeros. |
| 12:17:08 | La torre autorizó al Servicio de balizamiento a realizar una revisión en la zona por donde se había salido el avión. |
| 12:15:33 | La torre autoriza al vehículo PAPA 10 a entrar en la pista 32L para revisarla y comprobar también si hay desperfectos en los laterales. |
| 12:29:48 | Los SSEI comunicaron que la escalera para desembarcar a los pasajeros y los autobuses ya estaban junto al avión. También pedían que la Torre comunicase al piloto que iban a situar la escalera junto a la puerta del avión. |
| 12:42:53 | Los SSEI comunicaron que ya tenían la escalera colocada en la puerta del avión y que comunicasen al piloto que también estaba el servicio médico por si alguien necesitaba atención. |

⁶ De las comunicaciones se infiere que también entraron los vehículos PAPA 8 y PAPA 9, pero no consta en los archivos de audio en que momento fueron autorizados a entrar en la pista, pero sí el momento en el que fueron autorizados a abandonarla después de haber participado en las tareas de revisión y limpieza.

1.10. Información de aeródromo

1.10.1. Información general

El aeropuerto de Madrid Barajas está situado a 13 Km al noreste de la ciudad, y tiene categoría 4E⁷ de acuerdo a la denominación de la OACI. Su punto de referencia tiene una elevación de 609 m (1998 ft) y dispone de cuatro pistas paralelas dos a dos designadas con 18R/36L, 18L/36R, 14R/32L y 14L/32R.

Cuando el aeropuerto opera en configuración norte, las pistas denominadas como 36 se utilizan para despegues y las denominadas como 32 para aterrizajes. Cuando opera en configuración sur, las pistas designadas como 14 se usan para despegues y las designadas como 18 para aterrizajes.

1.10.2. Pista 36 L

La pista 36 L tiene unas dimensiones de 4.179 m x 60 m y su umbral (THR) está situado a 605 m (1985 ft) de altitud. De acuerdo con la información en el AIP (Publicación de información Aeronáutica) de AENA, las distancias y longitudes declaradas son las siguientes:

- La distancia declarada utilizable para la carrera de despegue (Take-off run available - TORA) es 3.720 m
- La distancia de la pista disponible para la carrera de despegue más una zona libre de obstáculos, si existe (Take-off distance available - TODA) es 4.150 m
- La longitud de la pista disponible para la carrera de despegue más una zona de parada, si existe (Accelerate-stop distance available - ASDA) es 3.720 m
- La longitud de la pista disponible para la Carrera de aterrizaje (Landing distance available - LDA) no está publicada.

Las medidas del Área Libre de Obstáculos⁸ (Clearway - CWY) son 430 m x 150 m, la franja⁹ de pista tiene unas dimensiones de 4.299 m x 300 m y el Área de Seguridad de Extremo de Pista¹⁰ (Runway End Safety Area - RESA) tiene unas medidas de 240 m x 150 m. No tiene descrita zona de parada¹¹ (Stop Runway – SWY).

⁷ El número 4 implica una longitud mínima necesaria del campo de referencia de 1.800 m y la letra E que las aeronaves que pueden operar deben tener una envergadura entre 52 m y 65 m y vía máxima entre 9 m y 14 m.

⁸ CWY es un área más allá de la pista pavimentada, libre de obstrucciones y bajo el control de las autoridades aeroportuarias.

⁹ La franja es un área que incluye la pista y la zona de parada para reducir el riesgo de siniestro en caso de aborto de despegue y para proteger a la aeronave durante el despegue y el aterrizaje.

¹⁰ RESA es un área simétrica respecto a la línea central de pista situada más allá de la franja que sirve para reducir el riesgo de impacto en caso de salirse de pista. La RESA debe extenderse hasta una distancia de 90 m y su anchura de debe ser como mínimo el doble de la anchura de la pista.

¹¹ Toda aquella área más allá de la distancia declarada para la carrera de despegue (TORA) que puede ser usada para frenar el avión en caso de abortar un despegue su longitud deberá tener la misma anchura que la pista.

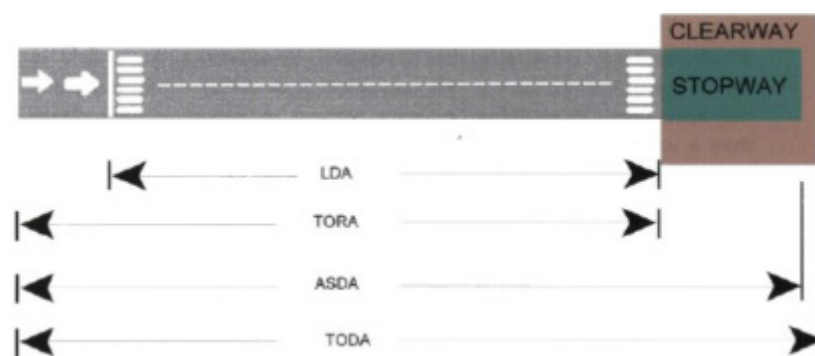


Figura 10. Distancias y longitudes de pista declaradas

En la figura 11 se describe el perfil de la pista 36L / 18R

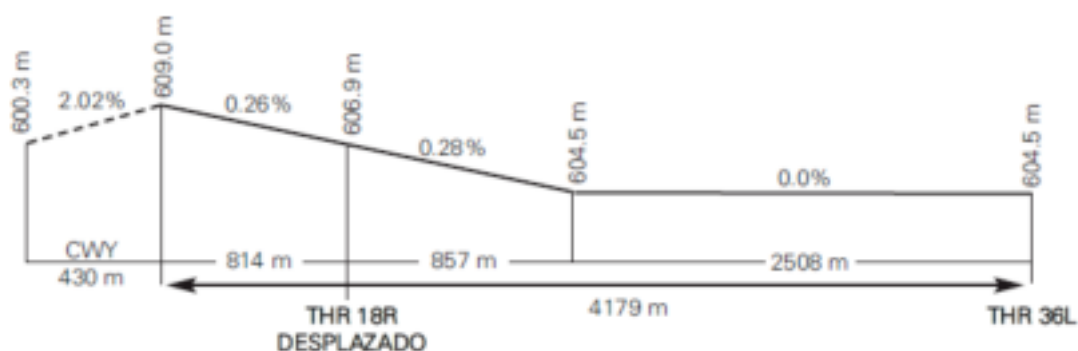


Figura 11. Perfil de la pista 36L / 18R

1.10.3. Pista 32 L

La pista 32 L tiene unas dimensiones de 3.988 m x 60 m y su umbral (Threshold - THR), que está situado a 589,1m (1933 ft) de altitud, está desplazado 928 m.

La zona de contacto (Touchdown Zone - TDZ) está a 594,2 m (1949 ft) de altitud.

De acuerdo con la información en el AIP (Publicación de información Aeronáutica) de AENA, esta pista solamente tiene descrita una LDA de 3.060 m.

Las medidas de las zonas CWY y SWY no están descritas, la franja de pista tiene unas dimensiones de 4.108 m x 300 m y la RESA tiene unas medidas de 240 m x 150 m.

En la figura 12 se describe el perfil de la pista 32L / 14R.

Tanto esta pista como la 32 R, cuentan con una zona en la que hay un sistema de frenado de emergencia (Engineered Material Arresting System - EMAS), que está pensado para detener a las aeronaves en el caso de que haya una salida por final de pista.

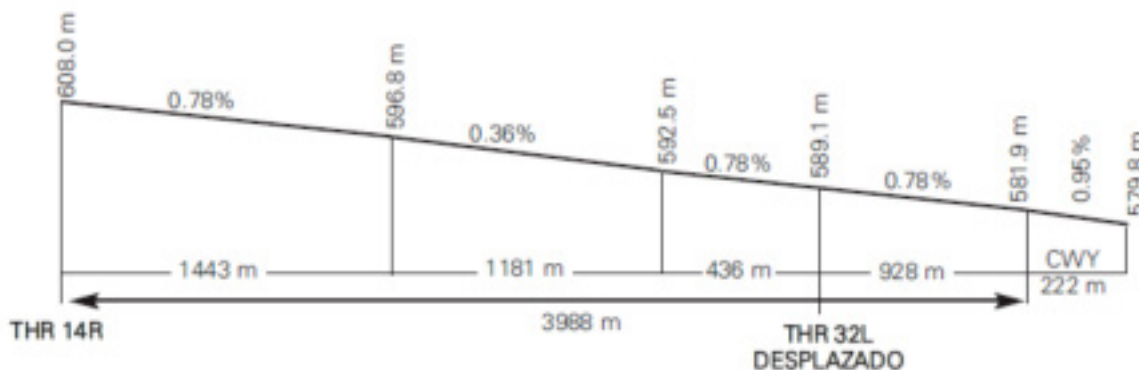


Figura 12. Perfil de la pista 32L / 14R

Consiste en un material conformado por bloques de hormigón poroso colocado en la prolongación del eje desde la cabecera y que se aplastará bajo el peso de un avión que sobrepase el umbral de la pista. La resistencia proporcionada por el material aplastado decelera el avión y lo detiene con seguridad dentro de los límites del área de seguridad de extremo de pista.

Las dimensiones de estas áreas son de 69,2 m (227 ft) de anchura y 63,1 m (207 ft) de largo, y están ubicadas 78 m por delante de las antenas de los localizadores de las pistas 32 L y 32 R, es decir, a 3.318 m del umbral 32 L y a 3.300 m del umbral 32 R.

En el AIP se especifica que una vez utilizado por una aeronave, el sistema debe ser restituido a fin de garantizar las especificaciones de frenado en futuras utilizaciones.

Por lo tanto, la compañía operadora de la aeronave que ha sufrido la salida del final de pista deberá disponer de los seguros correspondientes que cubran dichos daños incluidos los de reposición del Sistema de frenado de emergencia (EMAS).

A parte de las restricciones del área de seguridad de extremo de pista (RESA) donde está instalado dicho sistema y por las características de este, queda terminantemente prohibida la circulación de cualquier tipo de vehículo o tránsito de personas por la superficie de dichas zonas.

Esta pista está preparada para realizar aproximaciones de precisión y con ILS (Instrument Landing System) de categoría CAT II/III y como ayuda visual dispone de PAPI configurado para una senda de 3°. El umbral tiene luces verdes con barras de ala, y la zona de contacto luces blancas a lo largo de 900 m.

El eje de pista tiene luces a lo largo de 3.060 m, de las cuales son blancas en 2.160 m, rojas y blancas en 600 m y rojas en los últimos 300 m. La distancia entre las luces es 15 m.

En el borde de pista hay luces distribuidas a lo largo de 3.988 m, y de ellas a lo largo de 2.460 m son blancas y durante 600 m son amarillas. La distancia entre las luces es 60 m.

En el extremo de pista hay luces rojas y en la zona de parada no existen luces, pero hay luces indicadoras en las calles de salida rápida L2, L3, L4, L5 y L7.

1.10.4. Procedimientos de emergencia del aeropuerto

El aeropuerto tiene una categoría N° 9 en cuanto a la prestación y el nivel de protección que ha de proporcionarse por el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI) de acuerdo con la calificación de OACI, que quiere decir que para las aeronaves que operan normalmente en el aeródromo, la suma de movimientos durante los tres meses de mayor número de movimientos sea igual o superior a 24, que tengan una longitud máxima de 61 m a 76 m exclusive y una anchura máxima del fuselaje de 7 m¹².

El SSEI, está compuesto por 144 efectivos entre Jefes de Dotación y bomberos, repartidos entre cuatro parques distintos. El parque central está situado en el punto medio de las pistas 14L-32R y 14R-32L, el parque norte queda al oeste de la pista 18R-36L a la altura de la mitad de la pista, el parque satélite está situado en el punto medio de las pistas 18R-36L y 18L-36R y el parque sur en la zona de la Terminal 3.

1.10.5. Plan de autoprotección del aeropuerto

El Aeropuerto cuenta con un Plan de autoprotección que detalla las situaciones en las que éste debe ser activado, que son las siguientes:

- Accidentes de aeronaves en el Aeropuerto (zona A).
- Accidentes del aeronaves fuera del Aeropuerto (zona E).
- Incidentes de aeronaves en vuelo (“emergencia en vuelo”)
- Incidentes de aeronaves en tierra.
- Incidentes en los que están implicadas aeronaves y/o vehículos en el Área de Movimiento.
- Incidentes en las operaciones de reabastecimiento de combustible (derrames, incendios, etcétera) en el Área de Movimiento.

¹² Está regulado por la instrucción técnica de AESA del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios PAUT-13-INS-016-1.0 de 7 de febrero de 2013.

Una vez que se activa hay tres niveles, que se corresponden con las fases de alarma local, alarma general y emergencia.

Una alarma local es cuando ocurre un incidente que por su naturaleza y dimensión puede ser atendido por colectivos internos del aeropuerto, mediante una movilización preventiva y restringida de medios.

Una alarma general corresponde a un incidente que por su naturaleza y dimensión puede ser atendido por colectivos internos del aeropuerto y se prevé puedan ser medios externos, en mayor o menor cuantía.

Una emergencia es un incidente que por su naturaleza o dimensión requiere la aportación generalizada de recursos externos.

En el plan se explica la manera de actuar en cada uno de los casos.

1.10.6. Procedimiento 10-36-GEOPS-01. Instrucción operativa para el tratamiento de FOD¹³ encontrado en pista

Existe un procedimiento para la recogida de objetos extraños en las pistas. Los dos primeros pasos a seguir en caso de encontrarse un FOD durante una revisión de pista, y se sospeche que pueda proceder de alguna aeronave se describen a continuación:

- 1) Se recogerá y se marcará el punto exacto de recogida del mismo o se memorizará la posición aproximada (datos básicos: primer, segundo o tercer tercio de pista, situación entre calles de rodaje, posición transversal: sobre el eje, margen derecho o izquierdo, distancia al eje, etc.) para poder marcarla en un plano una vez finalizada la revisión de pista.
- 2) Una vez finalizada la revisión, y ya con pista libre, el TOAM¹⁴ procederá a fotografiar los FOD encontrados referenciando el tamaño con una regla de medición calibrada y se enviarán inmediatamente las fotos al CGA, junto con la descripción de la zona de recogida de cada FOD y cualquier información contenida en el mismo (número de registro, referencia, etc.) no apreciable en las fotografías. Asimismo se indicará la hora de la revisión de pista realizada inmediatamente anterior a ésta.

¹³ Foreign Object Damage. Daños por objetos extraños

¹⁴ Técnico de Operaciones en el área de movimientos

1.11. Registradores de vuelo

1.11.1. Registrador de datos de vuelo (*Digital Flight Data Recorder*)

El avión llevaba un registrador de datos de vuelo digital (DFDR) marca Lockheed Modelo 209 F con número de serie (S/N) 00899 que se recuperó en perfecto estado el día del suceso, pudiéndose extraer los datos que había grabado. A continuación se expone un resumen de la información más relevante que se obtuvo del DFDR:

- Durante el despegue el avión estaba configurado correctamente, llevando los flaps desplegados 5° y realizando la carrera con normalidad.
- Cuando iba a iniciar la rotación, concretamente 3 s antes, hubo una indicación de baja presión en el sistema hidráulico central y se produjeron varios picos en la indicación de los parámetros de los tres acelerómetros que se corresponderían con la posible rotura de un neumático. Se continuó con la rotación y el despegue se realizó 3 s después.
- En el momento de levantarse, el alerón derecho interno dejó de moverse al no recibir señal de las entradas de control de las ruedas. Esto indicaría que los sistemas hidráulicos derecho y central ya no estaban suministrando presión efectiva. La siguiente lectura de la presión de estos dos sistemas hidráulicos se produjo 22 segundos más tarde y en ese momento la presión era cero.
- Los datos FDR muestran también que no hubo ningún problema de control de los mandos en vuelo después de la pérdida de los dos sistemas hidráulicos.

Durante el aterrizaje los flaps estaban desplegados 20 °.

