

# CIAIAC

Comisión de Investigación  
de Accidentes e Incidentes  
de Aviación Civil

## **INFORME TÉCNICO IN-062/2002**

Incidente ocurrido  
el día 7 de septiembre  
de 2002 a la aeronave  
Airbus A-340, matrícula  
EC-IDF, en el Aeropuerto  
de Madrid-Barajas  
(Madrid)



MINISTERIO  
DE FOMENTO

# Informe técnico

## IN-062/2002

---

**Incidente ocurrido el día 7 de septiembre de 2002  
a la aeronave Airbus A-340, matrícula EC-IDF,  
en el Aeropuerto de Madrid-Barajas (Madrid)**



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

NIPO: 161-03-011-0  
Depósito legal: M. 23.129-2003  
Imprime: Centro de Publicaciones

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

---

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 60  
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: [ciaiac@mfom.es](mailto:ciaiac@mfom.es)  
<http://www.mfom.es/ciaiac>

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 y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, la investigación tiene carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la determinación ni establecimiento de culpa o responsabilidad alguna. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes.

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

<b>Abreviaturas</b> .....	vii
<b>Sinopsis</b> .....	ix
<b>1. Información sobre los hechos</b> .....	1
1.1. Reseña del vuelo .....	1
1.1.1. Vuelo Madrid-Tenerife Norte .....	1
1.1.2. Escala en Tenerife Norte .....	3
1.1.3. Vuelo Tenerife Norte-Madrid .....	4
1.1.4. Acciones posteriores y desembarque de pasajeros .....	5
1.2. Lesiones a personas .....	7
1.3. Daños sufridos por la aeronave .....	7
1.4. Otros daños .....	7
1.5. Información sobre el personal .....	8
1.5.1. Piloto al mando .....	8
1.5.2. Copiloto .....	8
1.5.3. Entrenamiento para habilitación de tipo .....	9
1.6. Información sobre la aeronave .....	9
1.6.1. Célula .....	9
1.6.2. Descripción del sistema de frenos del A-340-313 .....	10
1.6.3. Procedimientos anormales y de emergencia relacionados con el sistema de frenos .....	18
1.6.4. Mantenimiento previo realizado a la aeronave .....	20
1.6.5. Incidencias previas en el sistema de frenos de la aeronave EC-IDF .....	20
1.7. Información meteorológica .....	24
1.8. Ayudas a la navegación .....	24
1.9. Comunicaciones .....	25
1.10. Información sobre el aeródromo .....	25
1.10.1. Aeropuerto de Tenerife Norte .....	25
1.10.2. Aeropuerto de Madrid-Barajas .....	25
1.11. Registradores de vuelo .....	25
1.11.1. Registrador de voces en cabina .....	25
1.11.2. Registrador de datos en vuelo .....	26
1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto .....	26
1.13. Información médica y patológica .....	28
1.14. Incendio .....	29
1.15. Supervivencia .....	29
1.16. Ensayos e investigaciones .....	29
1.16.1. Prueba en tierra para aislar el problema .....	29
1.16.2. Puesta en servicio de la aeronave .....	30
1.16.3. Inspección del cilindro maestro S/N H2121 .....	31
1.16.4. Inspección de la válvula dual (BDDV) S/N H2718 .....	33
1.16.5. Ensayos adicionales del cilindro maestro S/N H2121 .....	33
1.16.6. Inspección de la cubierta del pedal .....	33

1.17. Información orgánica y de dirección .....	34
1.17.1. Registro técnico del avión .....	34
1.18. Información adicional .....	35
1.18.1. Télex a los operadores emitido por Airbus Industrie .....	35
1.18.2. Historial de casos similares .....	36
1.18.3. Otras acciones de seguridad tomadas por el fabricante .....	37
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces .....	37
<b>2. Análisis .....</b>	<b>39</b>
2.1. Operación durante el vuelo Madrid-Tenerife .....	39
2.2. Acciones de mantenimiento en Tenerife Norte .....	40
2.3. Operación durante el vuelo Tenerife Norte-Madrid-Barajas .....	41
2.4. Actuaciones después del incidente .....	45
2.5. Origen de la presión residual .....	46
2.6. Historial previo de indicación de presión residual .....	47
2.7. Idoneidad de los procedimientos operacionales .....	51
<b>3. Conclusiones .....</b>	<b>53</b>
3.1. Compendio .....	53
3.2. Causas .....	54
<b>4. Recomendaciones sobre seguridad .....</b>	<b>57</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>59</b>
Anexo A. Diagrama de huellas en la pista 33 del Aeropuerto de Madrid-Barajas .....	61
Anexo B. Detalles del procedimiento de detección de avería aplicado tras el incidente .....	65

## Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AGL	«Above Ground Level», por encima del nivel del suelo
AMM	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
ATC	Control del Tráfico Aéreo
bar	Bar o Baria, unidad de presión
BDDV	Válvula Dual de Distribución de Frenos
BITE	«Built-in test», prueba o ensayo realizado por un componente o equipo sobre sí mismo
BSCU	Unidad de Control del Sistema de Frenos («Brake & Steering Control Unit»)
CMM	Manual de Mantenimiento del Componente (por ejemplo, de un cilindro maestro o una válvula)
CMS	«Central Maintenance Centre»
CVR	Registrador de Voces en Cabina
DFDR	Registrador Digital de Datos de Vuelo
DH	Altura de Decisión
DME	Equipo medidor de distancias
E	Este
ECAM	Sistema de monitorización de motor y aviso a la tripulación («Engine and Crew Alerting Monitoring»)
FCOM	Manual de Operaciones de la Tripulación de Vuelo
FOT	«Flight Operations Telex», comunicación de Airbus a los operadores sobre cuestiones operacionales
ft	Pies
g	Aceleración de la gravedad
GPWS	Sistema de Aviso de Proximidad al Suelo («Ground Proximity Warning System»)
h: min: seg	Horas, minutos y segundos
hPa	Hectopascal
IAS	Velocidad indicada
IFR	Reglas de Vuelo Instrumental
KCAS	Nudos de velocidad calibrada
kt	Nudos
lbs	Libras
LRU	«Line Replaceable Unit» (componente que se puede sustituir en mantenimiento en línea)
m	Metros
mb	Milibares
METAR	Informe meteorológico ordinario
MHz	Megahertzios
MLG	Tren de aterrizaje principal (en el A-340 el MLG tiene tres patas: izquierda, central y derecha)
MN	Milla náutica
N/A	No afecta
NLG	Tren de aterrizaje de morro
OIT	«Operators Information Telex»
P/N	Número de la Parte («Part Number»)
psi	Unidad de presión; libras por pulgada cuadrada
S/N	Número de serie
SOP	Procedimientos Operacionales Estándar
SSCVR	Registrador de Voces en Cabina de Estado Sólido
TFU	«Technical Follow-up», comunicación de Airbus a los operadores sobre cuestiones de mantenimiento
TSM	Manual de Detección de Averías («Troubleshooting Manual»)
TWR	Torre de Control
UTC	Tiempo Universal Coordinado

## Sinopsis

El 7 de septiembre de 2002, a las 13:03:27 h, las patas izquierda y derecha del tren principal del Airbus A-340 matrícula EC-IDF tocaron tierra en la pista 33 del Aeropuerto de Madrid-Barajas. En el momento de tocar tierra, había una presión residual en el sistema alternativo de frenos de la pata izquierda de 800 psi. La tripulación, que había detectado la presencia de esta presión residual a las 12:58:02 h cuando desplegó la página WHEEL del ECAM poco antes de bajar el tren de aterrizaje, había decidido tomar tierra con el sistema antiskid desconectado, y había movido voluntariamente el interruptor de «antiskid & nose wheel steering» a la posición de OFF.

Al principio de la carrera de aterrizaje, el comandante aplicó reversas y no accionó los frenos y aplicó timón de dirección derecho para intentar mantener el avión alineado con el eje de la pista. Entre los 240 m y los 900 m del umbral de la pista 33, las cuatro ruedas de la pata izquierda del tren reventaron, el avión se desvió inicialmente a la derecha del eje y después se empezó a desviar a la izquierda hasta que ambos tripulantes aplicaron freno derecho a tope, alcanzándose 2.500 psi de presión en los frenos de las cuatro ruedas de la pata derecha que se bloquearon y reventaron.

Finalmente, el avión se detuvo con la pata izquierda a 5 m del borde izquierdo de la zona asfaltada de la pista 33, y a 146 m del eje de la calle de rodaje J-1, con el fuselaje girado unos 10° a la izquierda respecto al eje de la pista 33. Las llantas de las ruedas 1, 2, 4, 5 y 6 quedaron fuertemente dañadas, al igual que los conjuntos de frenos 1, 5 y 6, por rozamiento con la pista de aterrizaje. Se produjo un incendio que afectó a todas las ruedas de las patas izquierda y derecha del tren, y que fue rápidamente controlado por los bomberos del aeropuerto.

La pista 33 estuvo cerrada durante unas 6 h y 15 min y no se produjeron daños personales.

La investigación determinó que la causa de la aparición de presión residual en vuelo fue el cilindro maestro izquierdo P/N C24592020, S/N H2121, que tenía una longitud y un recorrido muerto superior al nominal.

Se considera que la causa más probable de este incidente fue que, como consecuencia de la aparición de presión residual en vuelo en los frenos de la pata izquierda debido a que el cilindro P/N C24592020, S/N H2121 era defectuoso, y en ausencia de un procedimiento operacional para ser aplicado, la tripulación desconectó voluntariamente el sistema antiskid cuando la presión todavía estaba presente, lo que produjo el reventón de las ruedas del tren principal de aterrizaje izquierdo después de la toma de tierra.

Los siguientes factores podrían haber evitado el incidente:

- La existencia en el Manual de Operaciones de instrucciones para ser seguidas en el caso de aparición de presión residual en vuelo.
- El conocimiento por parte de la tripulación afectada de casos similares que fueron anotados como problemas en servicio durante junio de 2002.
- Un análisis más comprehensivo de los reportes previos de presión residual.
- Un entrenamiento más detallado sobre el sistema de frenos durante los cursos de habilitación de tipo.

## 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

### 1.1. Reseña del vuelo

#### 1.1.1. *Vuelo Madrid-Tenerife Norte*

El avión despegó del Aeropuerto de Madrid-Barajas el 7 de septiembre de 2002, a las 06:56 h UTC<sup>1</sup>, con 263 personas a bordo (12 tripulantes y 251 pasajeros). El destino era el Aeropuerto de Tenerife Norte. El peso al despegue era de 201.033 kg y el peso al aterrizaje en Tenerife fue de 184.333 kg. El peso máximo al aterrizaje es de 190.000 kg.

Era el primer vuelo que realizaba el avión desde el 28-7-2002, puesto que había estado sometido a labores de mantenimiento debido a que había sufrido un impacto de pájaro en la zona de morro en dicha fecha.

El vuelo transcurrió de modo normal. Durante la aproximación a la pista 12 de Tenerife Norte, cuando la tripulación seleccionó tren abajo a las 9:19:24 h, el copiloto se dio cuenta de que en la página de ruedas del ECAM habían aparecido señales de presión residual en las ruedas del tren izquierdo. Las 24 barras que representan los frenos de las cuatro ruedas del tren estaban iluminadas de color ámbar.

La tripulación consideraba que esta indicación, que no está asociada a ningún aviso de precaución, podía ser espuria, por lo que decidieron tomar tierra sin medidas adicionales.

El avión continuó con la aproximación con el sistema «antiskid» conectado y el sistema de frenada automático («autobrake») desconectado. Tras desconectar el piloto automático, el copiloto realizó una aproximación y aterrizaje en modo manual con el sistema de empuje automático («autothrust») conectado.

Tras tocar tierra, según su declaración, el copiloto notó que el avión se desviaba a la izquierda de la pista, por lo que aplicó progresivamente timón de dirección derecho hasta el tope. Después, aplicó frenos, primero pedal derecho y más tarde ambos pedales, siempre pisando más el derecho, hasta que el avión, tras haberse aproximado hasta unos 8 m del borde izquierdo de la pista 12, se desvió hacia la derecha y se detuvo finalmente con su centro de gravedad desviado unos 5 m a la derecha del eje de la pista.

De los datos del DFDR se desprende que en el momento del aterrizaje había una presión de 900 psi en el sistema alternativo de frenos del lado izquierdo. Después de que las patas derecha e izquierda del tren principal se posaran en el suelo a las 9:21:43 h y

---

\* Los tiempos usados en este informe son UTC salvo que expresamente se indique lo contrario. Hay que sumar dos horas para obtener la hora local en el Aeropuerto de Madrid, y una hora para obtener la hora local en el Aeropuerto de Tenerife Norte.

los spoilers se empezaran a desplegar, los pedales de frenos no se tocaron, por lo que el sistema alternativo permaneció activo y los 900 psi de presión fueron transmitidos a las ruedas de la pata izquierda, lo que fue contrarrestado por el copiloto aplicando progresivamente más y más timón de dirección a la derecha según iba disminuyendo la velocidad. Entre las 9:21:50 h y las 9:22:03 h hubo pequeños movimientos del pedal de freno derecho, de unos 8° (la máxima deflexión del pedal corresponde a 70°) que no fueron suficientes para enviar presión al sistema normal de frenos hasta que, a las 9:22:03 h ambos pedales fueron pisados (52° el derecho y 26° el izquierdo), el sistema normal se presurizó y la presión residual del circuito alternativo desapareció, con lo que a partir de ese momento la capacidad de frenada del avión fue normal.

La torre de control les indicó a las 9:27:10 h que abandonasen la pista a su discreción, a lo que la tripulación del EC-IDF contestó que tenían un problema de frenos y que llamarían cuando estuvieran listos para abandonar la pista. Como había un tráfico en corta final, la torre les advirtió que estuviesen preparados para un posible «motor y al aire» al estar la pista ocupada.

La tripulación del EC-IDF procedió a apagar y encender la BSCU. La presión residual había desaparecido. A las 9:27:43 h indicaron a la torre que iban a abandonar la pista «por la primera a la izquierda» y rodaron por sus propios medios hasta que a las 9:29:25 h notificaron «pista libre» y pidieron permanecer en ese punto de la calle de salida durante unos minutos. La torre les pidió que avanzasen un poco más, puesto que la pista todavía no estaba libre.

El avión así lo hizo, y a las 9:29:52 h comunicaron a la torre que procedían a dirigirse al parking. La torre de control preguntó a la tripulación si necesitaban remolcado o procedían por sus propios medios, y también si necesitaban ayuda.

La tripulación contestó que rodarían por sus propios medios. En esos momentos, estaban notando que la temperatura de los cuatro frenos de la pata izquierda del tren estaba aumentando mucho, y avisaron a operaciones de la compañía para indicarles que se preparasen para una posible avería. Operaciones preguntó que si era necesario avisar a los bomberos, a lo cual el comandante contestó que sí, y que no se acercase nadie al avión.

A las 9:33:35 h, el vuelo que había aterrizado después del EC-IDF llamó a la torre para avisar que veía humo en la rueda trasera izquierda de este avión.

La tripulación del EC-IDF copió la información y la agradeció. La temperatura de las ruedas de la pata izquierda había seguido aumentando hasta provocar un aviso en el ECAM. El avión contactó con la frecuencia de rodadura a las 9:35:36 h y el controlador les preguntó si necesitaban que los bomberos echaran agua o si preferían que la rueda se enfriase por sí misma. La tripulación contestó que iban a coordinarlo con el mecánico de tierra y finalmente rechazó el ofrecimiento de echar agua.

### 1.1.2. *Escala en Tenerife Norte*

Cuando el avión llegó al parking, se le colocaron calzos y se procedió a enfriar los frenos mediante dos ventiladores del mantenimiento en línea del operador junto con otro proporcionado por los bomberos, que se encontraban alrededor del avión. El pasaje inició el desembarque con normalidad.

Según su declaración, el comandante comunicó al personal de mantenimiento lo ocurrido en el aterrizaje y se habló de consultar el problema con la base del operador en Madrid.

Según su declaración, el personal de mantenimiento en tierra accedió a la cabina de vuelo y vio el aviso de alta temperatura de frenos y observó en el informe post-vuelo que se había producido un aviso de «Brakes residual braking». Intentaron resetear las BSCU 1 y 2 pero no pudieron.

Las informaciones recogidas indican que mientras el personal de tierra estaba intentando localizar en la base de Madrid a algún técnico de A-340 para consultar lo ocurrido, se inició el embarque del avión para el vuelo de regreso Tenerife-Madrid, con la misma tripulación que había hecho el tramo anterior.

Se intercambió información con el comandante de la aeronave, que interpretó que el personal de mantenimiento no tenía inconveniente en que se iniciase el vuelo. Sin embargo, este personal todavía barajaba la posibilidad de levantar la pata izquierda para comprobar el libre giro de las ruedas, aunque al final esta operación no se realizó debido a que durante el rodaje hasta el parking las ruedas parecían haber girado con normalidad.

Una vez que hubo acabado el embarque del avión, una persona de mantenimiento de Madrid llamó al mantenimiento en línea de Tenerife y fue informado sobre la situación.

Puesto que en la pantalla no aparecía ningún aviso, y la temperatura de frenos había bajado hasta situarse dentro de límites, esta conversación no produjo más acciones de mantenimiento, por lo que se procedió a cerrar puertas e iniciar el rodaje para el despegue.

El personal de tierra advirtió al comandante que vigilase la temperatura durante el rodaje por si era necesario un nuevo enfriamiento. El avión rodaba con normalidad, y el comandante informó que tras el despegue mantendría el tren fuera durante unos minutos para ayudar a su enfriamiento.

En el parte de vuelo la tripulación no anotó ninguna anomalía. El personal de mantenimiento anotó la inspección de tránsito como efectuada, pero no se registró ninguna de las acciones que se habían efectuado en el sistema de frenos. Ni en ese parte ni

en el posterior (vuelo Tenerife-Madrid que produjo el incidente) se firmó la recepción del avión por parte del comandante.

### 1.1.3. *Vuelo Tenerife Norte-Madrid*

El avión, con el indicativo de vuelo IB-0959, despegó sobre las 10:55 h de Tenerife, tras rodar durante 5 min tras la retirada de calzos, en los que se chequeó el comportamiento general del avión y se comprobó que no aparecían nuevos avisos.

El despegue se produjo con normalidad, con un peso al despegue de 173.404 kg, siendo el máximo 275.000 kg. Había 247 pasajeros y 12 tripulantes a bordo.

Las temperaturas de frenos todavía estaban un poco altas, por lo que la tripulación dejó el tren fuera durante unos minutos.

El vuelo transcurrió con normalidad. La tripulación no mostró una preocupación excesiva respecto a la repetición del fallo en Madrid.

A las 12:58:02 h, con el tren todavía arriba, el copiloto desplegó la página de ruedas en el ECAM y la tripulación vio de nuevo que había presión residual en la pata izquierda del tren, ya que las barras que representaban los frenos aparecían de nuevo iluminadas en ámbar. La tripulación desconectó y conectó de nuevo la BSCU, pero las barras de color ámbar no desaparecieron.

A las 12:58:38 h se seleccionó tren abajo, el sistema comenzó sus autochequeos con normalidad y momentáneamente desapareció la presión residual, pero volvió a aparecer de inmediato. Entonces la tripulación volvió a desconectar durante 24 seg y conectar después la BSCU, aunque esta acción, no permitida por los procedimientos operacionales con el tren extendido, no consiguió hacer desaparecer la indicación de presión residual.

Desde que se dieron cuenta de que había presión residual en la pata izquierda, ambos tripulantes estuvieron comentando las posibles acciones a tomar. Se barajó la posibilidad de abortar la aproximación, y se comentó que la única solución sería quitar el «antiskid», ya que de ese modo el sistema no iba a frenar por su cuenta y, por tanto, a bloquear las ruedas.

Finalmente, el copiloto desconectó el sistema «antiskid» y dirección de la rueda de morro tras pedir conformidad al comandante.

El avión continuó su aproximación a la pista 33 del Aeropuerto de Madrid-Barajas, y durante la misma el comandante era el piloto a los mandos. La configuración era de

flaps abajo y tren abajo, sin piloto automático pero con el empuje automático conectado, y con el sistema de «antiskid» y el de frenada automática («autobrake») desconectados. Los «spoilers» no habían sido armados durante el descenso.

El comandante, teniendo en cuenta el bajo peso del avión y la longitud de la pista de Barajas, había decidido tomar lo antes posible en la pista y aplicar reversas de empuje, sin tocar los frenos mientras no fuera imprescindible. No se dio ningún aviso precautorio a los pasajeros ni a los tripulantes de cabina, ni se informó al control de tráfico aéreo de que podría haber algún problema en la aeronave.

La aproximación continuó y el comandante recordaba que el avión se posó sobre los números de la pista 33. Los trenes izquierdo y derecho tocaron tierra sobre las 13:03:27 h, y las reversas fueron seleccionadas 3 seg después. Las patas central y de morro tocaron tierra a las 13:03:32 h. En el momento de tocar el tren principal no se desplegaron los spoilers, ya que no estaban armados.

Al accionarse las reversas, se desplegaron los spoilers de acuerdo con el diseño del sistema, que los despliega siempre en ese momento aunque no hayan estado armados durante la aproximación.

Desde el primer momento de tocar tierra, las ruedas de la pata izquierda estaban frenadas con unos 800 psi de presión residual. El comandante, sin accionar los pedales de frenos, aplicó progresivamente más y más timón de dirección derecho para intentar mantener el avión alineado con el eje de la pista.

A las 13:03:45 h el pedal de freno derecho se pisó hasta el tope, lo que hizo que se incrementase hasta unos 2.500 psi la presión sobre los frenos de las ruedas de la pata derecha, que reventaron en esa zona.

Finalmente, el avión se detuvo a las 13:04:01 h, de modo que la pata izquierda quedó a unos 146 m del eje de la salida J-1 (la primera salida después de la intersección de las pistas 33 y 36L), y a unos 5 m del borde de la pista, es decir, había cruzado la línea de balizas luminosas laterales. El eje longitudinal del avión quedó girado unos 10 grados a la izquierda respecto al eje de la pista 33, y por tanto la pata de morro quedó también aproximadamente a 5 m del borde izquierdo de la pista.

#### **1.1.4. Acciones posteriores y desembarque de pasajeros**

Después de que el avión se detuvo, la tripulación comunicó a la torre que tenían un problema de frenos y que iban a ocupar la pista. La torre ordenó al siguiente avión que se aproximaba a la pista 33 que hiciera motor y al aire y avisó a los bomberos.

Sobre las 13:04:32 h, es decir, unos treinta segundos después de que el avión quedara detenido, la aeronave que estaba realizando motor y al aire informó por radio a la torre que el EC-IDF tenía fuego en las ruedas. La controladora respondió que con tanto humo no había visto realmente qué había pasado. A continuación ordenó al siguiente avión que también efectuase motor y al aire.

Al oír la información sobre el fuego en las ruedas, la tripulación del EC-IDF decidió apagar motores. Durante varios minutos, estuvieron evaluando la necesidad de ordenar la evacuación del avión. A los 3 min y 8 seg desde que se detuvo el avión, la tripulación de cabina se dirigió al pasaje para indicarles que permaneciesen sentados sin usar los teléfonos móviles.

A las 13:06:22 h la tripulación llamó por radio a su Departamento de Operaciones para solicitar asistencia para desembarcar el pasaje y remolcar el avión. Después llamaron a la torre pidiendo confirmación de que sólo había humo en las ruedas y a su vez informaron a la controladora de que los bomberos ya estaban alrededor del avión. La torre les comunicó que había recibido confirmación de que el fuego ya estaba apagado y les pidió que informasen si podían rodar para salir de la pista.

Ante la respuesta negativa de la tripulación, que sospechaba que tenían reventadas todas las ruedas, la controladora ordenó a otros aviones hacer motor y al aire mientras en el aeropuerto se empezaban a coordinar diversos servicios y se hablaba con el control de aproximación, después de que se hubiese declarado Alarma Local. Se revisó la pista 36R y se abrió para tráfico de llegada sobre las 13:16 h, mientras la pista 36L continuaba en servicio para despegues.

Entre tanto, en el interior del avión, la tripulación de cabina indicó al pasaje que había habido un problema de frenos y que pronto llegarían vehículos para recogerlos a pie de pista. Esta alocución se produjo por indicación del comandante a los 4 min y 8 seg (13:08:09 h) desde que se detuvo el avión.



A las 13:24 h se inició el desembarco de pasajeros utilizando la puerta 1R y una escalera llevada hasta el avión. Cuando los pasajeros hubieron desembarcado, la tripulación abandonó el avión. Los pasajeros fueron transportados hasta la terminal mediante jardineras.