- La toma de tierra se llevó a cabo a una velocidad de 172 Kt, aproximadamente 1.100 ft más allá del umbral de la pista por lo que quedaban disponibles todavía 8.939 ft.
- Debido a la pérdida de los sistemas hidráulico derecho, central y de reserva para el guiado de la rueda delantera, solamente estaban disponibles para el guiado y frenado del avión el timón de dirección, la reversa del motor izquierdo, tres de los 12 spoilers y el sistema de frenado direccional del acumulador de la rueda izquierda.
- Una vez que la velocidad fue inferior a 80 kt, el timón de dirección ya no era suficiente para poder guiar el avión centrado respecto al eje de pista y éste comenzó a desviarse a la izquierda debido al momento introducido por la activación de la reversa del motor izquierdo.
- Poco después de que el avión hubiera salido por la calle de rodadura (40 s después), el líquido del depósito acumulador del sistema de frenado estaba totalmente agotado, por lo que ya no era posible detener las ruedas actuando sobre los frenos.

Otros datos relevantes correspondientes a cada una de las fases del suceso fueron estos:

Despegue

Una vez ocurrida la rotura de la rueda que llevó a que quedasen inoperativos los sistemas hidráulicos derecho y central, el primero de ellos no registró una bajada de presión inmediata como sí lo hizo el sistema hidráulico central. La indicación no se produjo hasta que el avión alcanzó los 3000 ft de altitud de presión. Es muy probable que el registro sea anómalo y por tanto la indicación válida del sistema hidráulico de baja presión.

Aproximación y aterrizaje

El avión se configuró para un aterrizaje manual para la pista 32 L con los flaps desplegados 20°. El peso bruto del avión era aproximadamente 368.000 lbs, es decir, 48.000 lbs por encima del peso máximo al aterrizaje (MLW). La velocidad recomendada de aterrizaje para esta configuración fue de 183 Kt, es decir, 20 Kt superior a la $V_{REF}30 + 20$. El avión descendió con el control de potencia automático (autothrottle) activado y el viento soplaba del norte-noreste a una velocidad media de unos 5 Kt.

Poco después de descender por debajo de 1.000 ft de altitud del radio altímetro, el control de potencia automático fue desactivado y el avión comenzó a desviarse por debajo de la senda y se mantuvo así hasta la toma de tierra. La recogida se inició a una altitud de aproximadamente 100 ft de radioaltímetro y la actitud de morro era en el momento de la toma de tierra 5,5°. En ese mismo instante el control de potencia automático fue puesto al ralentí.

La toma de tierra se produjo con una velocidad indicada de 169 Kt y una velocidad con respecto a tierra de 172 Kt.

Los frenos aerodinámicos (spoilers) se desplegaron manualmente aproximadamente 6 s después de la toma (el sistema automático estaba inoperativo por la pérdida del sistema hidráulico).

El control de potencia automático se puso en la posición de reversa 7,5 s después de la toma de tierra y 2 s después se desplegó la reversa del motor izquierdo. La reversa del motor derecho no llegó a desplegarse porque el sistema hidráulico derecho estaba inoperativo.

Los pedales de freno se aplicaron 11,5 s después de la toma de tierra.

Al no estar operativos los sistemas hidráulicos derecho y central, tanto el sistema de presión normal de los frenos como el alternativo no estaban disponibles y solamente quedaba líquido en el depósito acumulador. Este depósito envía la señal al registrador a través del sistema normal y al estar éste inutilizado no quedó grabado la presión que se aplicó a los pedales.

Después de ser desplegada la reversa izquierda la tripulación actuó sobre el timón de dirección hacia la derecha para mantener el guiado del avión centrado en el eje de pista.

Aproximadamente 15 s después de la toma de contacto, se seleccionó la potencia inversa del motor izquierdo hasta cerca de su nivel máximo, por lo que aumentaron la actuación sobre el timón de dirección para mantener la rodadura sobre el eje de pista, hasta que éste no pudo mantener la rodadura centrada cuando la velocidad cayó por debajo de los 80 Kt de velocidad indicada.

El avión se empezó a desviar a la izquierda a pesar de que el timón estaba desplegado al máximo

Aproximadamente 40 s después de la aplicación inicial de los frenos la desaceleración longitudinal disminuyó a cero, lo cual es indicativo de que se agotó el líquido hidráulico en los acumuladores. Al final del recorrido el avión siguió desplazándose a la izquierda con rumbo magnético 280° (44° a la izquierda del eje de pista) y con 32 Kt de velocidad.

Recorrido en pista

El avión tocó en el suelo 1.100 ft después del umbral, con lo que quedaban todavía 8.939 ft disponibles. Los frenos aerodinámicos estaban totalmente desplegados 3.000 ft después del umbral y 750 ft después también estaba desplegada la reversa izquierda. Los pedales de freno estaban aplicados al máximo 4.500 ft más allá del umbral, quedando entonces 5.539 ft de longitud de pista.

La reversa alcanzó su efectividad máxima cuando restaban 3.500 ft. Al disminuir la velocidad indicada por debajo de 80 Kt, el avión comenzó a desviarse a la izquierda 8.500 ft pasado el umbral, abandonando la pista por la última calle de salida, cuando quedaban 450 ft de pista disponible. En ese momento llevaba una velocidad indicada de 40 Kt. Durante el recorrido, el tren de aterrizaje principal izquierdo rompió la superficie pavimentada de la pista cuando se encontraba 9.800 ft más allá del umbral. El recorrido final lo realizó por la salida J3 y por la plataforma que hay entre el final de la pista 32 L y la terminal T4.

Los frenos dejaron de estar disponibles cuando el avión estaba 10.100 ft más allá del umbral y 300 ft desviado respecto al eje de pista y finalmente el avión se detuvo en una zona de hierba 10.500 ft después del umbral y desviado 600 ft del eje de pista.

1.11.2. Registrador de voces en cabina (Cockpit Voice Recorder)

El avión llevaba un registrador de voces en cabina marca Fairchild Modelo FA 2100 con número de serie (S/N) 4095 que se recuperó en buen estado el día del suceso del cual se pudo extraer el sonido grabado en cuatro pistas. Una de ellas correspondiente al micrófono

del Comandante, otra segunda correspondiente al micrófono del copiloto, una tercera con las conversaciones de ambos con la tripulación de cabina de pasajeros y una cuarta que registraba el sonido ambiente.

En el registrador de voces en cabina quedó grabado a las 11:41:55 un golpe fuerte, que pudo ser el que se produjo cuando el neumático se rompió. Aproximadamente 2 s después se pudo oír otro segundo golpe más fuerte aún, que podría corresponderse con el momento en el que parte del neumático impactó contra el plano. En la tabla siguiente se resumen las conversaciones más relevantes que mantuvieron los miembros de la tripulación (el Comandante y el copiloto que quedaron registradas en el CVR.

| HORA | COMANDANTE | COPILOTO (piloto a los mandos) |
|----------|--|--|
| 11:40:46 | Ok, can you have the aircraft? | |
| 11:40:47 | | got it! |
| 11:41:53 | V1 | |
| 11:41:55 | Rotate | |
| 11:42:01 | | Look a tyre there! |
| 11:42:04 | Positive rate! | |
| 11:42:09 | | * gear up! |
| 11:42:13 | * hydraulic | |
| 11:42:37 | Look at..., look at ahead , come back around | |
| 11:43:05 | Maintain 13 thousand, Delta 415 | |
| 11:43:07 | Ok, Climb power? | |
| 11:43:17 | | You wanna get climb power? |
| 11:44:27 | Ladies and gentlemen, this is the * crew in the deck here a loud thing after take off, we have an hydraulic issue, the pilots are well aware of the situation we are fully trained for that we'll back quick information in just a few moments. We do ask you please stay seated | |
| 11:44:28 | | hydraulics system pressure right and center |
| 11:45:12 | | ..Right hydraulic system pressure, center hydraulic system pressure... |

| HORA | COMANDANTE | COPILOTO (piloto a los mandos) |
|---|---|--|
| 11:45:45 | | Right and center system pressure light extinguish |
| 11:49:11 | | Madrid operations from Delta 415, be advised. We have hydraulic issues on the right and center hydraulics ** returning for landing and we'll be there in about 15 min. |
| 11:49:36 | | ..center system hydraulic power to stabilizer trim inop |
| 11:51:10 | | Yes, we are declaring emergency and we are returning for landing, we have the right and center hydraulic systems are out |
| ..check list is completed except for the deferred items | | |
| we need to do a descent... approach | | |
| 11:51:32 | I'm wondering if we don't have some kind of... | |
| 11:51:36 | Ladies and gentlemen, from your cockpit... we have experienced an issue with our hydraulic systems... everything is ok but we have to return for landing.. So we have our systems checked out... we are not allowed to continue at this point.. So we will be returning to Madrid to land here in approximately 15 to 20 minutes *stay seated with your seat belt fastened. | |
| 11:52:27 | you got your ILS in there? | |
| 11:52:29 | | yeah, I put it in there |
| 11:52:39 | 32 left | |
| 11:52:43 | so you can * * 167 for flap 20 | |
| 11:52:52 | that's not working | |
| 11:52:57 | .. Flap 5 is .. you can slow to 180 or whatever you.. 180 is fairly good speed right? | |
| 11:53:07 | | two or four, should be 184, right? yeah, I got 185 |

Informe técnico A-043/2013

| HORA | COMANDANTE | COPILOTO (piloto a los mandos) |
|----------|---|--------------------------------|
| 11:53:39 | ..the autobrake in the trash.. | |
| 11:53:47 | descent check list: altimeters? | |
| 11:53:50 | ten twenty nine | |
| 11:53:51 | cross check | ten twenty nine |
| 11:53:52 | minimums? | |
| 11:53:55 | twenty two fourteen | |
| 11:54:01 | landing data, flap 20 | |
| 11:54:02 | Vref 30 plus 20 | |
| 11:54:55 | This is gonna be an overweight landing too | |
| 11:54:58 | Ah.. Is this bug Vref 30 + 20 so that we ** | |
| 11:55:28 | Ok, approach briefing? | |
| 11:55:31 | | ahh, yeah.... yeah yeah |
| 11:55:35 | anti ice, not required, autobrake are off, seat belt signs on, | |
| 11:55:42 | Fuel cross feed.. It doesn't matter.. pressurization panel set | |
| 11:55:47 | recall? We know all that already | |
| 11:55:52 | | but we have any brakes? |
| 11:55:54 | Manual | |
| 11:55:55 | | but we have, but we have |
| 11:55:57 | Yes! | |
| 11:55:59 | reserve brakes, reserve brakes source to the alternate brakes is available | |
| 11:56:13 | | what about flying? |
| 11:56:28 | I'm going to put the gear handle down | |
| 11:56:30 | | yeah, I agree |
| 11:56:45 | ..the disagree light *** ok, descent check list is completed, approach checklist? | |
| 12:00:07 | * fly over the tower? | |

| HORA | COMANDANTE | COPILOTO (piloto a los mandos) |
|----------|---|---|
| 12:00:10 | I don't know she's land | |
| 12:00:17 | we got a land | |
| 12:00:19 | | got a land, right, but we |
| 12:00:49 | reserve brakes and steering switch is on | |
| 12:01:11 | ..Only accumulator brake pressure is available for brakes | |
| 12:01:14 | Apply steady, increasing brake. Do not taxi | |
| 12:01:18 | | Now, DAL415, be advised we are gonna have to stop short ahead on the runway |
| 12:01:34 | | down |
| 12:01:48 | speedbrake | |
| 12:01:49 | | down |
| 12:03:09 | glide slope alive | |
| 12:03:43 | I'm sure we have brake pressure | |
| 12:04:32 | one thousand, clear to land | |
| 12:04:42 | | autopilot |
| 12:04:59 | oki doki in approach | |
| 12:05:27 | four, two, cero | |
| 12:05:31 | | speedbrakes |
| 12:05:32 | Let put the nose down | |
| 12:05:33 | | right! |
| 12:05:38 | brakes! | |
| 12:05:49 | hundred to twenty! 100 kts, 90, 80 oh we got | |
| 12:06:28 | | we shut it down |

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

1.12.1. Daños en la aeronave

Después de la rotura de la rueda durante el despegue, los trozos que se desprendieron salieron despedidos y ocasionaron múltiples y diversos daños en la aeronave, que afectaron al ala, a los sistemas hidráulicos central e izquierdo, al tren de aterrizaje, al fuselaje y también a la cola, debiendo ser reemplazados varios elementos de las partes afectadas.

Los elementos desprendidos se encontraron en la pista 36 L, pero no ocasionaron daños en ningún elemento o sistema del aeropuerto.

En cambio, durante la toma de tierra por la pista 32 L y el posterior abandono de la misma sin control, el avión sí rompió varios elementos de señalización y balizamiento.

En los últimos instantes antes de detenerse entró en una zona no asfaltada y los dos motores resultaron con diversos daños por ingestión y contaminación. A continuación se describen todos los daños producidos.

En lo que al ala se refiere, se detectaron diversos daños en ambos planos, resultando de mayor importancia los que afectaron al plano derecho. Estaban rotas trece tuberías de los sistemas hidráulicos derecho y central, y dañados elementos importantes de la estructura del plano derecho. Había roces en el intradós y en la estructura de anclaje del motor izquierdo al ala (pylon)

El spoiler N° 7 de dicho plano derecho tenía daños en el extradós, en el intradós, y también en los paneles de arrastre, aunque estaba operativo.

La bomba del antiskid estaba separada de su alojamiento y quedó en el extradós del plano derecho, sujeta solamente por un cable eléctrico y estaban rotas las líneas del sistema hidráulico que la alimentaban. Estaban rotos tanto el acumulador de la bomba antideslizante (antiskid) como las líneas hidráulicas que legaban hasta el mismo (figura 14).

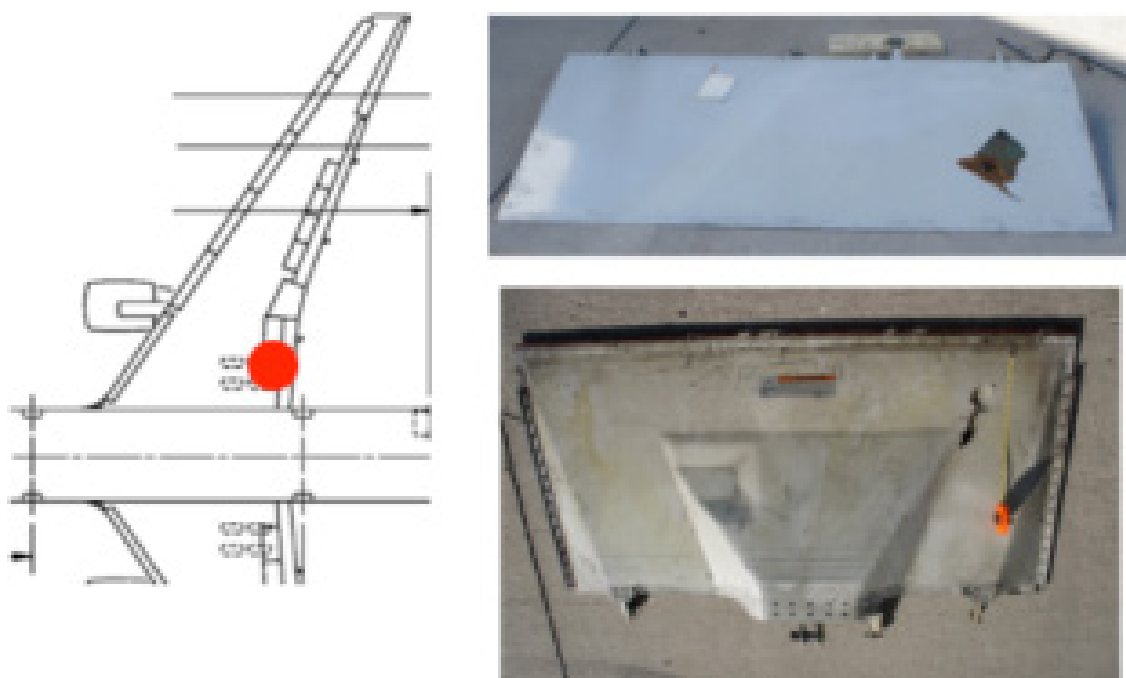


Figura 13. Spoiler N° 7

Una costilla borde de salida tenía una fractura significativa (Figura 15) y la solapa del cordón superior también estaba considerablemente doblada. Los daños observados en el sistema hidráulico afectaron a los spoilers N° 1, N° 6 y N° 12, que quedaron inoperativos.

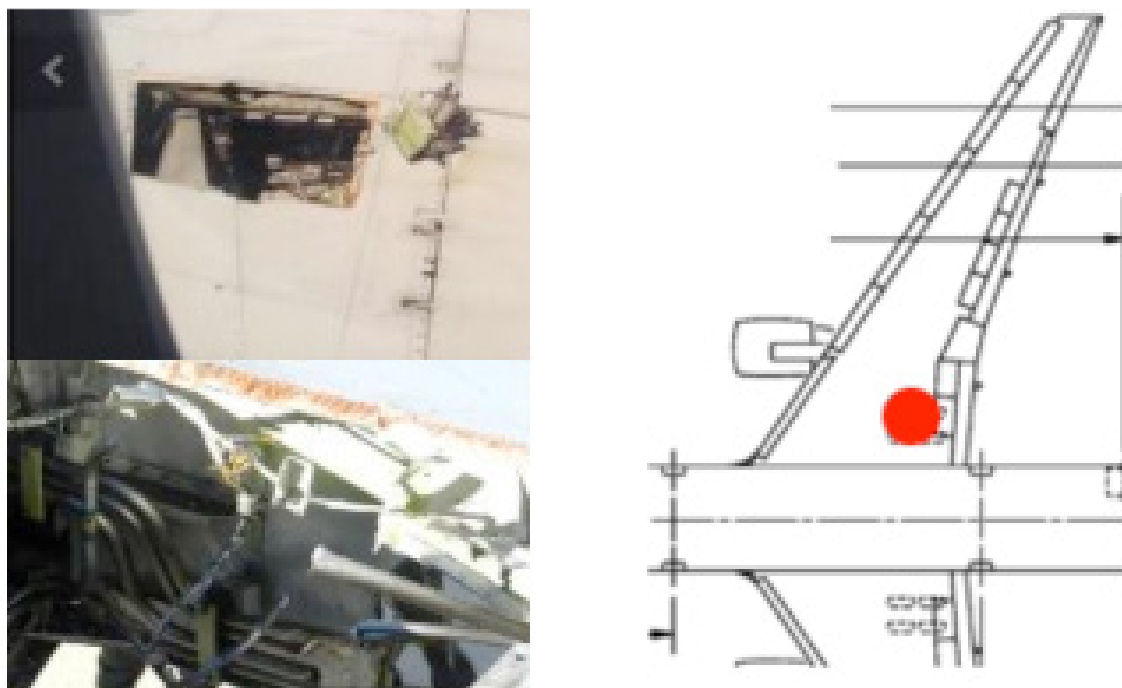


Figura 14. Panel perforado por la bomba de antiskid

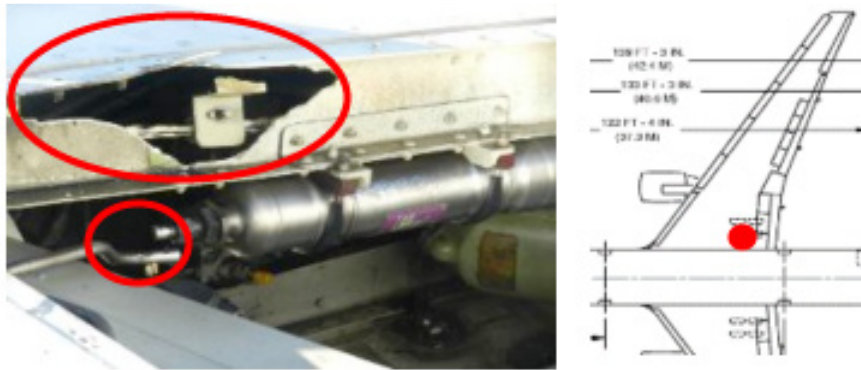


Figura 15. Larguero trasero y acumulador



Figura 16. Daños en el flap del plano derecho

El plano izquierdo también presentaba diversos roces y marcas.

La deformación más visible estaba en la superficie superior del borde de ataque del slat. También había algunas marcas de pintura de color amarillo en esa zona.

En el flap había restos de grava.

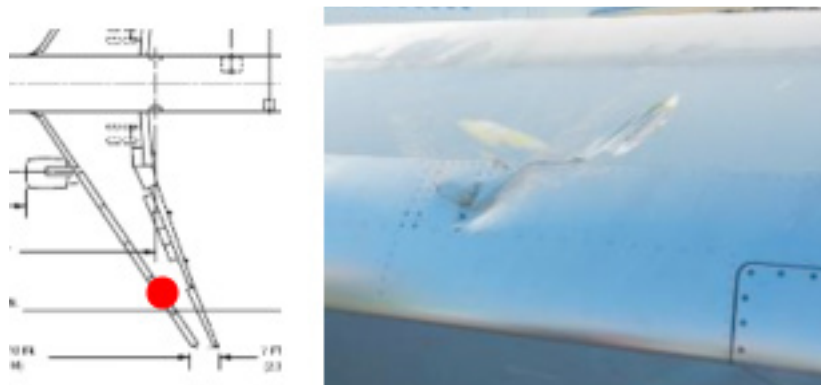


Figura 17. Daños en el slat

A lo largo del fuselaje y la cola se encontraron diversas marcas en el lado derecho, en los puntos marcados en la figura 18. Concretamente encima de una de las ventanas, en la puerta trasera y en el carenado de la parte delantera del estabilizador vertical.

En lo que al tren de aterrizaje se refiere, la rueda delantera derecha presentaba sendas picaduras en la banda de rodadura y también roces.

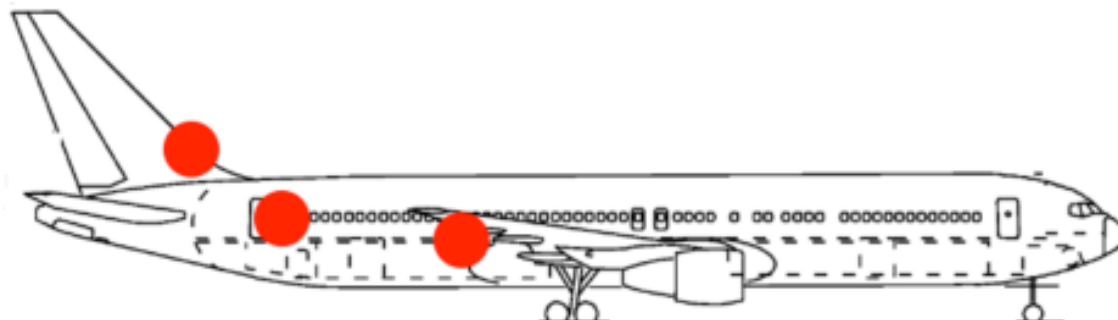


Figura 18. Daños en el fuselaje

El tren principal estaba totalmente manchado de barro (neumáticos, llantas, frenos y también las compuertas).

La rueda trasera derecha del tren principal de ese lado (rueda N° 8), que fue la que se rompió, había perdido más de la mitad de la banda de rodadura del neumático, el cual se había ido desgarrando a lo largo de 180°, desprendiéndose en trozos de diversos tamaños que fueron encontrados tanto en la pista de despegue como en la de aterrizaje.



Figura 19. Rueda N° 8

En mayor o menor medida todos los neumáticos resultaron dañados y fue necesario sustituirlos.

Por su parte, en lo que a los motores se refiere se encontraron múltiples picaduras en los álabes del compresor del motor izquierdo y en el motor derecho, además de esto también se encontraron restos que ensuciaban a zona de la reversa y la zona del escape y también algunos agujeros en la primera etapa de la turbina.

En la cabina de la tripulación el actuador de los flaps estaba en la posición de 5 ° y el indicador de posición de los mismos señalaba 20°. El selector alternativo también indicaba 20 °.

Los frenos de reserva y el sistema de guiado del tren delantero estaban actuados.

La palanca del tren de aterrizaje estaba en la posición de tren abajo.

Las cantidades que indicaba el sistema hidráulico en la pantalla de indicación de motores y alertas a la tripulación (Engine Indicating and Crew Alerting System – EICAS) era de 1,07 el izquierdo, 0,00 el central y 0,08 el derecho. Los mensajes que mostraba el EICAS eran los siguientes:

- ALTN ANTISKID
- R REV ISLN VAL
- R HYD SYS MAINT

En la cabina de pasajeros estaban desconectados los paneles de los pasajeros de siete asientos y saltada la máscara de oxígeno de un asiento.

1.12.2. Daños producidos en el aeropuerto

Resultaron dañadas 3 balizas de borde de la calle de rodaje, una baliza de eje de pista, una baliza de borde de pista, varios carteles, cuatro balizas reflectantes de borde de la calle de salida J3 y dos arquetas de transformador eléctrico.

1.12.3. Restos encontrados en las pistas

En la inspección de la pista por la que despegó la aeronave se encontraron restos del neumático de la rueda N° 8, tuberías del sistema hidráulico, partes de los paneles que resultaron dañados y una pieza metálica que tenía la forma de una pequeña banda, de 87 mm de longitud, 5 mm de anchura y 1 mm de espesor y estaba ligeramente doblada formando un ángulo obtuso de aproximadamente 160°, por su parte central. Esta pieza tenía la misma forma y encajaba perfectamente en una de las hendiduras que había debajo de la banda de rodadura de la rueda que se rompió, como se puede ver en la fotografías de la figura 21.



Figura 20. Parte de los restos encontrados en la pista 36 L



Figura 21. Pieza metálica encontrada en la pista 36 L y su encaje en el neumático

En la pista 32 L solamente se encontraron algunos restos pequeños de neumático que se rompió que se pueden ver en la figura 22.



Figura 22. Restos encontrados en la pista 32 L

1.13. Información médica y patológica

No es aplicable en este caso.

1.14. Incendio

No se produjo incendio. No obstante los Servicios de Salvamento y Extinción de Incendios del aeropuerto actuaron sobre el tren de aterrizaje, refrescándolo para evitar que se pudiera iniciar un incendio, debido a las elevadas temperaturas que alcanzaron los frenos durante el aterrizaje.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

El aeropuerto tiene editada la INSTRUCCIÓN TÉCNICA: SERVICIO DE SALVAMENTO Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS. CATEGORÍA OACI-SEI Y NIVEL DE PROTECCIÓN SEI, en la cual se establecen las actuaciones necesarias para la determinación de la categoría OACI-SEI de un aeródromo de uso público y el nivel de protección SEI que debe suministrarse dentro del horario de actividad del aeródromo, su publicación por los Servicios de Información Aeronáutica (AIS), así como la determinación, para cada uno de los niveles de protección definidos, de los medios necesarios (agentes extintores y agua, número de vehículos y personal) para prestar el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI). Por otro lado, se establece la posibilidad de proporcionar niveles de protección variables en el tiempo a demanda de los usuarios.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Análisis de la pieza encontrada en la pista 36 L

La pieza que fue encontrada en la pista 36 L tenía la forma de una pequeña banda, de 87 mm de longitud, 5 mm de anchura y 1 mm de espesor y estaba ligeramente doblada formando un ángulo obtuso de aproximadamente 160°, por su parte central. La observación a simple vista de las dos caras de la pieza ponía de manifiesto la presencia de señales superficiales de aplastamiento y arrastre de material

Fue estudiada en el laboratorio mediante técnicas de ensayos no destructivos por corrientes inducidas, comprobándose que presentaba un significativo nivel de ferromagnetismo y que su composición se correspondía con la de un acero inoxidable austenítico.

En el estudio de su microestructura se puso de manifiesto la presencia de unos gránulos alargados que eran mayores en la dirección longitudinal que en la transversal de la pieza.



Figura 23. Pieza encontrada en la pista 36 L

Esta morfología granular podría haberse originado durante el proceso de fabricación del material del que provenía el fragmento, mediante laminación en la dirección longitudinal, pero también podría haberse producido con posterioridad, si la pieza hubiera permanecido un tiempo depositada en el suelo y hubiera sido progresivamente aplastada.

En el estudio también se hacía constar que aunque los aceros inoxidable austeníticos no son ferromagnéticos, su deformación plástica a baja temperatura favorece la transformación de parte de la austenita en martensita, que es un constituyente ferromagnético. Ello explicaría cierto grado de ferromagnetismo detectado en la muestra que se estudió.

En las dos caras de la pieza se encontraron diferentes zonas recubiertas de una capa de aleación de aluminio oxidada. Junto al aluminio, en esas zonas se comprobó la existencia de cobre (Cu), magnesio (Mg) y manganeso (Mn), lo que se correspondería con la adherencia superficial de alguna aleación de esos tres materiales más aluminio (Al) que son de amplia utilización en la industria aeronáutica.

1.16.2. Inspección visual de la rotura del neumático por parte del fabricante

Se realizó una inspección visual de la rotura del neumático por parte del fabricante del mismo en la que se llegó a la conclusión de que la rotura se había iniciado debajo de la banda de rodadura, concretamente en la zona donde estaba alojada la pieza que se encontró en la pista 36 L y que desde ahí había ido progresando a lo largo de la parte interior del neumático siguiendo la disposición en la estaban dispuestas las fibras y desgarrando la banda de rodadura hasta que parte de ella se desprendió.

1.16.3. Estudio de la rotura del neumático

De acuerdo con la información aportada por el National Transport Safety Board (NTSB), se realizó un estudio de la rotura del neumático en las instalaciones que la empresa que había llevado a cabo el recauchutado tiene en Atlanta (USA) con la participación de representantes del Operador, del fabricante de la aeronave y de la empresa que hizo el recauchutado del neumático.

Estuvo presente un investigador del NTSB en representación de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (CIAIAC).

Un representante del fabricante de la rueda estuvo presente durante la recepción del neumático para comprobar su estado y posteriormente se ausentó por cuestiones relacionadas con la preservación de la propiedad intelectual.

Antes de proceder al examen del neumático se recorrieron las instalaciones de la planta de recauchutado para conocer cuál era el proceso de recauchutado los neumáticos.¹⁵

Posteriormente examinaron los archivos de la shearografía¹⁶ que se realizó al neumático antes y después del recauchutado y se examinaron también los datos del sistema de seguimiento de neumáticos recauchutados que tiene la planta.

De acuerdo con el informe remitido las imágenes mostraban claramente que no había material extraño en la zona donde se sospechaba que podía haber estado alojada la pieza de metal que se halló en la pista 36 L.

Los datos del sistema de rastreo de neumáticos recauchutados también proporcionaron bastantes detalles del proceso de recauchutado, incluyendo el tiempo en cada estación de procesamiento, el operador responsable, la identificación de la máquina, y los detalles del material utilizado.

Las evidencias que hallaron después de la inspección fueron las siguientes:

- El neumático presentaba una rotura de tipo “X”, que indica que hubo un desgajamiento de alta energía del mismo, en el que salieron despedidas partes de la banda de rodadura en direcciones opuestas, que hacía que la parte de abajo de la banda hubiera quedado rota en forma de “V”.
- Al examinar la zona dónde se sospechaba que estaba alojada la pieza metálica se revisó la sección transversal de la banda de rodadura. En esa zona se encuentran la capa superior de la banda de rodadura, la capa inferior de la banda de rodadura y las capas o telas de la cubierta. Durante el proceso de recauchutado, el neumático se muele hasta el área entre la capa inferior de la rodadura, y la capa superior de la cubierta. Esta área se llama la banda protectora. Suponiendo que la pieza de metal se introdujo durante el proceso de recauchutado, las evidencias indican que

¹⁵ Durante la investigación no se pudo conseguir esta información de parte de Good Year alegando que no es posible poner esta información por escrito por cuestiones legales relacionadas con la preservación de la propiedad intelectual y de acuerdo con el Derecho que rige en los Estados Unidos. Por la misma razón tampoco fue posible obtener información sobre el sistema de seguimiento de neumáticos recauchutados.