El personal de mantenimiento del operador procedió a sustituir todas las ruedas de las patas izquierda y derecha del tren principal, y sobre las 18:25 h se inició el remolcado del avión hacia los hangares de mantenimiento del operador. Se procedió a limpiar la zona y a inspeccionar la pista 33 y su balizamiento. A las 19:21 h la pista 33 quedó de nuevo abierta al tráfico.

## **1.2. Lesiones a personas**

Lesiones	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			12
Pasajeros			251
Otros			

## **1.3. Daños sufridos por la aeronave**

Las ocho ruedas de las patas izquierda y derecha del tren principal de aterrizaje reventaron, y las llantas arrastraron por el suelo. La parte inferior de los cuatro paquetes de frenos de la pata izquierda quedó desintegrada como consecuencia del arrastre por la pista. Las ocho ruedas y sus conjuntos de frenos fueron sustituidos.

Con posterioridad al incidente, y siguiendo un procedimiento de detección de averías preparado por Airbus (véase Punto 1.16) y antes de ningún otro vuelo, se reemplazó el cilindro maestro del freno izquierdo, P/N C24592020, s/n H2121.

La pata izquierda del tren hubo de ser sustituida por completo, debido a las cargas soportadas durante la carrera de aterrizaje cuando las ruedas reventaron. Hubo fuego en todas las ruedas de las patas izquierda y derecha, pero ninguna otra parte del avión resultó afectada por este fuego.

## **1.4. Otros daños**

Después de una inspección visual, se determinó que no había daños apreciables en la superficie pavimentada de la pista 33 del Aeropuerto de Barajas. Por lo tanto, no hubo daños adicionales a los de la aeronave.

## **1.5. Información sobre la tripulación**

### **1.5.1. Piloto al mando**

Edad:	59 años
Nacionalidad:	Española
Título:	Piloto de transporte de línea aérea
Licencia:	En vigor del 21-1-2002 al 21-1-2007
Habilitación de tipo:	Comandante A-340. También había volado DC-9, B727 y A-300
Horas totales de vuelo	10.439 horas
Horas en el tipo A-340:	3.250 horas
Horas en los últimos 90 días:	175 horas
Última verificación de competencia en simulador:	8-4-2002

Asistió a un curso de habilitación de tipo como comandante en Iberia entre el 12-5-1997 y el 13-7-1997, con un instructor de vuelo que obtuvo su habilitación en Airbus/Miami. Después, el piloto al mando asistió a los siguientes cursos de refresco de dos días de duración impartidos también en Iberia:

Enero de 1998; julio de 1998; marzo de 1999; noviembre de 1999; junio de 2000; noviembre de 2000; enero de 2001; julio de 2001.

El 8 de abril de 2002 renovó su habilitación de tipo después de haber estado algún tiempo de baja por enfermedad.

El piloto al mando había volado por última vez el día 29 de agosto antes de iniciar un nuevo período de actividad aproximadamente a las 5:50 h del 7 de septiembre.

### **1.5.2. Copiloto**

Edad:	33 años
Nacionalidad:	Española
Título:	Piloto de transporte de línea aérea
Licencia:	En vigor hasta el 29-10-2006
Habilitación de Tipo:	Copiloto A-340. También había volado MD-87
Horas totales de vuelo	2.310 horas
Horas en el tipo A-340:	1.420 horas

Horas en los últimos 90 días: 210 horas

Última verificación de  
competencia en simulador: 27-10-2001

Había asistido a los cursos de habilitación de tipo de A-340 en Iberia entre el 23-6-2000 y el 17-8-2000, con un instructor de vuelo que obtuvo su habilitación en Airbus/Miami. Después, asistió, también en Iberia, a los siguientes cursos de refresco de dos días de duración:

Julio de 2001; octubre de 2001; mayo de 2002.

El copiloto había volado por última vez el día 6 de septiembre, y había tenido 16 h y 30 min de descanso antes de iniciar un nuevo período de actividad aproximadamente a las 5:50 h del 7 de septiembre.

### 1.5.3. *Entrenamiento para habilitación de tipo*

El Manual de Entrenamiento del operador fue hojeado y se determinó que el curso inicial de habilitación de tipo incluía 6 h de instrucción en tierra dedicadas específicamente a sistemas hidráulico, eléctrico, tren de aterrizaje y APU. Después, la segunda sesión de simulador de vuelo, que tenía un tiempo estimado de duración de cuatro horas, se dedicaba a ECAM, acciones después de fallos, y sistemas eléctrico e hidráulico con fallos introducidos y las correspondientes acciones en el ECAM. El operador declaró que usaban como base el temario y los procedimientos recomendados por Airbus, según estaban incluidos en el «A340 Flight Crew Training Manual» de Airbus, de cuyas páginas relevantes del «Curso Estándar» proporcionaron copia a la investigación. Además, declararon que sus cursos de refresco cubrían todos los sistemas del avión cada dos años, es decir, un año antes del requisito de la JAA de tres años para completar la revisión de todos los sistemas.

Después del incidente, el fabricante revisó sus temarios de los cursos de habilitación de tipo de A-340 y en la parte relativa a los frenos, y llegaron a la conclusión de que su temario recomendado era suficiente y por lo tanto no se requería ningún cambio. No se obtuvo información sobre los detalles del entrenamiento recomendado o impartido en lo referente a presión residual.

## 1.6. Información sobre la aeronave

### 1.6.1. *Célula*

Marca: Airbus  
Modelo: A-340-313  
Núm. de fabricación: MSN 474

Matrícula:	EC-IDF
Año de fabricación:	2002
M.T.O.W.:	275.000 kg
Explotador:	Iberia L.A.E.
Horas de vuelo:	960 FH
Ciclos de vuelo:	133 FC

### 1.6.2. Descripción del sistema de frenos del A-340-313

Según se describe en el Manual de Operaciones preparado por el operador de la aeronave, el A-340 dispone de frenos en las ruedas de las patas derecha e izquierda del tren principal (la pata central del tren principal no tiene frenos) que pueden ser accionados por cualquiera de los dos sistemas independientes de frenos (sistema normal, o sistema verde, y sistema alternativo, o sistema azul). Existen también un sistema de frenado automático y un sistema «antiskid».

Las órdenes de frenado pueden provenir del piloto, al presionar los pedales de freno, o del sistema de frenado automático, con un régimen de deceleración seleccionado por la tripulación. Cuando el sistema se encuentra en modo normal, todas estas órdenes son controladas por la Unidad de Control de Dirección y Frenos (BSCU) que tiene dos canales. El sistema alternativo (azul) es hidromecánico.

Esta BSCU también comprueba la presión residual de frenos, supervisa la temperatura de los frenos y proporciona información de velocidad de las ruedas a otros sistemas del avión.

En vuelo, sólo el sistema alternativo está presurizado y disponible. En el aterrizaje, los frenos revierten al sistema normal en el momento en el que se presionan los pedales de frenos, o en el momento de tocar tierra si el sistema automático de frenado está armado.

Cuando el sistema normal se presuriza y entra en acción, se cancela automáticamente la alimentación de presión al sistema alternativo. Los frenos también revierten momentáneamente al sistema normal en vuelo al bajar el tren de aterrizaje, cuando diversos chequeos automáticos se llevan a cabo.

#### 1.6.2.1. Sistema «antiskid»

El sistema «antiskid» proporciona una eficiencia máxima de frenado manteniendo la velocidad de las ruedas en el límite de deslizamiento. La función de «antiskid» se desconecta automáticamente en tierra cuando la velocidad es inferior a 10 kt. Existe un interruptor (A/SKID & N/W STRG) de dos posiciones (ON/OFF) que permite la conexión y desconexión manual a la vez del sistema «antiskid» y de la dirección de la rueda de morro.

El sistema «antiskid» nunca incrementa presión por sí solo, sino que simplemente libera o mantiene la presión que aplican otras partes del sistema (los pedales o el sistema de frenado automático).

#### 1.6.2.2. Sistema de frenado automático

Este sistema, llamado también «autobrake» en este informe, reduce la demora de la acción de frenado en caso de una aceleración-parada para mejorar las actuaciones y establece y mantiene un régimen de deceleración durante el aterrizaje para mejorar el confort y reducir la carga de trabajo de la tripulación.

El sistema puede armarse antes del aterrizaje pulsando los interruptores LO, MED o MAX (frenada suave, media o máxima) si se dan ciertas condiciones, entre las cuales se encuentra la de que el sistema «antiskid» esté energizado eléctricamente.

Durante el aterrizaje, una vez en tierra, el frenado automático se inicia mediante la orden de extensión de los spoilers.

Los procedimientos normales del Operador (Manual de Operaciones A340, 2.01.63, 4-12-2000) indican que en final se debe seleccionar («si se requiere») el «AUTO BRAKE» a LO o MED y después se añade: «En caso de viento cruzado, de pista contaminada o corta, o condiciones de baja visibilidad, seleccionar LO o MED. En una pista de longitud normal y seca, normalmente no es necesario el uso de AUTO BRK».

Sin embargo, los procedimientos recomendados por el fabricante indican:

«Use of the autobrake is recommended.

Use of MAX mode is not recommended at landing.

On short or contaminated runways, use MED mode.

On long and dry runways, LO mode is recommended.

Note: If, on very long runways, the pilot anticipates that braking will not be needed, use of the autobrake is unnecessary.

Press the appropriate pushbutton, according to runway length and condition, and check that the related ON light comes on.»

#### 1.6.2.3. Modos de frenado

Existen cuatro modos de operación de los frenos:

- A) Frenado normal: cuando hay presión hidráulica del primer sistema, llamada presión hidráulica verde, y el interruptor A/SKID & N/W STRG está en posición de ON, entre otras condiciones. El control es eléctrico a través de la BSCU, y la orden de frenada se proporciona mediante los pedales o automáticamente por el sistema de fre-

nado automático (en tierra) o al situar la palanca de tren en la posición «tren arriba» (en vuelo). No se proporciona indicación a la tripulación de la presión hidráulica aplicada a los frenos.

- B) Frenado alternativo con «antiskid»: cuando la presión hidráulica normal o verde es insuficiente, y el interruptor A/SKID & N/W STRG está en posición de ON, se produce una conmutación automática al sistema azul o segundo sistema hidráulico, con lo que está disponible el sistema alternativo de frenada. En este caso, el control se realiza mediante los pedales a través de un conducto auxiliar de distribución de baja presión hidráulica que acciona la válvula DUAL. La BSCU sigue controlando el sistema «antiskid». La presión transmitida a los frenos izquierdos y derechos, y la presión del acumulador, aparecen en un indicador triple localizado en el centro del panel de instrumentos (véase Figura 1).

Es importante reseñar que los mismos transductores de presión proporcionan información al indicador triple y a las indicaciones del ECAM. Por ello, pueden ocurrir indicaciones espurias de presión en ambos lugares a la vez, y dichos transductores eran mencionados en el TFU (véase 1.6.3) como la causa común de las indicaciones falsas de presión residual.

- C) Frenado alternativo sin «antiskid»: Si se mueve manualmente el interruptor A/SKID & N/W STRG a la posición de OFF, o hay un fallo de alimentación eléctrica o fallo de la BSCU, o bien si hay una baja presión hidráulica en los sistemas verde y azul, el sistema «antiskid» se desconecta. El control se efectúa por medio de los pedales, que



Figura 1. Vista del indicador triple de presión del sistema alternativo de frenos. El tren está abajo, pero el selector de «antiskid» está en OFF. Por ello, no aparecen las barras verticales que representan los frenos de cada rueda en la página WHEEL de la pantalla ECAM

actúan sobre la válvula DUAL, mientras que las servoválvulas del sistema alternativo están completamente abiertas y toda la presión mandada por los pedales llega directamente a los frenos, por lo que el piloto tiene que regular la presión con los pedales por referencia al indicador triple para evitar que las ruedas se bloqueen y revienten.

- D) Freno de aparcamiento: En este modo el freno recibe presión hidráulica del sistema azul o del acumulador por medio de la válvula DUAL. Este freno puede usarse en emergencia.