¹⁶ La shearografía es un método de ensayo no destructivo que permite obtener información del interior de los materiales inspeccionadas mediante el uso de métodos ópticos basados en la tecnología láser, pudiendo llegar a detectar zonas despegadas, delaminaciones, zonas arrugados, porosidades, elementos extraños y daños por impacto y otras características interiores siempre que afectan al movimiento de la superficie del objeto cuando está cargado.

este es el único lugar en el que la pieza de metal podría haber sido localizada y que no hay penetraciones directamente por encima o por debajo de esta zona. El área sospechosa está cubierto por un trozo de la banda de rodadura que está intacto. La vista por debajo de la pieza de la banda de rodadura muestra el patrón de la pieza de la banda, separada de la capa superior de la rodadura y no se halló ninguna impresión de la pieza de metal.

- Los desgarros en las capas de la cubierta van hacia el área sospechosa, en vez de discurrir en dirección opuesta.
- Analizando el material en esa zona, que presentaba estrías por el desgarrado, pero sin estar pulido sería indicativo de que la pieza de metal estaba en esa posición durante el recauchutado.
- Observando las orientaciones de la capa superior y de la capa inferior de la banda de rodadura se ve que la capa inferior estaba alineada precisamente con el "corte" de la capa superior. Esto indicaría que no se trata de un corte, sino de un desgarrado a lo largo de la línea de los hilos de la capa inferior.
- La pieza de metal se examinó en el microscopio, y no se encontraron restos de goma (caucho) adheridos a la pieza. Si la pieza hubiera estado dentro durante el proceso de recauchutado, sería esperable que se hubieran adherido trozos de goma a ella. Esta pieza muestra un alto grado de meteorización, es decir, arañazos y corrosión, lo que indicaría que puede haber estado en la pista durante un tiempo prolongado
- Uno de los extremos de la pieza era agudo y tal vez pudo haber causado un pinchazo por medio de un impacto de alta velocidad, siendo levantada del suelo por el neumático anterior lanzándola contra el neumático posterior.

Las conclusiones a las que llegaron fueron éstas:

- No hay evidencias de problemas durante el recauchutado de los neumáticos.
- No hay evidencias de objetos extraños en las imágenes de la searografía o de errores en el proceso de control de calidad.
- La zona de recauchutado estaba bien adherida a las zonas adyacentes.
- La separación de la banda de rodadura se produjo en múltiples capas de la cubierta del neumático.
- Es probable que el desgajamiento del neumático fuera el resultado de un impacto de alta energía en el área de la rotura de tipo "X".

1.17. Información sobre organización y gestión

1.17.1. Información facilitada por la tripulación

Se mantuvo una entrevista con la tripulación el mismo día del accidente a última hora de la tarde. Primero se habló con el Observador, después con el Copiloto y finalmente con el Comandante.

El Comandante, que iba sentado a la izquierda, informó que no notó nada significativo hasta el despegue y que alinearon en pista detrás de un A320 de la compañía Iberia.

Las velocidades operativas eran V_1 157 kt y $V_{\text{ROTACIÓN}}$ 161 kt

Les autorizaron a despegar y durante la rotación notó una vibración fuerte que se mantuvo durante todo el vuelo. Cuando activaron la palanca para replegar el tren de aterrizaje, éste no subió.

En la pantalla del EICAS ciertos mensajes tales como mensajes de cantidad y de baja presión hidráulica que se inhiben inmediatamente después del despegue hasta que el avión alcanza los 400 ft de radio altímetro.

Cuando estaban aproximadamente a unos 1.000 ft tuvieron la indicación de "C&R Hyd low" (Hidráulico central e izquierdo bajo). Continuaron haciendo la salida instrumental aprobada que era la ZMR 1 AL, en ascenso inicialmente para 13.000 ft de altitud de presión.

Junto con el observador combatieron la emergencia leyendo el manual de referencia rápida (Quick Reference Handbook). Posteriormente el observador realizó las comunicaciones pertinentes tanto a la tripulación de cabina de pasajeros (TCP) como a los propios pasajeros.

Comentó también que a pesar de llevar el tren abajo, la performance ascensional no se vio significativamente afectada.

Una vez que estaban realizando el procedimiento de retorno bajaron de nuevo la palanca de tren y prepararon la aproximación ILS a la pista 32 L configurando los flaps de 5° a 20° según lo indicado en los procedimientos.

Esa misma lista también les indica que en modo APPR solo van a poder disponer de un solo A/P, pero que con uno solo se puede hacer una aproximación ILS sin problemas.

Calcularon la $V_{\text{REFERENCIA}}$ resultando en un valor de 181 kt e hicieron la aproximación y toma manteniendo esta velocidad hasta momentos antes de tomar tierra que fue con 169 kt.

No sabían que era lo que les limitaba por la rotura de algún neumático. Siguiendo el procedimiento de funcionamiento anormal R+C HYD SYS PRESS de acuerdo con el QRH pudieron determinar que los frenos de reserva y el sistema de guiado estaban inoperativos y que solo disponían de lo que había en el acumulador para frenar el avión.

Su primera intención era parar la aeronave en la pista, pero al final de la carrera de aterrizaje perdieron la capacidad de frenado en ambos pedales a la vez, por lo que tuvieron que usar la reversa y ello hizo que se saliesen por el lado izquierdo.

El avión estaba casi parado cuando se salieron de la calle de rodaje, y antes de salirse pararon ambos motores, quedando detenidos en la zona de hierba, lentamente sin ninguna brusquedad.

Recalcó que el comportamiento de los pasajeros y de la tripulación fue correcto sin ninguna muestra de pánico.

Por su parte, el copiloto informó en su declaración, que fue él quien llevó los mandos de la aeronave durante todo el tiempo que duró el vuelo.

De acuerdo con su versión, desde el embarque hasta el despegue todo transcurrió de manera estándar realizando un intercambio de información (briefing) de despegue normal según los procedimientos de la compañía y rodaron con normalidad hasta el punto de espera R5 de la pista 36 L, alineando en pista sin que nada le llamara la atención, excepto que la pista era muy larga y la gran visibilidad que había.

En la rotación no recordaba haber escuchado ningún ruido, pero si advirtió una vibración importante. Su primera impresión fue que el problema provenía de una rueda de la pata de morro.

Después de escuchar la indicación de régimen positivo solicito tren arriba, pero este no subió.

Una vez seleccionada potencia de subida decidieron volver al campo y por ello mantuvo la configuración de flap 5° y conectó el A/P a ON.

Siguiendo los procedimientos de la compañía se hizo cargo de las comunicaciones en tanto que sus compañeros combatían la emergencia. Afirmó que había declarado emergencia (May day).

Control inicialmente le dio instrucciones para virar a rumbo 220°, y al ver que tenía a la vista las montañas requirió un viraje por la derecha pero no fue autorizado por motivos relacionados con el tráfico que había.

Una vez que había librado las montañas a 12.000 ft, y manteniéndolas a la vista, inició el viraje según lo requerido y mantuvo la altura de 13.000 ft. Después fue autorizado a mantener rumbo 180°.

Cuando se encontraban en el tramo del circuito de aeródromo de “viento en cola” realizó la preparación de cabina para la aproximación modificando los valores seleccionados en el Sistema de información e vuelo (Flight Management System).

Sus compañeros le informaron que según la lista “Right & Center Hyd low” sólo iba a disponer de la reversa izquierda y de los acumuladores en los frenos para detener el avión.

Tardó en seleccionar la función de APPR (approach) en el Panel de control de vuelo (Flight Control Panel) ya que sabía que esa función conecta los tres A/P, teniendo dos de ellos fuera de servicio por la pérdida de los sistemas hidráulicos, no sabía cómo iba a reaccionar el avión. Una vez seleccionado comprobó que no le funcionaba más que uno, suficiente para realizar una aproximación de categoría I.

Con el A/P conectado observó que el volante de control (Yoke) iba inclinado a la izquierda significativamente, aproximadamente entre 15° y 20°, y cuando desconectó el A/P tuvo que mantener manualmente la misma corrección. Comprobó los compensadores y todos parecían normales.

Para aprovechar toda la pista disponible realizó la aproximación un poco por debajo de la senda y cree que realizó un buen aterrizaje.

Aunque no sabía si iban a funcionar desplegó manualmente los spoilers en la toma y accionó los frenos con mucha fuerza, realizando una fuerte frenada inicial.

El Observador indicó que iba sentado en el asiento trasero (conocido como transportín)

Comentó que fue él quien realizó la inspección exterior sin encontrar absolutamente nada anormal recordando haber mirado particularmente los neumáticos, y que uno de los mecánicos de la compañía hizo el chequeo de presión de los mismos.

Durante el embarque, puesta en marcha y retroceso desde el puesto de estacionamiento Nº 71 no notó nada especial, y se ejecutaron los procedimientos normales.

El rodaje fue largo hasta cabecera de la pista 36 L, y durante el mismo él hizo el briefing con la tripulación de cabina de pasajeros.

Entraron en pista detrás de una aeronave de Iberia Airbus A 319/320 y fueron autorizados para despegar.

Las velocidades operativas que calcularon fueron V_1 157 kt y $V_{\text{rotación}}$ 161 kt despegando con configuración de flaps 5° .

En cuanto iniciaron la rotación notaron una vibración enorme. No recordaba haber oído ninguna explosión pero remarcó la intensidad de la vibración.

Cuando estaban aproximadamente a 400 ft se encendió la Master Caution indicándoles fallo del "R & C Hyd Low" prácticamente de forma simultánea.

Intentaron replegar el tren de aterrizaje pero no lo consiguieron, y las compuertas se quedaron abiertas.

Declararon emergencia (may day) y el piloto a los mandos, se hizo cargo del control de la aeronave y de las comunicaciones mientras que él y el Comandante repasaban el Manual de Referencia Rápida (Quick Reference Handbook).

Leyeron también la lista de chequeo en lo referente a fallo del sistema hidráulico "Hyd Fail Right&Center", y especificó que hay una lista específica para cuando ocurre el fallo simultáneo de los dos sistemas.

Después de leer la lista y valorar la situación habló con la tripulación de cabina de pasajeros poniéndoles al tanto de la situación, indicándoles que iban a regresar al campo, que tardarían unos 20 min en aterrizar y que harían un aterrizaje normal. También habló con el servicio de operaciones en tierra de la compañía y comunicó a los pasajeros lo que iban a hacer.

Inicialmente siguieron la salida autorizada ZMR1AL y subieron hasta 13.000 ft.

Luego una de las auxiliares de vuelo hizo una foto del agujero del plano y les enseñó que faltaba un panel del plano derecho y que salía líquido.

Determinaron que ese líquido era hidráulico y que no tenían una pérdida de combustible y por ello las indicaciones en cabina eran normales en lo que al combustible se refiere.

Dijeron a los Tripulantes de Cabina de Pasajeros que tuvieran listo el equipo de emergencia por si hiciera falta usarlo, pero que harían un aterrizaje normal.

Aplicaron las indicaciones que les daba la lista para el aterrizaje y extendieron los flaps hasta 20° por el procedimiento alternativo de despliegue, es decir, con el sistema eléctrico.

Asimismo calcularon la velocidad de referencia V_{REF} que resultó ser de 181 kt, siguiendo la fórmula indicada en la C/L de $V_{\text{ref}30} + 20$ kt.

En la lista explicaba que solamente dispondrían del líquido hidráulico que había en los acumuladores para poder actuar sobre los frenos y que por ello tendrían que actuar sobre ellos con más suavidad.

Durante todo el vuelo el copiloto tuvo que llevar el volante de mandos de vuelo inclinado hacia la izquierda unos 5° para mantener los planos nivelados y en su opinión fue porque el agujero que había en el plano derecho ocasionó una falta de sustentación.

Consideraron como cuestión importante tratar de hacer una toma muy suave porque les preocupaba la escasa distancia que habría al suelo con las compuertas de tren extendidas, y sabían que también les podría afectar durante el rodaje.

Sabían que tenían la reversa del motor derecho fuera de servicio por lo que solo contaban con la izquierda para tratar de parar el avión.

Una vez en el suelo el avión desaceleró con un régimen normal alcanzando 80 Kt cuando se aproximaban al final y 60 Kt cuando libraron la pista.

Se dieron cuenta de que habían perdido la capacidad de frenado y, antes de salirse a la zona de hierba donde quedaron detenidos aseguraron los motores parándolos y quitando también la reversa.

No dispusieron tampoco de guiado de la rueda delantera (Nose Wheel Steering) con lo que no pudieron dirigir el avión excepto por la presión diferencial ejercida sobre los pedales de freno.

Al final no tenían control sobre el avión y pensaba que quizás, el uso de la reversa (solamente la izquierda) fue lo que les hizo que salieran de la pista.

Al detenerse hicieron otra llamada a los pasajeros comunicando lo que había ocurrido y valoró de forma muy positiva la buena reacción tuvieron estos.

Los frenos estaban calientes y notaron cierto olor a humo desde la cabina procedente de los frenos, pero los bomberos los enfriaron rápidamente.

Después de establecer comunicación con Torre y con los bomberos por radio decidieron conectar la Unidad de Potencia Auxiliar (APU) para disponer de corriente alterna remanente para la radio remanente y aire para acondicionar la cabina de pasajeros.

Comentó también que en el Manual de Operaciones de la compañía (Flight Operations Manual) hay una lista (guía) sobre cómo actuar en caso de un incidente, que es la guía que siguieron en ese momento.

Creía recordar que accionaron los disyuntores (Circuit breakers) del CVR unos 10 min después de detenerse.

Los autobuses para desembarcar a los pasajeros tardaron mucho (unos 35 min), y cuando llegaron se realizó el desembarco por la puerta 1R, que era la única por donde habían instalado una escalera.

Creía recordar que el peso al aterrizaje era de 368.500 lb y que el peso en rampa de aparcamiento fue 376.000 lb.

No consideraron hacer fuel dumping (deshacerse de combustible) ya que en el depósito central solo tenían 17.000 lb y es el único combustible que el sistema permite lanzar, por lo que consideraron que no merecía la pena hacerlo frente al beneficio que obtenían.

En el manual con datos de Operación (Operation Data Manual) comprobaron la distancia de aterrizaje que necesitaban con fallo de los dos sistemas hidráulicos (derecho y central). Es una lista que ya considera penalizaciones por ese fallo y no hay que añadirle nada. La distancia obtenida era de 6.340 ft, por lo que eran conscientes de que disponían de longitud de pista de sobra para aterrizar.

Aclaró que la intención del piloto a los mandos fue quedarse en la pista en todo momento, y que en su opinión fue la combinación de uso de la reversa izquierda para frenar junto con la pérdida de efectividad de los acumuladores de los frenos lo que hizo que se salieran de la pista hacia la izquierda.

1.17.2. Declaración de los controladores de servicio

Los controladores de servicio que estaban en la torre de control del aeropuerto que mantuvieron comunicaciones con la aeronave fueron cuatro. La controladora que estaba en salidas, que autorizó a la tripulación a despegar, el controlador que le asistió en el aterrizaje y una supervisora y un supervisor que estaban en la torre.

Se entrevistó a estos tres últimos, los cuales informaron que los bomberos fueron los primeros que avisaron que habían oído un fuerte ruido (parecido a una explosión) cuando la aeronave pasaba a la altura del parque que está situado en la zona norte del aeropuerto al oeste de la pista 36 L.

Al recibir esa información desde control pararon los despegues, dejando un avión en la cabecera de pista que estaba a punto de iniciar la carrera, la tripulación del cuál no notificó nada porque no fueron conscientes de que hubiera ocurrido ninguna explosión, ni vieron nada que les pareciera extraño o reseñable.

A continuación avisaron al servicio de aproximación y se inició la revisión de la pista 36 L.

La propia tripulación que había sido consciente de esa explosión también sugirió la revisión de la pista, y durante la misma se recogieron múltiples restos del neumático que se había roto, restos de material desprendido del ala y una pieza metálica.

A continuación la tripulación comunicó que iban a regresar y confirmó que no habían soltado el combustible.

Durante la incidencia el servicio de aproximación estuvo en comunicación con la tripulación y los bomberos (haciendo de relé), facilitando información sobre la aeronave y las acciones que la tripulación iba requiriendo.

Despejaron los puntos de acceso a la pista 32L, por la que se había decidido que aterrizase el avión, no dejando pasar ninguna aeronave en las proximidades de la misma, ya que la zona en la que quedó detenido el avión es la zona más saturada del aeropuerto en cuanto a tráfico que pasan por allí, y por ello decidieron despejar la zona lo antes posible previamente al aterrizaje, porque preverían que iba a ser un aterrizaje complicado y podía haber un accidente grave.