#### 1.6.2.4. Indicaciones, avisos y precauciones

Además del indicador triple ya mencionado, la página WHEEL del ECAM («Engine indication and alert monitoring») presenta una indicación esquemática de las ocho ruedas del tren principal que disponen de frenos (cuatro en la pata izquierda y cuatro en la pata derecha) junto con información adicional sobre el sistema de frenos, que incluye el estatus del sistema «antiskid», del sistema de frenado automático (AUTO BRK), régimen de frenado automático seleccionado (MED) y temperatura de frenos (F en la Figura adjunta 2) de cada rueda (numeradas según se ve en D en dicha Figura).

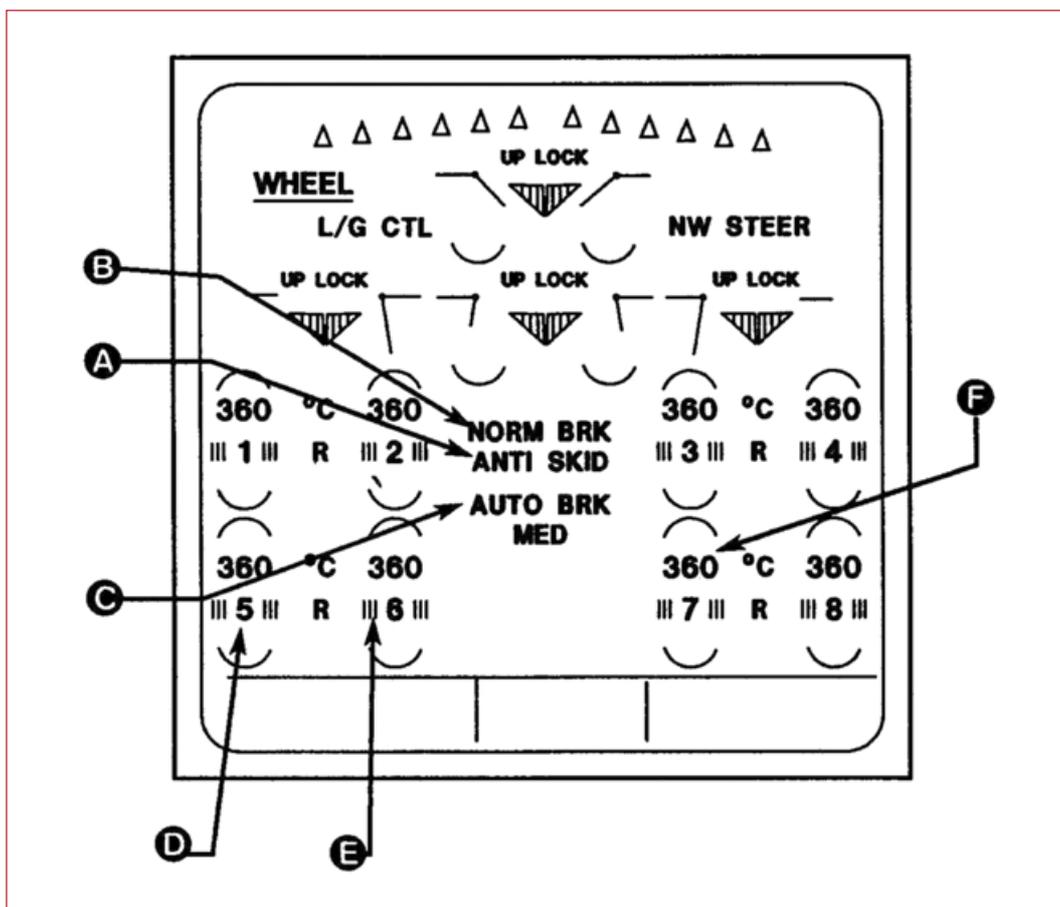


Figura 2. Página WHEEL del ECAM

Por otro lado, aparecen a cada lado de cada rueda tres barras verticales (véase E en la Figura 2) que representan los frenos de ese lado de la rueda. Aparecen en color verde en vuelo cuando el tren está abajo y el «antiskid» está operativo, y en tierra cuando se sueltan los frenos y el «antiskid» está activado. Aparecen en color ámbar en caso de que haya presión residual de frenos o que se produzca un fallo de suelta de frenos.

La indicación R («release») siempre aparece en color blanco.

Se produce presión residual cuando, con los frenos sueltos, queda presión atrapada en alguna parte del sistema normal o del sistema alternativo de frenos. Cuando en tierra la presión de frenos en al menos una rueda es superior a 15 bar con los pedales soltados, aparece un aviso de precaución o «Master Caution» con aviso sonoro y visual en la página WHEEL del ECAM. Este aviso está inhibido en las fases de velocidad en tierra superior a 80 kt, despegue, ascenso, crucero, descenso y aterrizaje hasta velocidad inferior a 80 kt.

La página WHEEL se muestra automáticamente en la pantalla del ECAM cada vez que se selecciona «tren abajo», aunque no haya ningún aviso.

### 1.6.2.5. Circuitos del sistema alternativo de frenos

Se presenta a continuación una descripción muy breve y esquemática de la composición física del sistema de frenos del A-340, y de su situación cuando el sistema alternativo está trabajando. Para ello se usa la Figura 3 adjunta, extraída de un curso de familiarización del fabricante.

Como se aprecia en la figura, el «automatic selector» hace que la presión del sistema hidráulico azul o alternativo esté alimentando el circuito hacia los frenos. La «brake distribution dual valve» (BDDV) o «dual valve» de modo abreviado es un componente muy importante del circuito, y cada uno de sus dos lados se activa mediante el circuito hidráulico auxiliar de baja presión que le llega del pedal de ese lado. Con el pedal presionado, esta presión llega al lado correspondiente de la BDDV y la activa (como se ve en la figura) de modo que la presión azul llega hasta la «alternate servo valve». Esta servoválvula alterna se abre o cierra controlada por la BSCU, que a su vez recibe información del sistema «antiskid» cuando éste está activo, como se ve en la figura. De ese modo, la presión se regula para mantener un régimen de frenada óptimo con un cierto deslizamiento de las ruedas predeterminado por el diseño y sin que lleguen a bloquearse aunque los pedales se estén presionando a tope.

Sin embargo, si el interruptor A/SKID & N/W STRG que se ve en la parte superior de la figura se mueve a la posición de OFF, la BSCU queda desconectada y la servoválvula se abre a tope, de modo que cualquier presión hidráulica del sistema azul demandada por los pedales a la BDDV pasa directamente a los frenos. En estas condiciones, el piloto debe vigilar el indicador triple (también representado en la figura) para mantener la presión en cada lado o pata del tren a 1.000 psi como máximo, puesto que en caso contrario existe riesgo de bloquear las ruedas y, por tanto, de producir su casi seguro reventón.

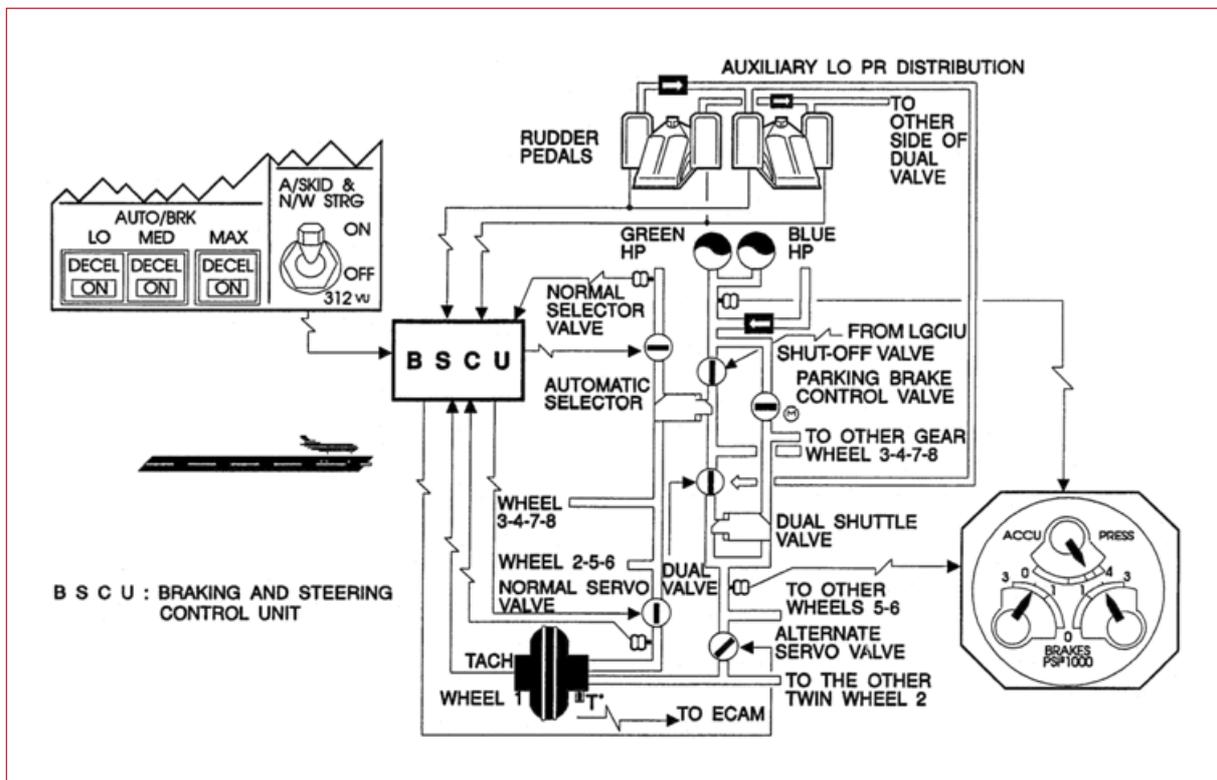


Figura 3. Esquema del circuito de frenos. El sistema alternativo está trabajando con el «antiskid» operativo en la condición representada

Cuando funciona el sistema alternativo de frenos, cada pedal aplica presión al sistema auxiliar de baja presión a través de un «cilindro maestro», que se puede ver en la Figura 4 adjunta. Cuando no hay fuerza  $F$  aplicada, las cámaras  $C1$  y  $C2$  están comunicadas y llenas con fluido hidráulico puesto que la válvula se mantiene fuera de su asiento por el muelle  $R2$ . Al presionar el pedal (fuerza  $F$ ), la carcasa deslizante es comprimida hacia abajo contra el muelle  $R2$  y hay inicialmente un recorrido muerto («dead travel»). El fluido hidráulico pasa de la cámara  $C1$  a la cámara  $C2$  y sale a través del orificio de conexión  $B$ . Si el pedal se sigue presionando, cuando el recorrido muerto finaliza, la junta se mueve con la carcasa deslizante hasta quedar presionada contra la válvula, de modo que cesa el flujo entre las cámaras  $C1$  y  $C2$  y la presión en la cámara  $C1$  comienza a subir. La carcasa mueve la válvula y comprime los muelles  $R1$  y  $R2$ , lo que provoca la disminución del volumen de la cámara  $C1$  y el fluido sale por el orificio  $A$  hacia la válvula dual (BDDV). La presión en la cámara  $C1$  es proporcional a la resistencia opuesta al fluido hidráulico por el resto del sistema conectado al orificio  $A$ .

Si el sistema de frenos se encuentra en modo normal (con presión hidráulica verde), el movimiento de los pedales es enviado electrónicamente a la BSCU, que computa los deseos del piloto y la información del sistema «antiskid» para mandar directamente la servoválvula normal y aplicar la correspondiente presión a las ruedas, por lo que la válvula dual no trabaja en esas condiciones.