Durante el aterrizaje pensaron que salía humo de un motor, y no pensaron en principio que el avión se fuera a quedar en la pista bloqueándola, sino que esperaban que saliesen por el final.

La tripulación no mencionó cuáles era sus intenciones ni pidió permiso para aterrizar antes del umbral para ganar distancia, y tampoco preguntaron cuál era el motivo de que el umbral estuviera desplazado¹⁷.

Comentaron que en el manual de emergencias y situaciones especiales se menciona que con un fallo hidráulico es posible que la aeronave sufra un aterrizaje largo en el que se pueda salir por el extremo de pista (over run).

Confirmaron que no se informó a la tripulación sobre la existencia del sistema de frenado de emergencia (EMAS) en esa pista porque según comentaron esta indicación no está contemplada en el Manual de emergencias.

No obstante, el supervisor comentó que una vez que estaba rodando durante la carrera de aterrizaje tuvo la sensación de que iba muy deprisa y pensó que no iba a poder frenar

¹⁷ El supervisor explicó que hace tiempo que han pedido desde los Servicios de Control que el umbral deje de estar desplazado porque en su día se desplazó para librar el cruce de pistas lo más pronto posible cuando tiempo atrás las pistas que había estaban cruzadas para ganar operatividad en el movimiento de aeronaves en tierra. Comentó que desde que el aeropuerto tiene cuatro pistas ya no tiene sentido. No obstante reconoció que desconocía si era posible volver a desplazar el umbral por si ello afectaría a cuestiones referidas a la huella sonora o temas relacionados con los obstáculos.

dentro de la pista y que iban a utilizar el EMAS, porque iba más rápido de lo normal. Por ello pensó en un principio que el avión iba comandado, pero al ver que iba tan deprisa le surgieron dudas, y una vez que se salió de la pista ya se dio cuenta de que iba sin control.

En el aterrizaje distinguieron polvo y humo procedente de dos fuentes distintas (puede que fuera de las compuertas del tren, aunque según dijo, que éstas no llegan a tocar el suelo cuando están abiertas).

Durante la toma de tierra la tripulación no realizó ninguna comunicación hasta que el avión se detuvo, después, lo primero que dijeron es que se habían quedado sin frenos.

Preguntaron por la frecuencia de los bomberos, y se les informó que era en 118,15 MHz, ya que durante el suceso los bomberos estaban en otra frecuencia y todas las comunicaciones bidireccionales con la tripulación las hacían mediante el controlador de Torre.

También informaron que el controlador de salidas tiene que vigilar el área de bloqueo de la pista, y por ello no siempre monitoriza visualmente la maniobra.

La separación entre llegadas es de 4 NM en aquellas en las que hay área de bloqueo, y en el resto es 3 NM.

También comentaron que al quedarse inoperativa la pista 32 L, y quedarse solamente con la pista 32 R supuso un incremento normal en la carga de trabajo.

Se quedaron operando únicamente con las dos pistas derechas, 36 R y 32 R.

El supervisor también informó que la frecuencia de emergencias 122,97 MHz, se usa por varias dependencias, y que es también la que llevan los bomberos. Por eso, cuando hay algún suceso en el que están implicados más de un sector suele haber interferencias en las comunicaciones. En este sentido, también informó que en junio de ese mismo año, durante el despegue de un avión de la misma compañía se reventaron varias ruedas en la carrera y que el controlador que estaba en la frecuencia llegó a estar saturado porque le hablaban muchas personas a la vez, además de tener que atender las conversaciones con el piloto en una frecuencia, y las conversaciones de torre en otra.

En el suceso que nos ocupa el supervisor tomó la frecuencia de emergencias y hubo menos carga de trabajo, pero el operario de plataforma también habló en esa frecuencia y estuvo dando alguna indicación que pudo haber confundido a los bomberos.

El supervisor comentó que en general cuando hay algún suceso en el que están involucrados el personal del Servicio de Dirección de Plataforma (SDP) y los Técnicos de Operaciones del Área de Maniobras (TOAM) pueden surgir problemas de comunicación. También comentó que él ya había informado por escrito al Jefe de la Torre sobre los problemas que habían surgido durante la incidencia que ocurrió en junio.

Respecto a la labor de los controladores haciendo de intermediarios (relé) en las comunicaciones entre la tripulación y los bomberos, opinó que el hecho de que la tripulación y los bomberos se comuniquen directamente puede originar también problemas, así que no veía extraño que el controlador hiciera de relé entre ambos. Comentó también que en su opinión lo más importante en estos casos es separar en dos frecuencias distintas las comunicaciones con el avión y las relacionadas con la gestión de la emergencia.

Como último apunte comentó que desde la Torre no se ve bien del todo, las tomas por la pista 32 L, y que además hay una zona ciega para el radar de superficie.

1.17.3. Información facilitada por el Servicio de Control

A las 11:42 h el Boeing 767-332 DAL415 de matrícula N182DN despegó con aparente normalidad desde la pista 36L hacia el aeropuerto de JFK con salida estándar (SID) ZMR1AL.

La aeronave estaba inicialmente estacionada en el aparcamiento N°71 de la terminal T1, tenía una EOBT prevista a las 11:25 h y había sido autorizada por la torre para la puesta en marcha a las 11:20 h. Todo el rodaje se efectuó con total normalidad.

Desde la torre no se apreció nada anormal en la carrera de despegue y una vez que inició el vuelo fue transferido por la controladora del Servicio Local (LCL) de la pista 36L (frecuencia 118,075MHz) al sector DEPW del TMA (131,175 MHz) habiendo colacionado el piloto el cambio de frecuencia con absoluta normalidad y sin que éste hubiese notificado incidencia alguna en su operación de despegue.

Tras el inicio de la carrera de despegue del DAL415 se instruyó al vuelo con indicativo BE04VQ para entrar y mantener en la pista 36 L a la espera de ser autorizado para despegar.

Este vuelo debía esperar dos minutos porque la estela del vuelo anterior era turbulenta y posteriormente se iba a ver afectado (según el procedimiento de "área de bloqueo" entre pistas 32 R y 36 L por el BERS32R que se encontraba en final de la pista 32 R. El piloto del IBE04VQ, que estaba alineado en pista antes de que el DAL415 terminara su carrera de despegue tampoco notificó que hubiera presenciado algo irregular en el despegue de la aeronave precedente.

Estando el DAL415 ya en su fase inicial de vuelo en frecuencia con el TMA de Madrid los bomberos ubicados en la estación junto la pista de despegue 36L comunicaron con la torre por frecuencia dedicada (122,975 MHz) para informar que les había parecido oír algo similar a una explosión y que ésta podría haber provenido de la aeronave que acababa de despegar por la pista 36L (el DAL415). Al recibir esta información y como medida preventiva se solicitó una revisión de la pista y no se autorizó a despegar al vuelo IBE04VQ

que esperaba en pista, a la vez que se transmitió al supervisor del ACC la información recibida por los bomberos para que contactaran con el DAL415 y preguntaran a los pilotos si habían detectado algún problema en el despegue.

Desde el ACC informaron que sí habían notado algo anormal y que habían recomendado que se revisara la pista. Pocos segundos después les informaron que el DAL415 declaraba emergencia y que iba a regresar al aeropuerto con problemas en el sistema hidráulico (esta misma información fue transmitida por línea caliente entre el controlador del sector DEPW del TMA, con quien se encontraba en frecuencia el DAL415 y la controladora de LCL de la pista 36L de Barajas)

Inmediatamente se activó desde la Torre el protocolo de emergencias avisando al Centro de Gestión Aérea del aeropuerto y se pulsó la sirena de emergencia para alertar al SSEI y por medio de la frecuencia de emergencia de bomberos (122,975 MHz) se les informó sobre todo lo que se sabía hasta ese momento.

Desde la torre se autorizó al servicio de TOAM a entrar en la pista para realizar la revisión.

Al realizar la revisión informaron que habían encontrado restos de lo que parecía fuselaje, restos de caucho y otros objetos sólidos (pequeñas placas metálicas) por lo que se avisó al ACC para que informara a la tripulación del DAL415 sobre lo que se había encontrado en pista tras su despegue y en ese mismo momento se decidió dejar la pista 36L inoperativa.

Las aeronaves que estaban en el punto de espera de esta pista, se redirigieron hacia la pista 36R. Se transmitió por el ATIS de despegues del aeropuerto que sólo estaba disponible la pista 36R y a partir de ese momento se modificaron las autorizaciones ATC de todos aquellos aviones del aeropuerto que inicialmente tenían previsto despegar por la pista 36L.

A las 11:53 se recibió el aviso del aeropuerto declarando la alarma local aeronáutica.

Los controladores del TMA dirigieron al avión en vuelo hacia la pista 32 L para aterrizar por ella, estimándose que tomaría tierra sobre las 12:05 h.

El avión voló la fase inicial de la salida normalizada SID ZMRAL y llegó a ascender hasta más de 10.000 ft, siendo dirigido posteriormente por los controladores del TMA hacia el oeste del campo para incorporarse a la aproximación de la pista 32 L.

Una vez conocida la pista de aterrizaje hacia la que se dirigía se coordinó con los equipos de emergencia, informándoles sobre la pista por la que iba a aterrizar para que pudieran posicionarse.

Antes del aterrizaje y conociendo que tenía problemas con el sistema hidráulico y que tenía un exceso considerable de peso porque no había tenido tiempo de liberar combustible, se

organizó el tráfico rodado en el área de maniobras del aeropuerto de forma que quedaran totalmente libres las zonas próximas a la pista, especialmente aquellas zonas más cercanas al último tercio de la pista

El avión con indicativo AEA1028, que había aterrizado por la pista 32 R y rodaba inicialmente por la calle de rodaje A hacia la terminal T123 y dado que se encontraba en zona que consideramos podría verse más afectada, fue rápidamente reencaminado por la rodadura M (en sentido contrario al rodaje estándar) para que posteriormente pudiera entrar por la puerta 6 y se alejara lo antes posible del último tercio de la pista por la que el DAL415 iba a aterrizar (se le instruyó para que apresurara la maniobra, informándole de la situación). El resto de aviones rodando fueron parados suficientemente lejos de la zona que consideramos se veía afectada.

A las 12:05 h, es decir, 23 minutos después de haber despegado aterrizó por la pista 32 L

Durante el aterrizaje la velocidad con la que realizó la toma era aparentemente alta (170 Kt según pantalla radar) pero nada hacía prever que el piloto iba a tener dificultades para conseguir detener el avión dentro de los límites físicos de la pista.

Se coordinó con el SSEI y se les autorizó para que realizaran el seguimiento del avión por la pista dándoles prioridad absoluta para actuar.

Finalmente el avión no consiguió parar antes del final de pista y aprovechando la zona pavimentada que existe en la zona de LA y LB (puntos de espera de la cabecera 14R), libró la pista hacia la izquierda (según se pudo apreciar desde el fanal de la Torre.

Cuando inició el viraje la aeronave parecía mantener todavía una velocidad elevada comparada con una velocidad normal de rodaje.

Después de que el avión librara la pista se dirigió por la salida J3 hacia la Terminal T4 y finalmente se detuvo fuera de los límites de la superficie pavimentada de la calle de rodaje en una zona de hierba.

Los vehículos del SSEI se mantuvieron en todo momento posicionados detrás del avión, haciendo el seguimiento de éste a lo largo de todo su recorrido hasta que se detuvo.

Mientras el avión deceleraba en la pista 32L después del aterrizaje se pudo apreciar en varios momentos cómo salía lo que parecía humo de la zona del tren de aterrizaje (especialmente cuando el avión se aproximaba al final de la pista).

Una vez parado el avión, el piloto notificó a la Torre que había perdido todos los frenos en la maniobra de aterrizaje.

Los bomberos, por su parte, informaron que el avión tenía el tren de aterrizaje derecho dañado y un agujero en el plano del mismo lado, pero que no había fuego.

Desde la Torre se realizaron todas las coordinaciones que fueron necesarias para que se comunicara a la tripulación los mensajes del SSEI y viceversa hasta comprobar que la situación estaba controlada y fuera de peligro.

Finalmente se colaboró en la coordinación con el SSEI, el Comandante de la aeronave y el CGA del aeropuerto la llegada y posicionamiento de las escaleras para que salieran los pasajeros y de los vehículos (conocidos habitualmente como jardineras) para trasladar a los pasajeros.

Según comunicó el SSEI la posición en la que había quedado el avión dificultaba que las escaleras pudieran ubicarse en el lado izquierdo.

En todo momento se mantuvo informado al CGA sobre lo que estaba ocurriendo en el área de maniobras del aeropuerto.

Desde el momento en que el avión aterrizó se decidió dejar la pista 32 L inoperativa por si el avión hubiera provocado algún daño en su superficie o hubiese dejado restos que pudieran suponer riesgo potencial para otros aterrizajes posteriores.

Se coordinó con los supervisores del ACC - Madrid y del TMA para que las llegadas al aeropuerto fueran desviadas a la pista 32 R.

Desde el ACC se indicó que había prevista una demanda importante de llegadas y que esperaban una separación de 3NM entre los aterrizajes sucesivos.

Lógicamente, y debido a la afección operativa que los aterrizajes en la pista 32 R tienen sobre los despegues en la pista 36 R (por el "área de bloqueo"), esta medida iba a tener incidencia sobre la capacidad de despegues por la pista 36 R.

Entre las 12:07 h y las 12:12 h el aeropuerto estuvo en estado de "Alarma General" por ser el periodo que podría considerarse como más crítico dentro de la emergencia.

Mientras tanto, la pista 36 L había estado siendo revisada y a las 12:15 h el aeropuerto informó de que ya estaba operativa y en condiciones para su uso y que se habían retirado todos los restos contaminantes que habían encontrado en ella.

Se notificó a los pilotos por medio del ATIS que ya estaba operativa la pista 36 L y se comenzó a expedir autorizaciones de salida hacia esta pista. Fue necesario realizar las oportunas coordinaciones entre los controladores de LCL por la pista 36 R y 36 L dado que, cuando los primeros aviones llegaron a la pista 36 L para despegar todavía se tenían

aviones en la pista 36 R que despegaban con SID no preferentes (trayectorias hacia el oeste) que eran incompatibles con despegues simultáneos de la pista 36L.

A las 13:00 h llamó la Supervisora del TMA para comunicar que no admitían despegues desde la pista 36L. Solamente se autorizó a despegar a un avión Airbus A340 que ya estaba alineado en la pista y el resto de aviones que se encontraban en el punto de espera de la pista 36 L fueron encaminados hacia la pista 36 R.

Se informó de ello al Centro de Gestión Aeronáutica (CGA) y se volvió a modificar la información del ATIS del aeropuerto para que los pilotos supieran que sólo se disponía de la pista 36 R para despegues.

A las 13:30 h llamó el CGA para solicitar información sobre los 10 aviones que despegaron por la pista 36 L antes del DAL415 porque se habían encontrado restos en la pista que podrían no pertenecer a la aeronave DAL415 (posteriormente supimos que se trataba de una confusión y que todos los restos encontrados en la pista pertenecían al DAL415).

A las 13:33 h el aeropuerto comunicó que finalmente se desactivaba la alarma local.

Se realizó otra revisión de la pista 36 L entre las 13:31 h y las 13:36 h y después el aeropuerto comunicó que la pista ya estaba operativa, concretamente a las 13:41 h.

En cualquier caso y dado que el ACC todavía no admitía despegues desde esta pista, la pista 36 L permaneció inoperativa y los aviones seguían despegando solo por la pista 36 R.

Después del aterrizaje del avión, la pista 32 L había quedado afectada y los efectivos del aeropuerto estuvieron retirando restos del avión que habían quedado en la pista (caucho y algún trozo del carenado) así como grava y tierra que se había depositado en la superficie de la pista (especialmente en el último tercio).

También se retiraron algunas arquetas rotas en la zona por donde había abandonado la pista el avión. A la altura de la salida rápida L1 se hallaron restos de líquido del sistema hidráulico que fueron limpiados por el servicio de bomberos.

En total la pista 32 L estuvo inoperativa hasta las 14:00 h (momento en que se hizo efectivo el cambio de relevo en la torre entre el servicio de mañana y el de tarde). Coincidiendo con el relevo del servicio, también se recibió comunicación desde el ACC admitiendo ya los despegues por la pista 36 L, por lo que a partir de ese momento el aeropuerto comenzó a operar con normalidad (las cuatro pistas operativas). La rodadura 13 (donde se encontraba el DAL415) siguió cerrada al tráfico rodado.

A pesar del suceso, no fue necesario implementar desde la torre de control medidas de regulación de tráfico. Aun disponiendo tan sólo de dos pistas operativas, desde la torre de control se procuró mantener la máxima normalidad operativa en el aeropuerto. Salvo en

los minutos críticos de la emergencia (cuando el DAL415 estaba aterrizando y los servicios de salvamento le siguieron por el área de maniobras) en que se pararon los rodajes y se minoró el régimen de puestas en marcha, el resto del tiempo se expidieron autorizaciones de despegue a requerimiento de los pilotos.

El controlador de LCL de la pista 32 L (arribadas) fue quién se encargó de coordinar directamente con la tripulación del DAL415 desde que éste aterrizó hasta que se desactivó la alarma local en el aeropuerto.

Los controladores afectados directamente en la emergencia (LCL 36 L y LCL 32 L) fueron relevados de la frecuencia media hora antes de que se desactivara la alarma local en el aeropuerto (a las 13:00 h) y después de su relevo, teniendo en cuenta que se tenían hasta tres posiciones de control cerradas en la torre por mantenerse dos pistas del aeropuerto inoperativas, los supervisores consideraron que no era necesario que estos controladores trabajaran más en frecuencia y el servicio de control en la torre se prestó con el resto de controladores disponibles.

1.17.4. Información facilitada por el Aeropuerto

A las 11:27 h se había realizado una de las cuatro revisiones programadas a la pista 36 L que se realizan al día y no se encontró ningún objeto extraño.

Se activó el Plan de autoprotección del aeropuerto, decretándose primeramente una Alarma Local y posteriormente una alarma general.

El aeropuerto de Madrid-Barajas dispone de una frecuencia de radio dedicada que aísla la gestión de la emergencia del resto de estaciones y que garantiza el movimiento fluido y sin cambios de frecuencia del SSEI por el campo de vuelo.



Figura 24. Zona donde se encontraron los restos en la pista 36 L

En la figura 24 se puede ver la zona de la pista 36 L, que se extendía a lo largo de 150 m en donde se encontraron los restos principales de la rueda que se rompió y las partes de la aeronave que se desprendieron:

Como consecuencia de la gestión de la emergencia las autoridades del aeropuerto detectaron una serie de cuestiones de interés que consideraron que debían mejorar que son las siguientes:

- Revisar el procedimiento 10-36-GEOPS-01 Instrucción operativa para el tratamiento de FOD encontrado en pista para los casos en los que los objetos que se recojan sean fehacientemente de una aeronave (y sean numerosos), referenciando, numerando, midiendo y catalogando cada uno ellos, incluyendo fotografías generales y particulares de los objetos en pista. De este modo podrán servir de base para un posible análisis a fin de que se pueda esclarecer el origen del incidente o un posible accidente. También se debe definir el traslado de los restos a un lugar confinado bajo llave hasta su entrega a la CIAIAC.
- Transmitir al servicio de Navegación Aérea que evalúen la necesidad de elaborar un procedimiento o líneas maestras para despejar las calles de rodadura que puedan ser afectadas por una aeronave que llega en emergencia con problema de frenos que le pueda hacer requerir una longitud de pista superior a la normal. Este procedimiento debería incluir despejar la zona de aeronaves y vehículos. También deberá evaluarse incluir un procedimiento de coordinación con SDP si fuese necesario.
- Analizar los procedimientos de comunicación entre la torre y el Servicio de Dirección de Plataforma (SDP) con el SSEI en busca de mejorar su eficacia y evitar descoordinaciones. Se considera mejorar en los siguientes aspectos:
 - Distinguir en las comunicaciones BARAJAS Torre de BARAJAS PLATAFOMA tanto en las llamadas que realice el SSEI como el que corresponda al responder
 - La necesidad de identificarse correctamente al SSEI en el momento de realizar la llamada, indicando vehículo y situación.

Por otra parte, el Departamento de Seguridad Aeronáutica después de analizar la actuación de los distintos servicios del aeropuerto realizó hasta un total de 18 recomendaciones internas para mejorar la aplicación del Plan de emergencia de manera más eficiente.

1.18. Información adicional

1.18.1. *Fabricación de la ruedas del tren*

El neumático debe soportar cargas en una amplia gama de condiciones operativas, en muchos casos extremas. La alta exigencia a la que están sometidos requiere que se fabriquen como composición de varios productos entre los que están goma de caucho, tela y acero. Cada uno de los componentes cumple una función muy específica en el desempeño del neumático.

El fabricante del neumático contempla dos tipos de diseño, BIAS y RADIAL que se corresponden con dos formas distintas de describir la dirección angular de las capas que componen la carcasa, que es la parte estructural del neumático. Solamente los neumáticos BIAS están certificados para su uso en la aeronave BOEING 767-300.

Por encima de la carcasa está la banda de rodadura, que es la parte del neumático que está en contacto con el suelo. Los neumáticos de este fabricante están diseñados con surcos con forma de circunferencia moldeados en el área de contacto con el suelo, para conseguir una mejor adherencia.

Cuando se realiza un proceso de recauchutado, lo que se sustituye es la banda de rodadura, y la capa de goma situada entre ésta y la carcasa está diseñada con espesor suficiente para actuar como la parte que ha de enlazar con la zona que se recauchuta.

Por debajo hay una zona de caucho, el cuerpo de la carcasa, que está especialmente diseñada para mejorar la unión entre el cuerpo de la carcasa y la banda de rodadura compuesta por numerosas capas entrelazadas con cordones de tela de nylon.

Para los neumáticos BIAS (diagonales) las capas de la carcasa se colocan formando ángulos de entre 30° y 60° respecto de la línea central o de la dirección de la llanta. Se ponen capas sucesivas con ángulos opuestos entre sí, para proporcionar una mayor consistencia.

Los neumáticos que llevaba montado el avión eran de tipo BIAS.

El talón, formado por alambres sirve para anclar el neumático a la rueda. Está fabricado por alambres de acero que se superponen entre sí recubiertos de caucho para formar un solo borde. Generalmente, los neumáticos diagonales están compuestos por uno a tres por lado, mientras que los neumáticos radiales tienen uno por lado, independientemente del tamaño de los neumáticos.

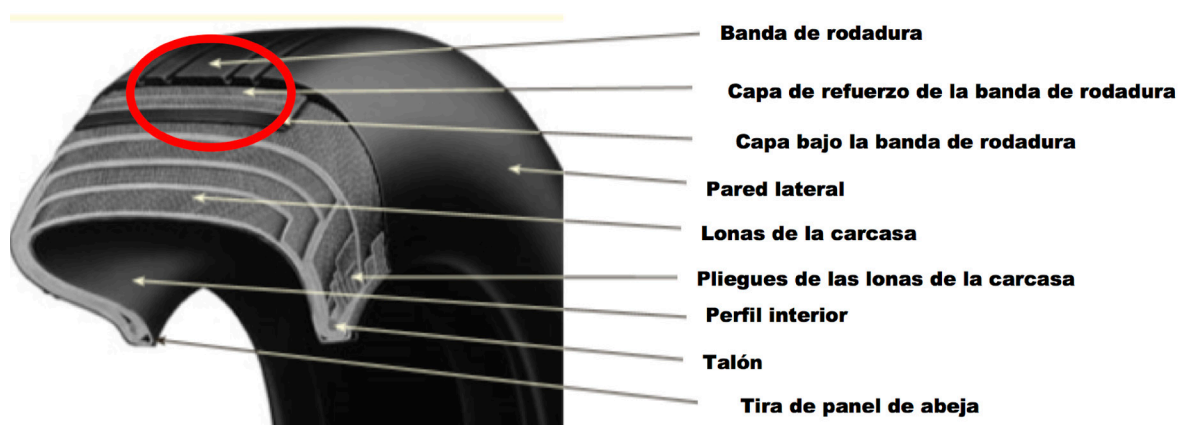


Figura 25. Corte transversal de un neumático BIAS

Finalmente hay unas tiras de tela o de goma protectora colocadas sobre las telas de carcasa exterior en la zona del talón del neumático. El propósito de estas tiras es proteger a las telas de la carcasa de posibles daños que se puedan producir al montar o desmontar el neumático

1.18.2. Recauchutado de los neumáticos

El proceso de recauchutado de los neumáticos se realiza siguiendo estos pasos: inspección inicial, shearografía, inspección total grano a grano, prueba de inyección de aire, secado, pulimentado, cementado, aplicación de las distintas capas de banda de rodadura, balanceado, curado, recortado, sherografía post-producción, inspección del recauchutado, inyección de aire y certificación final.

En el caso del neumático que sufrió la rotura, cuyas características concretas se exponen a continuación, todas estas etapas se realizaron en las fechas siguientes:

| CARACTERÍSTICAS | PROCESO DE RECAUCHUTADO |
|--|--|
| Tamaño: H46x18.0-20 | Inspección inicial: 27-06-2013 |
| Número de serie: 1277R00294 | Primera shearografía: 27-06-2013 |
| Fabricante: Michelin | Inspección total y prueba de inyección de aire y secado: 28-06-2013 |
| Número de parte: 020-807-0 | Pulimentado, cementado, aplicación de capas a la banda de rodadura y balanceado: 30-06-2013 |
| Recauchutado por: Goodyear (Kingman, AZ) | Curado: 01-07-2013 |
| Fecha de recauchutado: Julio, 2013 | Recortado, Shearografía post-producción, inspección, inyección de aire y certificación final: 02-07-2013 |
| Tipo y nivel de recauchutado: R-1 (Radial) | |

Durante la investigación se requirió en al menos en tres ocasiones tanto al NTSB como a Good Year información sobre el proceso de calidad en el recauchutado de los neumáticos y también que fuera enviada la shearografía que se practicó a la rueda.

Good Year no envió esa información alegando que no era posible hacerlo porque era contrario a los derechos sobre la propiedad industrial. En lugar de ello ofrecieron la posibilidad de que se visitará una fábrica en Estados Unidos o en Holanda para que se viera "in situ" cómo se realizaba el recauchutado de los neumáticos y para que se pudiera ver los resultados de la shearografía en el monitor de la máquina que la realiza.

Por su parte el NTSB comunicó que de acuerdo con la normativa americana no era posible exigir a Good Year que nos hiciera llegar esa información.

Todo ello motivó una carta de protesta formal por parte de la CIAIAC al NTSB que se envió enero de 2015, pero ni siquiera en este caso se pudo obtener la información solicitada.

Como respuesta a la citada carta el NTSB contestó que Goodyear había intentado atender a los requerimientos de la CIAIAC de la siguiente manera:

- Enseñar a la CIAIAC los datos disponibles de la shearografía y ofrecer que un experto los interpretase, firmando un document de confidencialidad.
- Mostrar el proceso de calidad que usa la compañía
- Enseñar los documentos sobre el control de calidad sin entregar copia.

Con respecto al requerimiento que se hizo a Delta Air Lines sobre la lista de pasajeros informó que la compañía no tenía dicha lista porque no se quedó con copia de la misma.

Finalmente en lo que se refiere al extravío de la rueda por parte de Delta Air Lines pidieron disculpas y comentaron que está quedó en custodia por parte de la compañía y que el NTSB no la tenía en su poder.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

En la investigación de este suceso ha sido de gran utilidad tratar de analizar la interacción entre los distintos actores que intervinieron durante el tiempo que duró la emergencia, es decir, tripulación, servicio de control y servicios aeroportuarios, enfocándolo de acuerdo con los parámetros fijados por el conocido modelo SHELL (Software, Hardware, Liveware, enviromental) que relaciona el comportamiento de las personas con su entorno físico (máquina), organizacional (procedimientos), personal (relaciones) y ambiental (entorno). En este caso parece que es el modelo que más se ajusta para obtener una perspectiva que permita ver cuáles fueron las reacciones y comportamientos a lo largo de toda la secuencia de acontecimientos.

2. ANÁLISIS

Al analizar los factores que intervinieron en este suceso, se plantean inevitablemente una serie de cuestiones que se van a tratar de contestar una a una.

Las cuatro primeras están dentro del ámbito de los aspectos generales de la operación y del desarrollo de todo el proceso de gestión de la emergencia y las dos últimas están relacionadas con el diseño de la aeronave.

2.1. Aspectos generales y desarrollo de la emergencia

La primera consideración a reseñar para el análisis es que dado que parece claro que se rompió una de las ruedas del tren principal en el momento de la rotación, si hay seguridad de que esta fuera causada por una pieza de metal que se encontró en la pista de despegue.

En este sentido y después de los análisis que se realizaron tanto a la pieza como al neumático, no cabe ninguna duda de que este se rompió y se fue desgajando poco a poco porque en su interior se abrió una fisura como consecuencia del daño que ocasionó la citada pieza, en una zona situada debajo de la banda de rodadura que correspondía con la forma y dimensiones exactas de esa pieza.

La incógnita más importante que hay que despejar es saber si la pieza estaba en la pista durante el despegue y se introdujo dentro del neumático porque alguna de las ruedas delanteras la impulsó al pasar sobre ella, con velocidad suficiente para penetrar en la rueda o si por el contrario el trozo de metal ya estaba dentro de la rueda anteriormente, por haberse introducido en alguna de las etapas del recauchutado y fue agrietando el neumático hasta que se produjo el desgajamiento total, que ocurrió precisamente en uno de los instantes en los que tiene mayor sollicitación de carga, que es en el momento del despegue.

Aunque parece difícil que durante el proceso de recauchutado se pueda introducir una pieza, dadas las inspecciones que se realizan, fundamentalmente la shearografía (que se hace dos veces) y dado el control de calidad que supuestamente se hace. No obstante, durante la investigación no se ha podido llegar a saber con precisión cómo se desarrolla ese proceso de control de calidad por cuestiones diversas.

Sin embargo es poco factible que una pieza que no estaba afilada, que tenía un espesor muy pequeño y con una ductilidad moderada pudiera atravesar la banda de rodadura y sus capas inferiores sin que se doblase o saliera despedida. Parece mucho más lógico pensar que en todo caso se hubiera quedado clavada en el neumático y no alojada en una zona interior tangente a la dirección de rodadura, es decir, normal al radio de la rueda. A todo esto hay que añadir que aunque hubiera sido impulsada por alguna de las ruedas del

tren delantero, con gran velocidad, la distancia entre ambos trenes no parece suficiente para conseguir una aceleración lo suficientemente alta como para penetrar en la rueda.

Finalmente, hay que tener en cuenta que nada más producirse el accidente y revisarse la pista la pieza fue encontrada de inmediato, es decir, las personas que habitualmente realizan la revisión de las pistas la hallaron con facilidad al igual que el resto de elementos que se desprendieron después de la rotura. En este sentido hay que tener en cuenta que precisamente la pista se había revisado por parte de las mismas personas quince minutos antes del suceso sin que encontrasen ninguna pieza.

Después de analizar detenidamente las dos hipótesis planteadas, se ha llegado a la conclusión de que la pieza estaba dentro de la rueda al haberse introducido durante el proceso de recauchutado y se va a emitir una recomendación a Good Year, para que revise su sistema de calidad para evitar que en el futuro se pueda volver a dar el caso de que se introduzca un objeto extraño en un neumático durante el proceso de recauchutado.

La segunda cuestión que se plantea es preguntarse cómo supo la tripulación que había un problema y cómo se enteraron los servicios de control, para analizar si todo ello transcurrió como cabía esperar o es necesario mejorar algún aspecto.

La tripulación detectó que tenían un problema porque los sistemas del avión diseñados a tal efecto funcionaron correctamente y lo comunicaron de inmediato (24 s después del aviso de fallo del sistema hidráulico) y luego se tomaron un tiempo razonable para saber con seguridad que era lo que estaba pasando y decidir si tenían que declarar emergencia. Oyendo las conversaciones de cabina y las que mantuvieron con los servicios de control se deduce claramente que resolvieron la situación de manera solvente, metódica y ajustada a los procedimientos.