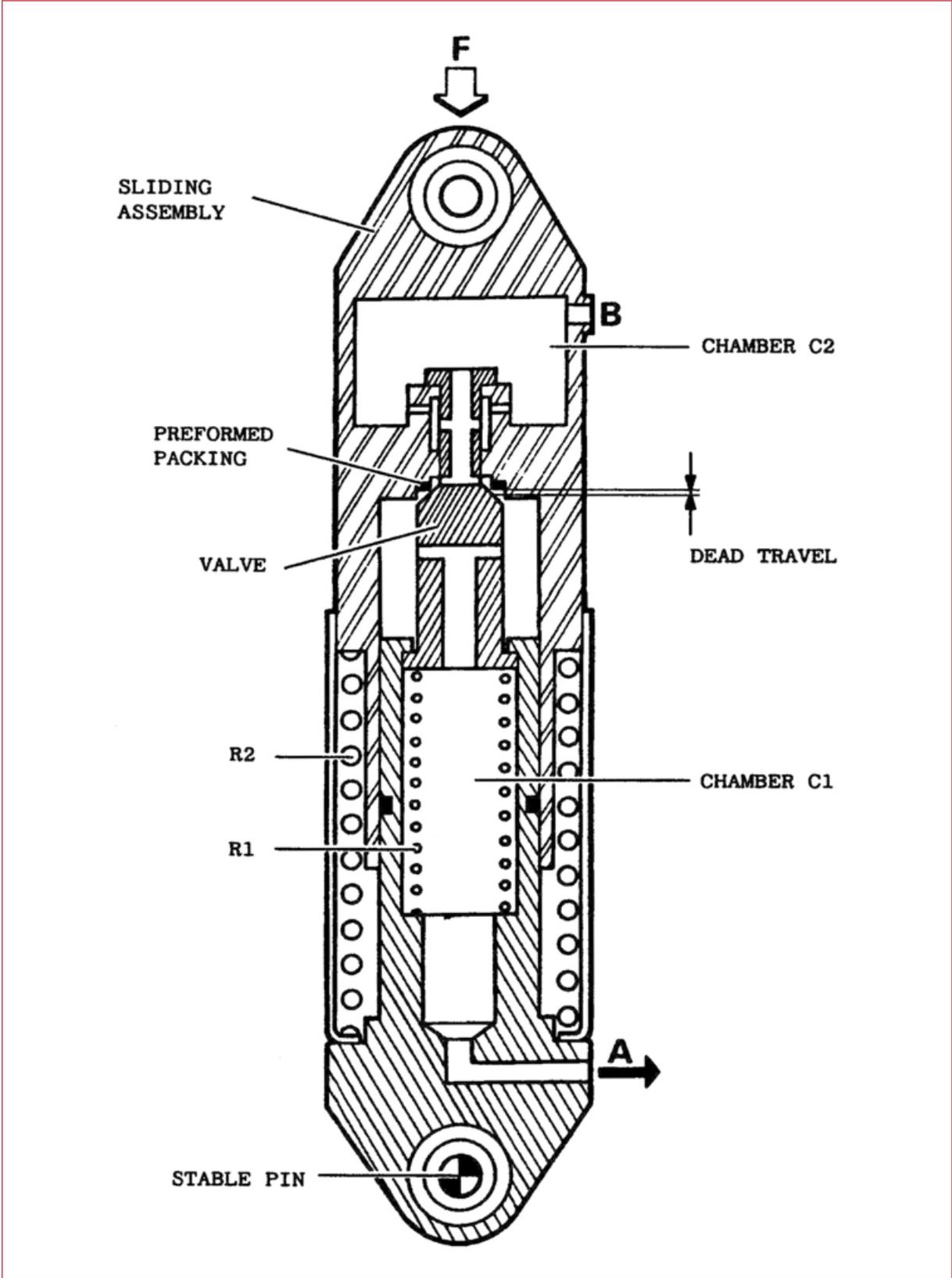


Figura 4. Esquema de cilindro maestro. Al presionar el pedal se aplica una fuerza F en la parte superior

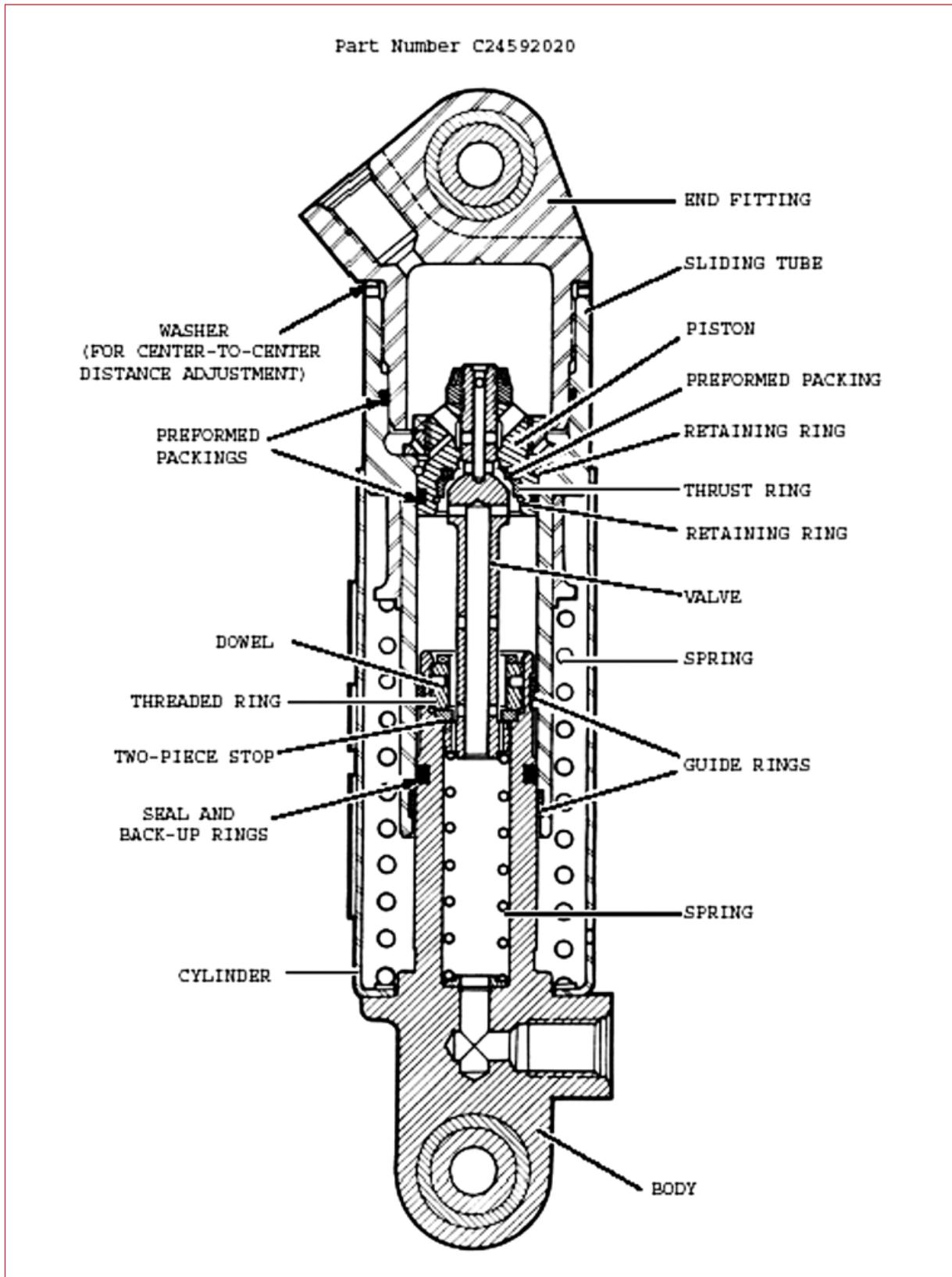


Figura 5. Corte longitudinal detallado de cilindro maestro

Según el Manual de Mantenimiento del Componente (CMM) «Master Cylinder C24592020», de 31 de julio de 1992, la longitud total del cilindro debe estar entre 170,050 mm y 170,100 mm, y la del «recorrido muerto» entre 0,4 mm y 0,5 mm (había una errata en el CMM, página 703, en la que se indica «*dead travel 0,4 to 05*»)

### 1.6.3. *Procedimientos anormales y de emergencia relacionados con el sistema de frenos*

#### 1.6.3.1. **Procedimientos anormales**

El Manual de Operaciones preparado por el operador, Apartado 3-02.32, de 20-3-2001, recoge dos procedimientos anormales relacionados con las circunstancias del evento:

«BRAKES A/SKID FAULT» Y «BRAKES A/SKID NWS OFF»: El primer aviso aparece en caso de fallo de «antiskid» y el segundo si el interruptor A/SKID & N/W STRG está en OFF. En ambos casos, la máxima presión de frenos debe ser 1.000 psi, y se tiene que vigilar la presión de los frenos en el indicador triple. El efecto de aplicación de los frenos es mucho mayor que en modo normal y, por tanto, los pedales se deben pisar con suavidad sin exceder la presión indicada. La distancia de aterrizaje se multiplica por 1,4.

«BRAKES RESIDUAL BRAKING» (fechado 30-4-2002): Si el aviso aparece en tierra, inmediatamente después de la puesta en marcha o durante el rodaje, realizar un reset a la BSCU seleccionando en OFF y a continuación en ON el interruptor A/SKID & N/W STRG. Si el aviso no desaparece se requiere acción de Mantenimiento. NOTA: para realizar el reset a la BSCU es necesario que el avión esté parado y el freno de aparcamiento puesto. La indicación «ON BRAKE 1 (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)» aparece para conocimiento de la tripulación cuando hay una presión de frenos residual aplicada a una o dos ruedas.

En caso de que aparezca indicación de presión residual en alguna de las ruedas (barras de color ámbar en esas ruedas), no se da ninguna indicación de qué debe hacer la tripulación. Tampoco se aclara en el procedimiento anormal si esa indicación aparece en tierra, en vuelo, o en ambos casos (véase 1.6.4.4 arriba con la descripción de esa indicación extractada del Manual de Operaciones, apartado «Sistemas»).

Para la comprensión de las circunstancias del incidente descrito en este informe, es muy importante distinguir entre el AVISO de «presión residual» y la INDICACIÓN de «presión residual en alguna rueda».

El AVISO consiste en un gong sonoro, iluminación de la luz MASTER CAUTION y la leyenda «RESIDUAL BRAKING», y sólo puede aparecer en tierra. En vuelo está inhibido, aunque exista presión residual real. Cuando aparece en tierra, el Manual de Operaciones del operador pide que se realice un reset de la BSCU y, si persiste, que se avise a Mantenimiento.

La INDICACIÓN (barras verticales de color ámbar en una o más ruedas) puede aparecer en tierra o en vuelo cuando se despliega la página WHEEL del ECAM, lo que siempre ocurre cuando se selecciona tren abajo. Cuando aparece, el Manual de Operaciones no da ninguna indicación al piloto de qué hacer.

El Manual de Operaciones para la Tripulación de Vuelo (FCOM) preparado por el fabricante de la aeronave difiere del preparado por el Operador sobre las acciones a tomar en el caso de aviso de «RESIDUAL BRAKING» (siempre en tierra), ya que no se menciona que se deba hacer un reset de la BSCU, sino avisar directamente a Mantenimiento.

Sin embargo, los Procedimientos Operacionales Estándar (SOP) de Airbus sí piden realizar un reset de la BSCU en el capítulo «Supplementary Techniques» (3.04.32 P1), donde dice que «In case of braking/steering difficulty, the crew may perform a BSCU reset to recover correct functioning of the system. In particular, this applies to the following ECAM Warnings: [...] Brakes residual warning». También el «Technical Follow-up», emitido para tratar la aparición de presión residual en vuelo, y el «Flight Operations Telex» sobre el mismo asunto (véase apartado 1.6.3) contemplaban la posibilidad de realizar un reset de la BSCU.

Los SOP del fabricante no permiten realizar un reset de la BSCU en vuelo con el tren extendido.

El FCOM de Airbus tampoco daba, en la fecha en la que ocurrió el incidente, instrucciones sobre qué hacer si aparecía INDICACIÓN (barras ámbar) de presión residual en alguna rueda durante el vuelo.

### 1.6.3.2. Procedimientos de emergencia

El único procedimiento de emergencia relativo al sistema de frenos recogido en el Manual de Operaciones preparado por el operador (3.01.32, 1-10-2000) es el de:

«PÉRDIDA DE FRENADA»: si no se dispone de frenos, mandos de gases a máxima reversa, soltar los pedales de frenos, desconectar el interruptor A/SKID & N/W STRG, pisar los pedales de freno con cuidado, limitar la presión de frenos a 1.000 psi, comprobar el indicador BRAKES PRESS, y controlar la dirección con frenada diferencial al no estar disponible la dirección de la rueda de morro (el N/W STRG). Si se sigue sin disponer de frenos, se debe utilizar el freno de aparcamiento realizando aplicaciones sucesivas y cortas del freno de aparcamiento para parar el avión. Al inicio de cada aplicación del freno de aparcamiento puede aparecer frenada asimétrica. Siempre que sea posible hay que retrasar la utilización del freno de aparcamiento hasta que la velocidad haya disminuido, para reducir el riesgo de reventón de ruedas y dificultades de control lateral.