Hay que destacar que en el momento en el que se produjo la rotura del neumático, las personas del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios que estaban de servicio en el parque norte oyeron el ruido y lo comunicaron a los servicios de emergencia de inmediato (21 s después de que lo hubiera comunicado la tripulación). Esta actuación es un ejemplo de buenas prácticas que conviene destacar.

Desde ese momento ya estaban en alerta y ello les permitió tener tiempo suficiente para posicionarse a la espera de que tomase tierra el avión y poder acudir hasta el lugar en el que quedó detenido en un tiempo muy corto.

La tercera cuestión que se plantea es si los servicios de control actuaron de manera diligente y estuvieron a la altura de lo que se espera de ellos. En este sentido hay que observar que los controladores que intervinieron durante la emergencia tenían una amplia experiencia (no inferior a doce años en ninguno de los casos) y que en todo momento se ajustaron a los procedimientos, utilizaron fraseología estándar y guiaron a la aeronave

de manera ordenada a la vez que evitaron atosigar a los miembros de la tripulación con interrupciones innecesarias.

Cuando surge una emergencia de la importancia de la que estamos tratando, la tripulación necesita una concentración elevada y no es conveniente que desde los servicios de control, por querer prestar un apoyo adecuado, se esté constantemente interrumpiendo la labor de los pilotos. En este sentido hay que hacer notar que desde control solamente se mantuvieron las comunicaciones estrictamente necesarias, permitiendo que los tripulantes estuvieran concentrados en combatir la emergencia.

A lo largo de la investigación se planteó la duda de si hubiera sido mejor guiarles para que aterrizaran por la pista 32 R para alejarles de la zona más habitada, pero ello hubiera supuesto tenerles más tiempo en el aire y desviar otros muchos tráfico que estaban en aproximación introduciendo un factor de riesgo mayor, teniendo en cuenta además que la tripulación contaba con los elementos básicos que le iban a permitir realizar la aproximación a la pista 32 L y aterrizar.

A lo largo de todo el suceso, lo único que se echa de menos, tanto por parte de la tripulación como por parte de los servicios de control, es que no se hizo ninguna mención al posible uso de la zona de frenado de emergencia (EMAS) que hay al final de la pista 32 L.

Los pilotos confirmaron que desconocían su existencia a pesar de que como no podía ser de otra manera, su existencia viene recogida en la Publicación sobre Información Aeronáutica del aeropuerto (AIP).

Tampoco los servicios de control tomaron la iniciativa e informaron a la tripulación sobre la existencia del EMAS, ya que según comentaron esta indicación no está contemplada en el Manual de emergencias.

Parece razonable emitir sendas recomendaciones, tanto al operador de la aeronave, DELTA AIR LINES, como a la empresa concesionaria del servicio de control, ENAIRE, para que incluyan en sus procedimientos la necesidad de tomar en consideración la existencia de esa zona de frenada de emergencia con el objeto de tener la opción al menos de sopesar si se debe utilizar o no.

Analizando las comunicaciones que mantuvieron los servicios de control entre dependencias internas, con los SSEI y con los servicios aeroportuarios se deduce que en todo momento hubo una buena coordinación.

Otra cuestión que ha surgido a lo largo de la investigación es si sería conveniente que los SSEI trataran directamente con la tripulación en los momentos finales una vez que el avión estaba en tierra mientras rodaba hasta el momento en el que se detuvo. En este sentido, se llegó a la conclusión de que era más fácil y no introducía ningún margen de error realizar las

comunicaciones usando como intermediarios a los servicios de control, como así se hizo, ya que además no introducía ninguna demora que fuera digna de tener en cuenta.

Una vez que el avión estuvo detenido y se abrió la puerta, que es el momento en el que los SSEI tuvieron contacto directo con la tripulación, lo deseable es que haya una comunicación segura e inequívoca, por lo que sería lógico plantearse si los miembros de los SSEI o al menos la persona que los dirija a pie de aeronave deba tener un nivel aceptable de conocimiento del idioma inglés. No se va a emitir ninguna recomendación, pero se pide a los servicios aeroportuarios que hagan una reflexión sobre este tema.

Una cuarta pregunta que surge desde el punto de vista meramente operativo es si debió la tripulación aligerar el peso de la aeronave evacuando combustible.

Para contestar a esta cuestión, hay que tener en cuenta que el depósito central es el primero del que se consume y cuando éste se gasta se empieza a consumir de los depósitos del ala. Se tarda al menos una hora en vaciar el depósito central entero.

La pista por la que iban a aterrizar tenía longitud suficiente para que el avión pudiera tomar tierra con el peso que llevaba, según lo que venía expresado en el Manual Básico de Referencia (QRH), por lo que parece que la decisión de la tripulación fue acertada en ese sentido. Por otra parte no hay un lugar dispuesto en las inmediaciones del aeropuerto en el que se pueda vaciar combustible y la zona que estaban sobrevolando no permitía hacer una descarga.

2.2. Aspectos relacionados con el diseño de los sistemas de la aeronave

Otra quinta pregunta importante que surge, en este caso relacionada con el diseño de la aeronave es si resulta razonable que la rotura de un neumático afectara a sistemas tan importantes del avión y por qué estos no estaban más protegidos.

Hay que tener en cuenta que resultaron dañadas ocho líneas del sistema hidráulico en el borde de salida, quedando inutilizados los sistemas derecho y central, afectando al sistema de guiado de la rueda delantera y a los frenos, dejando solamente el depósito acumulador de frenado para detener el avión. Además quedaron inoperativos nueve spoilers de un total de doce y la reversa del motor derecho. Además de todo esto también resultaron con roturas de importancia partes de la estructura secundaria del plano derecho.

El fabricante de la aeronave también lo ha entendido así y está trabajando para ver de qué manera se puede reforzar la protección de todos los sistemas que van alojados en los planos, con el fin de evitar que algo similar vuelva a suceder. Es comprensible que se necesite bastante tiempo para llegar a conclusiones satisfactorias, pero se ha considerado necesario emitir una recomendación al fabricante para evitar que una situación igual se

pueda repetir en un futuro. Aunque estas tareas que ya se están realizando y se están revisando las normas de certificación tanto por parte de la FAA como de EASA y se está por tanto a la espera de conocer los resultados de todos estos trabajos para ver si se puede mejorar la seguridad y la protección de los elementos y sistemas situados en los planos, el hecho de emitir una recomendación permitirá poder realizar un seguimiento adecuado de todos estos trabajos.

Finalmente hay una sexta y última pregunta que se deduce de este suceso, que es saber por qué la aeronave no se detuvo dentro de la pista, si la distancia que había reflejada en el QRH era inferior a la que había disponible para aterrizar y el avión tomó tierra en un punto muy próximo al umbral

El QRH de BOEING incluye una sección de tablas para calcular la distancia de aterrizaje. Estas tablas están calculadas incluyendo la distancia desde que se está en el aire a 1.000 ft hasta que está sobre la pista a la altura del umbral más las distancias reales en el suelo.

Teniendo en cuenta la pérdida de los sistemas hidráulicos central y derecho y para las condiciones de peso, altitud de presión, temperatura y condiciones de la pista, la distancia requerida para aterrizar será de aproximadamente 7.500 ft. Esta cifra no incluye el efecto de una eventual rotura, que no se considera en las configuraciones de los que se publica distancia de aterrizaje.

La diferencia entre lo que reflejaban las tablas y la distancia real que recorrió se debe a que la distancia de frenado expresada en el QRH no está calculada mediante un modelo concreto de frenado usando todo el líquido del acumulador, sino que se ha calculado mediante un modelo en el que se supone que el sistema hidráulico está plenamente activo para el frenado y se ha estimado la eficacia de los acumuladores minorando la del sistema general.

Evidentemente esa no es la manera correcta de realizar el cálculo porque no se ha tenido en cuenta el carácter finito del líquido del acumulador como fuente de presión, cuando en realidad al ejercer presión sobre los frenos obteniendo esta de los depósitos acumuladores, el líquido se gasta y ya no es posible reponerlo.

En este sentido, el fabricante está trabajando también para que el QRH contemple todos los casos, incluido un posible supuesto de rotura como el que ocurrió en esta ocasión. No obstante, se va a emitir una recomendación al fabricante para que realicen los cambios necesarios en el QRH, de manera que refleje cuál es la distancia real que está disponible durante el aterrizaje, porque se considera de suma importancia que esta información esté disponible lo antes posible.

Se considera además muy conveniente que por parte del fabricante se informe a todos los operadores que tenga en su flota aviones similares acerca del proceso que se está siguiendo.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- Durante el despegue, en el momento de la rotación se rompió el neumático trasero derecho del tren principal y parte de sus trozos salieron despedidos golpeando en el extradós del plano derecho, que resultó perforado.
- Dos de las ocho ruedas habían sido fabricadas por Michelin y recauchutadas por Good Year.
- Se rompieron varias líneas del sistema hidráulico dejando inutilizados los sistemas hidráulicos derecho y central del avión.
- Resultaron con daños elementos importantes de la estructura secundaria del plano derecho.
- La tripulación lo detectó de inmediato y avisaron a los servicios de emergencia.
- El SSEI del aeropuerto también oyó un ruido y avisó a los servicios de control,
- Los servicios de control pararon los despegues por esa pista hasta que fue revisada por parte de varios técnicos.
- El avión fue guiado por los servicios de control hasta que aterrizó por la pista 32 L.
- La aeronave tomo tierra a 1.100 ft pasado el umbral.
- Durante el recorrido en tierra solamente tenía disponibles para activar los frenos los acumuladores del sistema hidráulico que se gastaron al realizar la primera frenada antes de parar
- La reversa del motor derecho también quedó inutilizada.
- La aeronave abandonó la pista por la última calle de salida del lado izquierdo sin control direccional y sin frenos.
- Al abandonar la pista golpeó contra un panel de señalización y contra varias balizas.
- Los bomberos estaban posicionados antes del aterrizaje esperando a la aeronave y la siguieron en su recorrido en tierra.
- Durante el aterrizaje estaban parados todos los aviones que rodaban por zonas cercanas a la pista 32 L.
- El avión se detuvo en una zona de hierba situada entre el final de la pista 32 L y la zona A de la terminal T4.
- Al final de la pista 32 L hay una zona de parada RESA, que contiene una zona EMAS, que no fue utilizada.
- La tripulación informó de que no conocía la existencia de la zona de parada EMAS.
- No se declaró incendio pero los SSEI refrescaron el tren para rebajar la temperatura del mismo.
- No se realizó evacuación de emergencia, sino que el pasaje salió del avión por la una escalera situada en la puerta delantera y fue trasladado a la terminal por medio de autobuses.
- Al revisar las pistas se encontró en la pista por la que había despegado la aeronave una pieza metálica, la cual se pudo constatar que fue la causante de la rotura del neumático.

- La distancia de parada de la aeronave descrita en el QRH para las condiciones que llevaba daba que era suficiente para detener el avión en pista, lo que implica que no estaba bien calculada.
- El fabricante de la aeronave está trabajando en modificar el QRH y en reforzar la zona del plano dónde se alojan las tuberías principales del sistema hidráulico.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

La causa del incidente fue la rotura de uno de los neumáticos del tren principal, que fue ocasionada porque una pieza metálica quedó alojada en su interior durante el proceso de recauchutado.

Los trozos del neumático de la rueda que se desprendieron golpearon y perforaron el intradós del plano derecho y dañaron varias líneas del sistema hidráulico dejando inutilizados los sistemas hidráulicos derecho y central del avión. Una de las piezas del sistema hidráulico golpeó el extradós y también lo perforó.

4. RECOMENDACIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL

REC. 10/16. Se recomienda a DELTA AIR LINES que se asegure que las tripulaciones tienen un buen conocimiento de la información que se facilita en el AIP del aeropuerto de Madrid Barajas.

REC. 11/16. Se recomienda a ENAIRE que incluya dentro del Manual de emergencias la necesidad de avisar a las tripulaciones que van a realizar un aterrizaje de emergencia de la existencia de la zona de parada EMAS en las pistas donde esta exista.

REC. 12/16. Se recomienda a BOEING que evalúe los riesgos para comprobar la necesidad de desarrollar medidas mitigadoras para minimizar los daños en áreas que pudieran resultar afectadas por la posible rotura de un neumático con el fin de evitar que puedan resultar inoperativos los sistemas fundamentales para el control de la aeronave

REC. 13/16. Se recomienda a BOEING que realice los cambios necesarios en el QRH, de manera que refleje cuál es la distancia real de aterrizaje en la situación presente en el evento.

REC. 14/16. Se recomienda a GOOD YEAR que revise su sistema de calidad para evitar que en el futuro se pueda volver a dar el caso de que se introduzca un objeto extraño en un neumático durante el proceso de recauchutado.

5. APÉNDICES

ANEXO 1. NTSB Comments on CIAIAC's Draft Final Report

ANEXO 2. Delta Air Lines Comments on CIAIAC's Draft Final Report

ANEXO 3. Good Year Comments on CIAIAC's Draft Final Report

ANEXO 1

NTSB Comments on CIAIAC's Draft Final Report

Below are NTSB staff comments on the CIAIAC Draft Final report regarding N182DN, a Boeing 767-332ER, operated by Delta Airlines as flight 415.

Comments on the Causes/Contributing Factors

Page 60, Section 3.2. The U.S. Team disagrees with the second part of the first sentence that states, "...caused by a metallic piece that had remained inside the tire during the retread process." The factual information gathered during the investigation and stated in Section 1.16.3. does not support this statement. As stated in Section 1.16.3, the findings and conclusions of the U.S investigators from the examination of the tire and metal piece that was found on the runway included; there were no signs of any problems during the tire retreading process; the shearography images that were taken during the retread process showed there was no evidence of foreign objects in the tire or of errors in the quality control process; the retreaded area was properly adhered to adjacent areas; the tread separated in multiple layers of the tire and that it is likely that the tire burst as the result of a high-energy impact in the area with the X-type break; and the metal piece had no rubber debris attached to it but exhibited a high degree of meteorization (i.e. scratches and corrosion) that is consistent with being on the runway for a considerable time.

Therefore, the US Team believes that the Causes/Contributing Factors should be:

The incident was caused by the blowout of one of the main gear tires resulting from high-speed impact with a foreign object during takeoff.

The rubber that detached from the tire struck and perforated the underside of the right wing, damaging several hydraulic lines and rendering the airplane's center and right hydraulic systems inoperative. A part from the hydraulic system then struck the top surface of the wing, perforating it as well.

Specific comments:

Throughout the report the event flight is referred to as both flight 145 and flight 415. The correct flight number is 415.

Page 9, Synopsis, 2nd last paragraph: "...caused by a metallic object that remained lodged inside during the retreading process." See discussion above.

Page 13, Section 1.3: Suggest this information be included in Section 1.4 since this section is for airplane damage.

Page 13, Section 1.4 Other Damage, 1st line; Replace "vial" with via.

Page 28, Figures 11 and 12: Replace "desplazado" with displaced.

Page 32, line 1, should say “recorder” instead of recorded. 2 Page 37, Paragraph 1.12.3: The paragraph states that an inspection of the runway “turned up parts...”, and it later included “a metallic piece...” Was there a diagram produced of the runway as to where the parts were found on the runway?

Page 38, Figure 23: The right photograph should state that the metal piece was not found in the tire and that this photograph was taken after placing the metal piece, which was found on the runway, into the tire tread.

Page 39, Section 1.16.1, 3rd paragraph, last two sentences. “This granular morphology could have originated during the manufacturing process of the piece from which the fragment detached, via lamination in the longitudinal direction. But it could also have been produced later if the piece was on the ground a long time and subject to continuous crushing forces.” These two sentences are analysis and should be in Section 2. The second sentence is a conclusion from the examination of the piece and is more likely. If this piece was imbedded in the tire, one would expect to have less meteorization and no/less corrosion.

Page 39, Section 1.6.2. “The tear on the tire was visually inspected by the manufacturer, which concluded that the tear started underneath the tread, specifically in the area that contained the piece of debris that was found on runway 36L. From there, the tear progressed along the inside of the tire following the layout of the fibers, and ripped the tread until part of it detached.” This paragraph should be deleted since it incorrectly characterizes the findings from the examination of the tire that are described in Section 1.16.3. .