### 1.6.3.3. Lista de chequeo de final

El Manual de Operaciones preparado por el operador, capítulo 2.01.63, 15-10-2001, indica que «La lista de chequeo de FINAL la lee el PNF, a petición del CM-1, y la contestan el CM-1 y el CM-2 consecuentemente. Su realización asegura que el avión está seguro para el aterrizaje. La lista de chequeo de FINAL aparece en el E/W D del ECAM por debajo de 1.500 ft con el tren de aterrizaje extendido».

«A/THR                    COMPROBADO SPEED U OFF  
LDG SIGNS                ON  
LDG GEAR                DN  
FLAPS                    LDG  
SPLRS                    ARMED  
Lista de Chequeo de FINAL completa»

### 1.6.4. *Mantenimiento previo realizado a la aeronave*

La aeronave sufrió un impacto de pájaro en el morro el día 28-7-2002, cuando se encontraba aproximadamente a 7.000 ft de altitud, y a consecuencia de ello fue sometida a labores de mantenimiento y reparación en las que colaboró un equipo de técnicos del fabricante y que incluyeron el desmontaje y posterior montaje de los pedales de frenos como un conjunto completo unido a partes del fuselaje, es decir, no se realizó un desmontaje de subcomponentes del conjunto de pedales. Después de la reparación, el equipo del fabricante realizó una prueba operacional completa del sistema alternativo de frenos, de acuerdo a la tarea del Manual de Mantenimiento AMM Task 32-43-00-710-801. El resultado fue correcto.

También se le realizó una revisión programada A-2 con 957 h de vuelo.

El día del incidente efectuó su primer vuelo después de esas labores de mantenimiento.

### 1.6.5. *Incidencias previas en el sistema de frenos de la aeronave EC-IDF*

Las siguientes anomalías relacionadas con el suceso fueron reportadas durante el mes de junio de 2002:

Fecha	Anormalidad	Acción correctora efectuada
07-06-02	Al bajar el tren aparece presión residual en pata izquierda ruedas 1, 2, 5 y 6 con posterior calentamiento.	Se realiza System Test BSCU canales 1 y 2 Test OK. Se realiza System Test BSCU «Norm BRK» en canales 1 y 2 Test OK.
08-06-02	En descenso con configuración limpia se enciende «Brakes Residual Braking, on brake 1, 2, 5 y 6», alcanzándose en el parking más de 500 °C de temperatura.	Se efectúa prueba BSCU canal 1 y 2 siendo correcto.

Fecha	Anormalidad	Acción correctora efectuada
09-06-02	En el aterrizaje aparece el mensaje residual «Braking» en las ruedas de la pata izquierda (n.º 1-2-5-6), desaparece al hacer un reset ya en el parking.	Se limpian conectores de servoválvulas y transducer de presión, de ruedas asociadas (9GG1, 10GG1, 11GG1, 12GG1 y 5-6-7-8GG1). Se inspecciona por estado y condición válvula dual de frenos (5403GG), <i>cilindro maestro</i> (5422GG) y filtro LP-B RSVR (5011JM2) sin novedad. Se realizan System Test y Normal BRK Test de ambas BSCU dando OK.
10-06-02	En aprox. presión residual en frenos pata izquierda se soluciona tras varios resets del «Nose Wheel Stering» (había indicación de presión en el «Brake Indicator») a la vez que presionando frenos. Véase partes anteriores.	Se realiza test de la BSCU y reset sistema de frenos, siendo OK.
11-06-02	En la toma de tierra aparece en ECAM «Residual Brakes» en la pata izquierda.	Se verifica presión residuales pata izquierda en tierra, OK. Ruedas libres. Se verifica acumulador Sys Azul OK. Se limpia transmisores 3 GK1 y 3 GK2. Se realiza Sys Test desde MCDU a BSCU. Desaparece mensaje en ECAM.

De la información recopilada se deduce que estas anomalías no habían sido comunicadas al fabricante de la aeronave. Sin embargo, otros reportes similares fueron comunicados a Airbus en el año 2001 debido a la presión residual que apareció en la aeronave EC-GUP.

Hacia el final del proceso de investigación, el operador declaró que habían realizado el 11 de junio de 2002 (el último día en el que se reportaron malfunciones) la tarea del Manual de Mantenimiento «AMM Task» 32-43-00-710-801 «Operational test alternate brake system». Declararon que, aunque la tarea no se había anotado explícitamente en el Libro de Avión, el técnico correspondiente había anotado otras acciones como comprobar el libre giro de ruedas, que son parte de la tarea. Esta prueba operacional es la última acción a realizar después de la tarea «TSM task» 32-40-00-810-927 (véase más abajo). Al respecto de esta tarea, también declararon que la parte de «confirmación de fallo» (mirar el indicador triple para ver si hay presión) también la habían llevado a cabo ese 11 de junio de 2002 (véase la tabla más arriba).

El fabricante sí era consciente de otras indicaciones de presión residual, y había emitido el «Technical Follow-up» (TFU) 32.42.21.012 «Brakes residual braking ECAM warning» en septiembre de 2000, en el que se indicaba que ese aviso solía deberse a una indicación espuria, causada por los transductores de presión o por la monitorización de la BSCU, aunque también se decía que la presión residual podía ser real. El TFU contemplaba la posibilidad de resetear la BSCU utilizando el interruptor del «antiskid». El

TFU también indicaba que se realizasen dos tareas de detección y corrección de averías («trouble shooting»). Ambas tareas (32-40-00-810-839 y 885) comenzaban con un auto-test de la BSCU, que es lo que el mantenimiento realizó en casi todos los casos reportados.

Este TFU fue cerrado en agosto 2003, una vez que Airbus emitió los Boletines de Servicio A340-32-4187 y A340-32-4193 para resolver el problema de la indicación espuria.

El fabricante también emitió el FOT 999.0030/002 «BSCU Reset subsequent to a brakes residual braking» con fecha 19-04-2002, en el que avisaba de los mensajes espurios de presión residual y de la necesidad de hacer un reset de la BSCU.

Los diversos documentos emitidos por Airbus antes del incidente eran debidos a una historia de indicaciones de presión de frenos residual, que particularmente afectaron al A-340 EC-GUP también operado por Iberia. Entre el 1-11-2001 y el 23-11-2001 hubo varios reportes de tripulaciones sobre indicaciones de presión residual, tanto en tierra como en vuelo. Estos reportes fueron comunicados a Airbus, que trabajó con Iberia para intentar resolver la cuestión. Las indicaciones eran a menudo consideradas espurias, provocadas por fallos en los transductores de presión. Se cruzaron muchas comunicaciones en aquellas fechas y con posterioridad entre Iberia y Airbus sobre el asunto. Se propusieron varios procedimientos de determinación de averías y diversos componentes del EC-GUP fueron reemplazados hasta que el problema finalmente desapareció.

El fabricante declaró que Iberia nunca les había informado formalmente de los resultados de las acciones de corrección de reportes que habían recomendado para el EC-GUP.

Además, el fabricante añadió que la tarea «TSM task 32-40-00-810-927», llamada «Brakes alternate system has residual pressure in the left MLG», debería haber sido aplicada desde el principio cuando ocurrieron los cinco reportes de junio de 2002. También declararon que dicha tarea del TSM requiere la sustitución del cilindro maestro si el fallo no puede reproducirse en vuelo.

Tras el incidente, el fabricante analizó los puntos de entrada para esa tarea del TSM y proporcionaron evidencias de que varias de las pistas disponibles en los reportes de junio, con el aviso de «BRAKES RESIDUAL BRAKING», las barras color ámbar o el mensaje de fallo en el CMS «MASTER CYL L (5422GG)/DUAL VALVE (5403GG)», habrían dirigido la atención a dicha tarea 32-40-00-810-927.

Esta tarea consiste en las siguientes acciones en lo aplicable al presente incidente:

« .../... (otro texto)

3. *Fault confirmation.*

A. Test.

- (1) On the panel 117VU, put the parking brake to OFF.
- (2) If the lower left indicator of the triple pressure indicator (2GK) shows a pressure, depressurize:
  - The Blue Hydraulic system
  - The reservoir of the Blue Hydraulic system
  - The Park Brake accumulators

4. Fault isolation

A. Procedure

- (1) If the lower left indicator of the triple pressure indicator (2GK) shows a pressure: replace the PRESS XDCR-BRAKE, BLUE L.../... (otro texto)

B. Procedure

- (1) If the lower left indicator of the triple pressure indicator (2GK) does not show a pressure: replace the MASTER CYLINDER-ALTN BRK L, CKPT (5422GG)
- (2) If the fault continues: replace the DUAL VALVE-ALTN BRK.../... (other text).
- (3) If the fault continues: replace the FILTER-LP, B RSVR.../... (other text)

C. Test

- (1) Do an operational test of the alternate brake system (Ref. AMM Task 32-43-00-710-801)»

La introducción del TSM explicaba en sus páginas 8 y 10 el significado de «Confirmación del fallo» («Fault confirmation») en los casos de «Fallo permanente» («Permanent fault») y «Fallo intermitente» («Intermittent fault»).

En el primer caso, el «fallo es confirmado en tierra llevando a cabo el ensayo requerido en el párrafo de confirmación del fallo. Consecuentemente, el procedimiento debe ser aplicado para reparar la aeronave».

En el caso de «fallo intermitente», se proporcionaban instrucciones específicas del siguiente modo (textual en inglés):

*«The fault is not confirmed on ground by performing the test required in the fault confirmation paragraph. Faults are sometimes generated by electrical transients or similar events without the aircraft system being faulty. If the confirmation test results is "TEST OK" or equivalent, no further action is required (unless specified in*

*the fault isolation procedure). The aircraft may be dispatched. It is recalled that the TSM has been designed to isolate/troubleshoot hard faults. However depending on the airlines organization, the following can be applied "to trap" intermittent faults:*

- *if test OK (fault not confirmed) dispatch the aircraft, then perform a monitoring of the reported symptom on the following flights by checking:*
  - *the previous leg reports*
  - *the PFR/Previous PFRs (if available)*
  - *the log book of the previous flights*

*after 3 occurrences of the same phenomenon (even through the test still OK), the other steps of the TSM procedure shall be followed and the LRU involved be removed. (other text).*

- *if test NOT OK (fault confirmed), apply the trouble shooting procedure.»*

Se consultó al fabricante sobre el modo de llevar a cabo en la práctica la tarea -927, y respondieron que, debido al «concepto de fallo intermitente», el procedimiento -927 debería haber sido aplicado completamente, incluyendo el cambio del cilindro maestro el 9 de junio de 2002 (después del tercer reporte). El personal del operador tenía una interpretación diferente porque parecía que no aplicaban la parte de fallo intermitente del TSM, y dijeron que si no hay presión en el indicador triple al principio, no hay «confirmación del fallo» y por lo tanto la tarea termina. Añadieron, casi al final de la investigación (véase más arriba), que aunque esta confirmación falló porque comprobaron que no había presión en la pata izquierda el 11 de junio de 2002, todavía realizaron la prueba operacional AMM 32-43-00-710-801 para asegurarse que el sistema funcionaba de modo correcto.

### 1.7. Información meteorológica

El METAR del Aeropuerto de Madrid-Barajas de las 13:00 UTC del día 7-9-2002 era:

LEMD 071300Z 23011 KT 180V250 9999 FEW080 SCT150 27/07 Q1016 NOSIG

La información recopilada indica que la temperatura de la atmósfera en la provincia de Madrid a una altitud de 13.000 ft correspondía aproximadamente a las de la atmósfera tipo ISA.

### 1.8. Ayudas a la navegación

No afectan a las circunstancias de este incidente.

## 1.9. Comunicaciones

Las comunicaciones funcionaron bien en todo momento. La información relevante de las conversaciones con las torres de control de los aeropuertos de Tenerife Norte y de Madrid-Barajas se ha reproducido en diversas partes de este informe.

## 1.10. Información sobre el aeródromo

### 1.10.1. *Aeropuerto de Tenerife Norte*

Este aeropuerto dispone de una pista de asfalto, 12-30 de 3.400 × 45 m. La franja de pista tiene 3.520 × 300 m.

La categoría de incendios es 8 (aeronaves de menos de 61 m de longitud total y 7 m de anchura de fuselaje máxima).

### 1.10.2. *Aeropuerto de Madrid-Barajas*

Este aeropuerto dispone de tres pistas de asfalto: 33-15 (de 4.100 × 60 m), 36R-18L (de 3.700 × 45 m) y 36L-18R (de 4.350 × 60 m). La franja de pista tiene una anchura de 300 m en todas ellas.

La categoría de incendios es 9 (aeronaves de menos de 76 m de longitud total y 7 m de anchura de fuselaje máxima).

El día del incidente se estaba utilizando la pista 33 para aterrizajes y la 36L para despegues. A raíz del incidente, y de quedar ocupada la pista 33 por la aeronave, se habilitó la pista 36R para aterrizajes.

## 1.11. Registradores de vuelo

### 1.11.1. *Registrador de voces en cabina*

La aeronave disponía de un registrador de voces en cabina de estado sólido (SSCVR) Honeywell P/N 980-6022-001; S/N 6393705700, capaz de registrar los últimos 120 minutos de las voces y sonidos en la cabina de vuelo en cuatro canales. El canal 1 graba el sonido de los auriculares y micrófono del puesto de comandante; el canal 2 el sonido de los auriculares y micrófono del puesto de copiloto; el canal 3 el sonido de los auriculares y micrófono del puesto de observador en cabina de vuelo; y el canal 4 el sonido ambiente de la cabina de vuelo a través del micrófono de área.

El registrador empieza a grabar desde el momento en que se arranca el primer motor, y se mantiene grabando continuamente el sonido de los cuatro canales hasta cinco minutos después de que se haya parado el último motor. También puede operar en modo manual en tierra.

Los ficheros correspondientes a los cuatro canales se descargaron y pudo reproducirse su sonido que tenía una buena calidad y permitió identificar el texto de la práctica totalidad de las conversaciones entre los pilotos y comunicaciones con el ATC.

Cada canal contenía 2 h, 1 minuto y 10 seg de sonido. Se había grabado parte del vuelo desde Tenerife Norte a Madrid, en concreto 1:21:29 (81 minutos y 29 segundos) transcurridos antes de que el avión quedara completamente detenido en la pista 33 de Barajas, y siguió grabando luego durante 11 minutos y 54 segundos hasta que se detuvo la grabación de ese período, al haberse parado los motores. Después, empezó una nueva grabación que duró 28 min y 5 seg y en la que podían escucharse las voces de personal de mantenimiento trabajando en cabina después del incidente.

Por tanto, los momentos previos y posteriores al propio incidente se grabaron y la información pertinente proporcionada por las conversaciones y otros sonidos en cabina se ha recogido en diversas partes de este informe.

### **1.11.2. Registrador de datos de vuelo**

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos digital (DFDR) capaz de grabar las últimas 25 h de un total de 663 parámetros de la aeronave. La lectura de este DFDR se realizó sin problemas en un laboratorio con capacidad para ello y la información relevante proporcionada por los diferentes parámetros ha sido reproducida en diversas partes de este informe.

El DFDR también reveló las siguientes actuaciones de la tripulación:

Durante el vuelo de crucero a Madrid no se desplegaron páginas del ECAM para chequear el estatus de los diferentes sistemas.

No se armaron los spoilers durante el aterrizaje en Madrid.

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

La aeronave quedó detenida junto a borde izquierdo de la pista 33, con su eje longitudinal girado unos 10° respecto al eje de la pista y sin que ninguna de sus ruedas abandonase la zona asfaltada (véase Apéndice A).

La pata izquierda del tren principal había sobrepasado la línea de balizas luminosas de borde de pista, y quedó a unos 5 m del final de la zona asfaltada, a 40 m del eje de la pista 33, que tiene 60 m de anchura total (entre ambas líneas blancas de borde de pista), y a 146 m del eje de la calle de salida J-1. La pata de morro también quedó aproximadamente a 5 m del final de la zona asfaltada y a unos 120 m del eje de la calle de salida J-1.

Por tanto, la pata izquierda del avión quedó detenida a unos 313 de la intersección de los ejes de las pistas 33-15 y 36R-18L.

Cuando la pista pudo ser inspeccionada, se comprobó que desde el punto en el que el avión había quedado detenido en dirección al umbral de la pista 33 podían distinguirse claramente huellas continuas correspondientes a las marcas dejadas por las ruedas de las patas izquierda y derecha del tren principal. Las huellas consistían en ocho líneas oscuras que correspondían a los bordes del neumático e indicaban que en esa zona todas las ruedas estaban reventadas. A 60 m del punto en el que quedó detenida, la huella de la pata izquierda pasó a unos 2 m de la siguiente baliza de borde de pista, y a 60 m más atrás cruzó la línea blanca de borde de pista. En los 60 m anteriores se podía apreciar que las llantas de las ruedas 1 y 5 (exteriores de la pata izquierda) iban arrastrando por la pista, aunque sin producir surcos apreciables en el asfalto.

A 240 m del punto en el que quedó finalmente detenida (es decir, a unos 73 m de la intersección con la pista 36R), las huellas de la pata derecha desaparecían en un punto que se encontraba a 8,2 m a la izquierda del eje de la pista 33.

Las huellas de la pata izquierda continuaban siendo visibles hacia atrás, cruzaban la intersección con la pista 36R y se difuminaban y se hacían prácticamente indistinguibles con las huellas y marcas de otros aviones a unos 630 m del punto en el que quedó detenida (a 900 m del umbral de la 33).

Los daños en el avión consistían en el reventón de las ocho ruedas de las patas izquierda y derecha del tren principal y daños en los paquetes de frenos 1, 5 y 6, con la siguiente descripción:

Las ruedas 1, 2, 5 y 6 presentaban fuerte roce con pérdida de material de la llanta y cubierta reventada, por fricción con la pista de aterrizaje.

La rueda 3 tenía roce de la pestaña de la llanta y cubierta reventada por fricción con la pista de aterrizaje.

La rueda 4 presentaba roce en la llanta con pérdida de material y cubierta reventada por fricción con la pista de aterrizaje.

Las ruedas 7 y 8 mostraban cubierta reventada por fricción pero las llantas no presentaban daños visibles.



Figura 6. Ruedas 3, 4, 7 y 8 (pata derecha; vista desde atrás y la derecha) tras quedar detenido el avión en la pista. La franja blanca es el borde izquierdo de la pista 33. Obsérvense las dos huellas estrechas de cada rueda al haber reventado los neumáticos

Los conjuntos de freno 1, 5 y 6: fuerte roce con pérdida de material del soporte y el paquete de discos, por fricción con la pista de aterrizaje.

Cuando se inspeccionó el avión en un hangar, no se apreciaron muestras de que hubiese habido fuego en el tren de aterrizaje. La zona de intradós del ala y flaps interiores no mostraban trazas de humo.

El personal de mantenimiento del operador procedió a cambiar las ruedas de la aeronave en la pista y después la remolcaron hasta un hangar.

### **1.13. Información médica y patológica**

No hubo daños personales durante el suceso.

## 1.14. Incendio

En el Aeropuerto de Tenerife Norte no hubo fuego, aunque sí desprendimiento de humo debido a la alta temperatura que alcanzaron los frenos.

En el Aeropuerto de Madrid-Barajas, desde la torre pudo verse mucho humo inmediatamente después del incidente. Un avión avisó por radio que el EC-IDF tenía fuego en las ruedas. Los bomberos fueron avisados por la torre sobre las 13:06 h, y a las 13:09:45 la tripulación confirmó a la torre que los bomberos estaban alrededor del avión. A las 13:09:55 h, la torre ya había recibido confirmación de los bomberos de que el fuego estaba apagado.

El servicio contra incendios del Aeropuerto de Madrid-Barajas, que había sido avisado por la torre, según su informe, accedió al lugar del incidente y encontró todas las ruedas envueltas en llamas, por lo que tomaron posiciones y lo extinguieron en breve plazo de tiempo y después continuaron refrigerando la zona. En total se emplearon 250 kg de polvo químico y 1.750 l de espumógeno, aunque este último gasto fue mayor del que se hubiera necesitado y se debió a un mal funcionamiento de uno de los vehículos extintores.

Según testimonios recogidos con posterioridad, las llamas fueron claramente visibles desde la zona de la torre sur del aeropuerto. Sin embargo, cuando el avión fue inspeccionado en un hangar, no se apreciaron restos de combustión en ninguna zona adyacente a las ruedas.

## 1.15. Supervivencia

No se produjeron aceleraciones de tal magnitud que provocaran impactos en la cabina de pasajeros. No se ordenó evacuación de emergencia, por lo que los pasajeros desembarcaron de modo normal a través de escalerillas llevadas a pie de avión y fueron trasladados a la terminal mediante jardineras.

## 1.16. Ensayos e investigaciones

### 1.16.1. Prueba en tierra para aislar el problema

A propuesta de los especialistas del fabricante, se llevó a cabo una prueba funcional siguiendo la «Technical Disposition» de Airbus Ref. TD/B/2002/0341 (Issue 2), que básicamente consistía en intentar reproducir la presión residual en el sistema alternativo mediante el accionamiento de pedales de frenos y freno de aparcamiento y, si no se conseguía, en medir el gasto de flujo al sangrar las líneas izquierda y derecha de baja presión (entre la BDDV y los cilindros maestros) para buscar puntos de restricción en ese

circuito. Los detalles del contenido de esa «Technical Disposition» se incluyen en el Apéndice B. Este procedimiento no era parte de la documentación de mantenimiento previa del avión. Se preparó específicamente para esta ocasión después de varias semanas de trabajo de los especialistas del fabricante.

Se realizó el ensayo y se encontró que no se podía reproducir el fallo que se había producido durante el vuelo, pero la prueba del gasto másico determinó que no había flujo en el circuito izquierdo de baja presión, mientras que el flujo en el circuito derecho era de 50 cl en 20 seg.

Esto indicaba que no había camino para el flujo de vuelta de la cámara C1 a la cámara C2 a través del cilindro maestro izquierdo (véase Figura 4), es decir, que no había «recorrido muerto» y la presión quedaba atrapada en la cámara C1 aun cuando el pedal estuviera completamente suelto.

Esto podía deberse a uno de los dos factores siguientes:

El cilindro maestro estaba defectuoso, con una longitud total mayor de los 170 mm nominales, de modo que al montarse se debiera comprimir provocando el cierre de la válvula.

El reglaje del pedal izquierdo era defectuoso, de modo que el cilindro, aun teniendo la longitud nominal correcta, tuviese que comprimirse en el montaje, provocando el cierre de válvula ya mencionado.

Se sustituyó el cilindro maestro P/N C 24592020 («Functional Item Number» 5422GG) S/N H2121 por otro cilindro maestro del almacén y se repitió el ensayo de gasto de flujo, obteniéndose un gasto de 50 cl en 25 seg. De ese modo, los especialistas del fabricante confirmaron que ese cilindro maestro izquierdo estaba defectuoso y era el componente que estaba provocando la presión residual. Se instalaron guías para confirmar que el reglaje de los pedales era correcto. El cilindro maestro fue enviado a su fabricante, Messier-Bugatti, para una inspección detallada y desmontaje.

### 1.16.2. *Puesta en servicio de la aeronave*

Tras la sustitución del cilindro maestro citada en el párrafo anterior, los especialistas del fabricante emitieron un informe llamado «Trouble Shooting Report N° 3048/SEE32/TSR/1002», que confirmaba que «el cilindro maestro original estaba defectuoso y fue la única causa de la presión residual. También se confirma que el reglaje de los pedales era satisfactorio». Aunque no era específicamente requerido por el fabricante, el operador realizó un vuelo de prueba en el que se comprobó que al cabo de cierto tiempo de vuelo se perdía la presión del sistema alternativo de frenos, mientras que el sistema normal funcionaba de modo correcto.

Se procedió entonces a sustituir la BDDV P/N 5403GG S/N H2718 y a sangrar cuidadosamente el aire del sistema de frenos. Un nuevo vuelo demostró que ambos sistemas de frenos funcionaban correctamente y el avión fue devuelto al servicio.

La válvula dual sustituida fue también enviada a Messier-Bugatti para la realización de pruebas adicionales.

### 1.16.3. *Inspección del cilindro maestro SIN H2121*

El cilindro desmontado del EC-IDF tras el incidente fue sometido a diversas pruebas en las instalaciones de su fabricante en Molsheim (Francia). El cilindro había sido enviado en un paquete sellado y se había intentado retener el máximo de fluido hidráulico en su interior. Sin embargo, el paquete fue abierto en Messier-Bugatti y apenas se encontró fluido hidráulico en su interior.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

Medición de sus principales dimensiones: La longitud resultó ser de 170,31 mm (siendo el valor nominal entre 170,050 y 170,100 mm). El «dead travel» era de 0,58 mm (siendo el valor nominal entre 0,4 y 0,5 mm). El recorrido total era de 21,68 mm (la especificación es de 20,5 a 22,3 mm).