Page 39, Section 1:16.3, “Study of tear on the tire”: The more accurate title of this section would be “Study of the Burst Tire Pieces” since the examination was of the entire tire and not just one tear.

Page 39, section 1.16.3, Paragraph 1: “A study of the tear on the tire was conducted at the facilities that the company that had retreaded the tire has in Atlanta (USA). Suggest deleting the first part of the sentence since the examination was not conducted because of information provided by NTSB.

Page 40, Section 1.16.2, 2nd paragraph, suggest the following, “The NTSB invited a representative of tire manufacturer, Michelin, who was initially part of the examination group when the tire was received to check its condition, though he later recused himself...”

Page 40, Section 1.16.3, 5th paragraph on page 40: The paragraph states, “According to the report issued, the images clearly showed that there was no FOD in the area where the metal piece that was found on runway 36L was suspected of having been located.” It would be important to add that “According to Goodyear, shearography can detect

FOD pieces which are 8 mm or larger. The piece of metal found on the runway was approximately 87 mm". The US Team believes this information is evidence that the piece was not embedded in the tire because it would have been apparent in the shearography that was conducted immediately after the retread procedure.

Page 40, Section 1.16.3, 6th paragraph, 1st bullet: Suggest the bullet be reworded to say, "The tire exhibited an X-type break, indicative of a high-energy burst at that location in which parts of the tread were ejected in opposite directions, resulting in the underside of the tread tearing in a "V" shape.

When an area where the metal piece could possibly have been lodged was examined, the investigators checked the transversal section of the tread. This area houses the top layer of the tread, the bottom 3 layer of the tread and the plies or fabric of the tire. During the retreading process, the tire is ground to the area between the lower layer of the tread and the top layer of the casing. This area is called the protective strip. If the metal piece was introduced here during the retreading process, this is the only place where the metal piece could have been located. The findings indicate that there were no penetration marks directly above or below this area. The suspected area is covered by an intact piece of tread. A bottom view of the part of the tread shows the pattern of the piece of the tread, separated from the top layer of the tread. No impression of the metal piece, or any other FOD, was found."

Page 40, 4th bullet: Suggest this bullet be deleted, "Analyzing the material in this area, which exhibited grooves from the tearing but without being smooth indicates that the metal piece was on the position of the rethreading. " This is an inaccurate statement. There is no data supporting the metal piece was in the tread. See above comments in the Cause/Contribution Factors section.

Page 55, Section 2.1

The US Team does not agree with the analysis in the first seven paragraphs. The Team believes that this analysis is not supported from the findings from the examination of the tire pieces, the metal piece found on the runway, and the shearography. These examinations concluded that there were no signs of any problems during the tire retreading process; the shearography images that were taken during the retread process showed there was no evidence of foreign objects in the tire or of errors in the quality control process; the retreaded area was properly adhered to adjacent areas; the tread separated in multiple layers of the tire and that it is likely that the tire tore as the result of a high-energy impact in the area with the X-type break; and the metal piece had no rubber debris attached to it but exhibited a high degree of meteorization (i.e. scratches and corrosion) that is consistent with being on the runway for a considerable time. As stated in the Team's findings of the examination of the tire, the evidence suggests that the tire burst as a result of a high-speed impact by an object in the area with the X-type break on the tire.

Page 55, Section 2.1: 2nd paragraph states "...there can be no doubt that the tire broke and tore gradually as a crack opened up inside the tire caused by the damage resulting from said metal piece. The damage originated in an area below the tread that exhibited the exact same shape and dimensions as this piece." The findings from the tire examination do not support that the tire burst resulted from internal damage but rather that the tire failed from a high-energy impact from a foreign object.

Page 55, Section 2.1: 4th paragraph: The end of the paragraph states, "...investigators were unable to ascertain, for various reasons, what exactly this quality control process entails." This is inaccurate representation of the work conducted by the team of U.S. investigators. All shearography data supports that there were no FOD in the retread after completion of the retreading process.

Page 55, Section 2.1, paragraph 5: "...It seems much more logical to think that in any case, it would have dug into the tire, and not lodged itself in an internal volume tangent to the direction of rotation, i.e. normal to the radius of the tire. It must also be noted that even if it had been propelled by one of the front gear tires at great speed, the distance between the two bogies does not seem to be sufficient to achieve the acceleration needed for the piece to penetrate the tire." These statements are not supported by any engineering analysis or testing. The US Team believes that it is likely that a piece of FOD penetrated the event tire during the takeoff roll.

Page 55, Section 2.1, paragraph 6: "Finally, it must be noted that as soon as the incident took place and the runway was inspected, the piece was found immediately; in other words, the people who usually inspect the runway found it easily, as they did the remaining debris that detached after the blowout. Also of note is the fact that the runway had been checked by the same people fifteen minutes before the event and nothing had been found." Has human factors issues related to inspection of runways been researched or examined? The US Team does not challenge that an inspection of the runway was conducted prior to the event, however, there is no information available to the investigation as to how this pre-event inspection was conducted. Was the entire length of the runway inspected from vehicles or from workers walking along the runway? How many personnel and vehicles were used? How long did it take to inspect the entire length of the runway? It cannot be assumed that a normal inspection of a runway will find all possible FOD. In addition, inspection of a runway after an event, especially in an area where pieces of the tire were laying was conducted by workers on foot and specifically looking for small objects. A lot of human factors research has been completed regarding inspection/monitoring of instruments, etc. which would be similar to understanding the difference in inspecting runways before and after an incident/accident. The US Team is able to assist with this research and analysis if necessary.

Page 55, Section 2.1, paragraph 7: "After careful consideration of the two possibilities, this investigation concluded that the piece was inside the tire as the result of having

been inserted there during the retreading process. A safety recommendation is issued to Goodyear that it review its quality system to avoid a similar occurrence in the future, in which a foreign object is inserted into a tire during the retreading process." As discussed above, the US Team does not agree with this conclusion.

Page 59, Section 3.1, Conclusions:

"- An inspection of the runway revealed a piece of metal on the one used by the airplane to take off. This piece was confirmed to have caused the tire to blow out." As stated above, the US Team believes that the tire to burst as a result of a high-energy impact with a foreign object during the takeoff roll. The Team does not agree that the data supports that the metal piece was introduced to the tire during the retreading process.

Page 59, Section 3.1: There are no findings addressing the tire examination and its observations. Recommend including the findings and conclusions detailed in Section 1.16.3.

Page 61, Section 4.- SAFETY RECOMMENDATIONS:

REC. XXX/15. It is recommended that GOODYEAR review its quality system such that a repeat occurrence of a foreign object being introduced into the tire during the retreading process is avoided. Recommend this be deleted. As stated above, the US Team believes the investigative findings do not support that the metal piece was introduced to the tire during the retreading process. This recommendation implies that there were deficiencies found in the Goodyear quality control process

ANEXO 2

Delta Air Lines Comments on CIAIAC's Draft Final Report

1. Update company name from “Delta Airlines” to “Delta Air Lines, Inc.” or “Delta Air Lines” on the following pages: 1, 9 (three locations), 10, 12, 14, 53 (two locations), 56, and 61 (two locations).
2. The event flight was 415 and was erroneously stated as 145 on pages: 9, 10, 11, 12, 24, 25 (three locations), 46, 47 (eight locations), 48, 49 (three locations), and 50 (three locations).
3. Page 3-5, TOC: Review accuracy of section titles and associated page numbers.
4. Page 13, Section 1.3: Is this damage to aircraft or airport?
 - a. If this is aircraft, replace “airport” with “aircraft”.
 - b. Consider using the word the ICAO defined term “substantial damage.”
5. Page 13, Section 1.5.1 Crew:
 - a. The first copilot total time, 12,000 hours, cannot be verified. Based on Delta Air Lines records, we can only verify his time at Delta Air Lines, which is 10,880 hours.
 - b. The second copilot total time, 13,000 hours, cannot be verified. Based on Delta Air Lines records, we can only verify his time at Delta Air Lines, which is 9,990 hours.
6. Page 21, Section 1.6.7:
 - a. This section references the “Quick Reference Handbook (QRH)” for the flight crew to access performance information. However, at Delta Air Lines this information is contained in the Operational Data Manual (ODM). i. The QRH is referenced on pages 13, 8, 21 (three locations), 22 (two locations), 42, 57 (two locations), 58 (four locations), 59, and 61.
 - b. The sentence “The Quick Reference Handbook (QRH), located in the cockpit, contains stopping distances for the airplane that include the distance from the time the airplane is at an altitude of 1,000 ft, depending on its configuration” is inaccurate. The landing performance charts include an assumption that the aircraft touches down 1,000 feet from the threshold.
7. Page 22, Section 1.6.8 Retread Certification Process:
 - a. Last three paragraphs are not relevant to tire retread processes. Consider creating a section about aircraft certification to withstand damage from debris.

8. Page 32, Section 1.11.2 Cockpit Voice Recorder (CVR), paragraph 2: Table summarizing CVR recorded conversation is not included.
9. Page 38, Section 1.16.2: Unable to locate source of this statement. Please consider including a reference if this statement was not included in the NTSB field notes.
10. Page 39-40, Section 1.16.3 Study of the tear on the tire: Consider revision based on the NTSB field notes.
11. Page 43, paragraph 17: Consider replacing "Fas" with flight attendants.
12. Page 44, last paragraph: correct "Operation Data Manual" to "Operational Data Manual".
13. Page 55, Section 2.1 Analysis: a. Paragraphs 2 and 7: Consider revision analysis to reflect findings from the NTSB field notes.
14. Page 57, paragraph 1: Consider adding information about ICAO Resolution A38/8 regarding English language proficiency. Consider recommending that RFFS personnel be required to maintain similar proficiency.
15. Page 58, paragraph 2: Consider rewording the statement that the calculation was "obviously not correct" since the Boeing calculations did not take into account the multiple failures that had occurred.
16. Page 59, Section 3.1 Findings:
 - a. Finding 2: Correct the statement to reflect that only two of the eight main tires were manufactured by Michelin and retread by Goodyear. The remaining six tires were manufactured and retread by Goodyear.
 - b. Finding 18: This finding is not documented in the crew statement section (1.17.1), only in the air traffic controller statement.
 - c. Finding 22: Consider rewording the finding that the landing distance calculation was not calculated properly. The flight crew was unable to properly calculate the landing distance because the Boeing calculations did not take into account the multiple failures that had occurred.
17. Page 60, Section 3.2 Causes/Contributing Factors, paragraph 1: Consider revising based on NTSB field notes.
18. Page 61, Recommendation 1: Consider being more specific in the findings about the flight crews lack of awareness of AIP information.

- a. If this is specifically related to the recognition of the EMAS, consider revising the recommendation that air carriers emphasize EMAS recognition in training.
- b. Additionally, consider recommending that chart developers include EMAS in the Additional Runway Information section, similarly to “Grooved” and lighting information.
- c. Additionally, the knowledge of the location of EMAS would not have changed the outcome of the event. Due to the lack of symmetrical braking and thrust reverser usage, the aircraft naturally tracked off the runway. There is no analytical data in the report to support that the flight crew could have maintained runway centerline and align with the EMAS.

ANEXO 3

Good Year Comments on CIAIAC's Draft Final Report

General Data Inconsistencies or Missing Information in CIAIAC Draft Report IN- 043/2013:

In general, the report fails to account for the available information on the appearance of the incident tire. Careful examination of the #7 main tire reveals the following:

o The rupture shows clear evidence of initiating in the area of the tire at approximately 6:30 (in relation to the tire serial number).

- The fabric structure of the tire shows evidence of tearing outwards from this area, towards the area of the tire identified by the CIAIAC as having possibly contained the metallic piece.

o The general appearance of the tire in the serial side outermost groove area at 10:30, the area stated as having the metallic piece, has the following available information:

- There are no working separations in this area, as would most likely be apparent with 89 taxi/takeoff/landing cycles on this retreaded tire leading up to this event.

- The area shows visible tearing associated with an abrupt, quick event.

- There are no curing marks in the surrounding rubber material, as would most likely be visible from a foreign object cured into the retread package.

- There is no evidence of rubber bonding to the metallic piece, as would be expected if it was to be cured in a tire.

- A foreign object like this cured into a tire would be expected to have one of the following characteristics:

o If the metallic piece did not bond to the surrounding rubber, there would be evidence of a working separation in the immediate area due to repeated use in service for 89 cycles.

§ There is no evidence of a working separation caused by repeated flexing of an object in the tire while the tire travels in and out of the runway surface footprint.

o If the metallic piece bonded to the surrounding rubber, there would be expected to be some evidence of the following:

§ An unmistakable impression, from curing, in the surrounding rubber.

· There is no sign of cure marks significantly matching the metallic piece.

§ At least one of the following:

- Evidence of cured rubber on the metallic piece.
- o There is no evidence of cured rubber on the metallic piece.
- Evidence of a working separation in the immediate area.
- o There is no evidence of a working separation in the immediate areas.
- State of the art non-destructive inspection, shearography, was performed twice, upon receipt of the tire: before retreading, and after the tire was fully built and cured.
- A foreign object, such as this metallic piece, would be easily visible use shearography.
- o The archived images clearly show no foreign material was in the tire.
- Goodyear aircraft tires are manufactured according to strict manufacturing guidelines, FAA approved process specifications, and superior associate training. This tire received multiple visual and processing inspections, from multiple retreading associates, during the processing of the tire to the R-1 retread level.
- o There were no anomalies found during the processing of this tire to the R-1 retread level.

The following are areas which were found to be in need of review/revision:

- o 1.6.8. Retread Certification Process (page 22)
 - This section does not address a retread certification process. This section should most likely be retitled Retraction Mechanism Certification.
- o 1.12.3 Debris found on runways (page 37)
 - Current verbiage describes the metallic piece fit into the suspect área as being a “perfect fit”. This area shows no curing impression from an object, which would be expected for a perfect fit.
- o 1.16.2 Visual Inspection of the tear on the tire by the manufacturer.
 - The manufacturer of the retread is Goodyear. The manufacturer of the casing/carcass is Michelin. This section does not clearly state which manufacturer has made the claim of tearing initiation from the metallic piece area. Goodyear Aviation representatives have made no such claim. Michelin Aviation representatives present during the first day of review activities at the Delta Wheel shop were not on record as stating this claim.

o 1.16.3 Study of the tear on the tire (page 39, 40, 41)

- In paragraph 3 is it not clearly stated that "tire manufacturer" is the casing manufacturer, Michelin.

- In the area of "The inspection revealed the following findings:" at the 5th bullet item which states "Analyzing the material in this area, which exhibited grooves from the tearing but without being smooth, indicates that the metal piece was in that position during the retreading." Should state that this is an indication that the metal piece was "not" in that position during the retreading.

o 1.18.2 Retreading tires (page 53)

- Under "CHARACTERISTIC" table:

- Retread type and level should state it is an R-1 (Bias) not "radial".

- Under 'RETREAD PROCESS" table:

- The drying process was "initiated" on 28-06-2013, not "completed".

- Under the 3rd paragraph, and subsequent paragraphs, concerning release of Goodyear company records, the following should be made clear:

- Goodyear invited the CIAIAC to visit both the Atlanta, Georgia (USA) and Tilburg, Netherlands retread facilities.

o Goodyear records and documents related to the quality process are open for review in each facility.

§ Due to the technical nature of the documents, onsite review is required, as each section can be further reviewed in the production areas with demonstrations and by communication with the actual staffing associates involved in the retreading process.

o Release of such documents outside of Goodyear may diminish our hard earned technical superiority and provide intellectual support for our competitors.

- Goodyear agreed to release the shearography documents to the CIAIAC as long as the CIAIAC would agree:

o To sign a secrecy agreement protecting the proprietary nature of this document within the CIAIAC.

o To have a recognized expert help inspect the shearography documents.

§ There is significant training required to properly understand and interpret shearography information.

o 3.1.- Findings

- In 2nd bullet, the statement “All the tires had been manufactured by Michelin and retreaded by Goodyear” is not clear in stating exactly which tires are being referenced. Since there are a total of four tires on each side of the aircraft, all four tires on the right side of the aircraft would have to be confirmed to meet this statement condition.