Fluido hidráulico: el cilindro estaba vacío. No se pudo recoger fluido hidráulico para su análisis.

Prueba operacional: Se realizó el gráfico de carga frente a desplazamiento del cilindro según el CMM del elemento. Se observó que los resultados estaban fuera de tolerancias en una serie de puntos tanto en carga (compresión) como en descarga (suelta) del cilindro. Por ejemplo: con 10 mm de desplazamiento en carga la fuerza debería estar entre 139 Nw y 153 Nw; el valor medido fue de 162 Nw (7% por encima del valor máximo).

Se realizó un ensayo de gasto de fluido bajo presión. Para ello, con el orificio B abierto, se aplicó una presión de 2,4 bar al orificio A y se midió el flujo en función del desplazamiento del cilindro. En compresión había un flujo de 2,17 l/min cuando no había desplazamiento y el valor de flujo iba disminuyendo con el desplazamiento hasta que con 0,33 mm el flujo era de 0,01 l/min y a 0,34 mm ya no pasaba flujo. En descarga del cilindro con 2 mm de desplazamiento no había flujo, y este desplazamiento se fue disminuyendo hasta que con 0,36 mm el flujo empezó a ser de 0,01 l/min.

Se desmontó el cilindro y no se observaron defectos apreciables en el mismo. Se midieron sus diversos subcomponentes y todos se encontraron dentro de tolerancias excepto el muelle «pequeño» o de la válvula (muelle R1) que alcanzaba la altura nominal bajo

una carga de 4 Nw en lugar de los 5 Nw nominales. Los especialistas consideraron que esta diferencia no era significativa. La junta de cierre de la válvula («prefomed packing») se había deformado por contacto con la válvula, y ya no tenía la sección cuadrada con que se había fabricado.

El cilindro volvió a montarse y ajustarse de modo que su longitud y recorrido muertos fueran los mismos que antes de desmontarlo y se repitieron los ensayos operacional y de gasto de fluido. El cilindro estaba ahora dentro de márgenes de carga-desplazamiento durante la compresión, aunque seguía ligeramente fuera de márgenes durante la suelta. Una posible explicación para este comportamiento fue que algunas partículas minúsculas que producían mucha fricción en el interior del cilindro podrían haberse eliminado durante el desmontaje y posterior montaje. Después de este ensayo volvió a medirse la longitud del cilindro y se encontró que había aumentado hasta 170,35 mm. El recorrido muerto había disminuido desde los 0,58 anteriores hasta 0,48 mm, sin que se encontrara una explicación clara para este hecho. El ensayo de gasto de fluido proporcionó los mismos resultados anteriores.

Messier-Bugatti informó que estos cilindros maestros son fabricados por uno de sus subcontratistas. El S/N H2121 pasó su control tras fabricación el 13-6-2000, y se midió que su recorrido muerto fue de 0,44 mm y su recorrido total 21,90 mm, con el diagrama carga-desplazamiento dentro de tolerancias. Sin embargo, la longitud total del cilindro no era un dato que hubiera de tomarse durante ese ensayo de aceptación. Messier-Bugatti informó que «La unidad se ajusta durante su montaje» («The unit is adjusted during assembly»).

El ensayo de aceptación no incluye una prueba de gasto másico bajo presión.

Informaciones recogidas de técnicos del fabricante del componente indicaron que nunca habían visto un cilindro de longitud superior a la nominal.

El cilindro maestro fue reservado para continuar con la investigación en las instalaciones de Airbus en Filton (Reino Unido). Véase 1.16.5.

Se solicitó a Messier-Bugatti que proporcionase un análisis de la información recopilada con vistas a establecer una hipótesis sobre la circunstancia o el subcomponente del cilindro maestro que había provocado que la longitud estuviera fuera de tolerancias y provocase en último término la presión residual en el sistema alternativo de frenos del A-340 EC-IDF.

Messier-Bugatti no proporcionó un análisis detallado, sino que contestó a través de un correo electrónico el 12-9-2003 que ningún componente interno del cilindro había sido identificado como defectuoso, y que en diciembre de 2002 había modificado sus procedimientos para introducir un chequeo sistemático de la longitud de cada cilindro fabricado. También añadieron que «quedan dudas de la posible implicación de otras partes como por ejemplo el conjunto de pedales».

#### 1.16.4. *Inspección de la válvula dual (BDDV) SIN H2718*

La válvula dual desmontada del EC-IDF tras realizar un vuelo de prueba después del incidente fue sometida a diversas pruebas en las instalaciones de su fabricante en Molsheim (Francia). La válvula había sido enviada en un paquete sellado y se había intentado retener el máximo de fluido hidráulico en su interior. Sin embargo, el paquete fue abierto en Messier-Bugatti y sólo 1 ml de líquido se encontró en su interior.

El líquido hidráulico recuperado fue observado al microscopio por especialistas del fabricante del componente, que indicaron que contenía algunas partículas metálicas de entre 15 y 80 micras. No había suficiente líquido para realizar un ensayo más completo.

Se realizó un ensayo funcional de acuerdo con el CMM 32-43-16, que incluye un «Proces Verbal d'Essai». Todos los resultados de ese ensayo se encontraron dentro de tolerancias. Messier-Bugatti declaró que la válvula estaba en condiciones de trabajar con normalidad y fue liberada en cuanto a la investigación del incidente.

#### 1.16.5. *Ensayos adicionales del cilindro maestro SIN H2121*

El cilindro fue enviado a las instalaciones de Airbus en Filton (Reino Unido) para ser colocado en un banco de ensayos que permitiese simular en lo posible las condiciones de un vuelo real del avión EC-IDF. Los cambios de temperatura que aparecen en ascenso, crucero y descenso fueron considerados como un factor fundamental en la aparición de la presión residual en el sistema alternativo de frenos.

Airbus realizó el ensayo indicado, pero no se consiguió reproducir la presión residual. Sin embargo, puesto que el cilindro ya había sido desmontado con anterioridad (véase 1.16.3) la representatividad de los resultados era dudosa y debía en cualquier caso ser analizada.

#### 1.16.6. *Inspección de la cubierta del pedal*

Bastante tiempo después de que se llevaran a cabo las investigaciones sobre el cilindro maestro, la cubierta del pedal que estaba instalada en el EC-IDF cuando fue entregado tras fabricación fue señalada como una posible causa de la presión residual. Por lo tanto, se llevó a cabo una inspección en busca de rayaduras o marcas meses después del incidente. La principal función de la cubierta era impedir que objetos externos como calculadoras de bolsillo o bolígrafos cayesen hacia los pedales.

Los resultados de la inspección fueron:

1. No había marcas de apoyo o arañazos en las cubiertas de los pedales de la aeronave número de serie MSN 474.

2. Todas las distancias entre los pedales y sus cubiertas eran suficientes para permitir una operación normal.
3. La operación de los pedales durante deflexiones de frenos era normal.
4. Las marcas que se apreciaban en los cilindros maestros del EC-IDF no indicaba ninguna anomalía.

### 1.17. Información orgánica y de dirección

#### 1.17.1. Registro técnico del avión

A bordo del avión debe encontrarse siempre un bloc de formularios de Partes de Vuelo. Cada parte consta de tres impresos autocopiativos, de los que el último (matriz 3/3, de color amarillo) siempre debe quedar en el bloc. En la parte superior derecha hay una casilla de «Recepción Avión» («Capt. Acceptance») con un espacio para la firma del comandante de la aeronave. Existe una columna de «Anormalidades» a rellenar por la tripulación, otra de «Correcciones» a rellenar por el personal de mantenimiento y otra columna de firmas del personal de mantenimiento que haya tratado las anomalías reportadas. Ese tratamiento puede ser «solucionado», «en observación» o «diferido».

El Manual Básico de Operaciones preparado por el operador (revisado a 26-5-2002), en su apartado 8.1.11, contiene instrucciones para que las tripulaciones de vuelo completen los formularios de los Partes de Vuelo, que básicamente consisten en que «Deberán cumplimentarse cuidadosamente todos los datos que contiene el Parte». También se indica que: «En los espacios reservados para la firma se deberá no sólo firmar, sino poner el número de nómina. El comandante firmará en el recuadro de recepción de avión del juego de impresos correspondiente al vuelo que se va a realizar. Con ello dejará constancia del enterado de la inspección pertinente, según se refleja en la matriz 3/3 del Parte de Vuelo anterior, y de las anomalías y correcciones que, asimismo, figuran en dicha matriz correspondiente al último vuelo del avión. Asimismo, esta firma del Comandante servirá como visto bueno a las anomalías reportadas y datos registrados durante su vuelo. En caso de no haber anomalías se reflejará la palabra "NIL"».

El Manual de Procedimientos de Mantenimiento en red del operador (Sección 2, Revisión 7 de 18-6-02) también proporciona guías para el tratamiento y cumplimentación de los Partes de Vuelo. Se indica que la corrección de las anomalías reportadas o detectadas se hará siempre de acuerdo con la documentación establecida y, en caso de que dicha corrección o reparación no esté en ella recogida, se solicitará del Departamento de Ingeniería Soporte correspondiente las instrucciones oportunas, indicando tal circunstancia en la contestación dada en el Parte de Vuelo.

Tanto el MOE-145 («Maintenance Organization Exposition») como el «Manual de Procedimientos de Mantenimiento en red» (Sección 2, Revisión 7) preparados por el operador, contienen instrucciones para el tratamiento de los partes de vuelo por el personal que realiza el mantenimiento en línea y las inspecciones de tránsito del avión. Se indica que en el caso de que el mecánico de tierra encuentre una anomalía durante su inspección en tierra, aunque ésta no haya sido comunicada por la tripulación con anterioridad, deberá anotarla en la columna de «Correcciones» del Parte de Vuelo. En la descripción de cada corrección se debe hacer siempre una referencia a la parte del Manual de Mantenimiento.

En resumen, la tripulación debe revisar el Parte de Vuelo anterior y el comandante debe firmar la “Recepción del Avión” del Parte de Vuelo que se vaya a realizar, con lo que se dará por enterado de las anomalías que hubo en el vuelo anterior y de la corrección que se ha efectuado. Esa firma también supondrá a la finalización de su vuelo el visto bueno del reporte de las nuevas anomalías que haya aparecido durante el mismo, cuya corrección será aceptada por el comandante del siguiente vuelo, y así sucesivamente.

## **1.18. Información adicional**

### **1.18.1. *Télex a los operadores emitido por Airbus Industrie***

El 31-10-2002 Airbus emitió un «Operators Information Telex» (OIT) en el cual informaba a los operadores de aeronaves A319, A320, A321, A300, A300-600, A310, A330 y A340 de las circunstancias del suceso acaecido el 7-9-2002, y de las acciones que las tripulaciones debían realizar en el caso de que apareciese presión residual durante el vuelo. El télex indicaba que, en ese caso:

«AS USUAL, THE NORMAL BRAKING AND ANTISKID SYSTEMS HAVE TO BE USED, AND THIS EXPLAINS WHY THERE IS NO ECAM/FCOM PROCEDURE EXCEPT [for A300-600 and A-310]. IN ADDITION, USING THE AUTOBRAKE (AS RECOMMENDED IN THE SOP) PREVENTS ASYMMETRICAL BRAKING DUE TO RESIDUAL BRAKING PRESSURE IN THE ALTERNATE BRAKING SYSTEM, SINCE ALTERNATE PRESSURE IS NOT SUPPLIED TO THE BRAKES WHEN NORMAL BRAKING IS ACTIVE.

HOWEVER, IN THE LIGHT OF THE REPORTED EVENT, AIRBUS WILL PUBLISH SOME RECOMMENDATIONS FOR ALL AIRCRAFT, IN THE FCOM STANDARD OPERATING PROCEDURES' "APPROACH PHASE", TO AVOID SWITCHING OFF THE ANTISKID AND NOSEWHEEL STEERING FUNCTION, AND POSSIBLY TO ELIMINATE ALTERNATE RESIDUAL BRAKING PRESSURE.

A330/A340 RECOMMENDATIONS DIFFER SLIGHTLY FROM THOSE OF THE OTHER AIRCRAFT TYPES, SINCE RESIDUAL BRAKING (FROM THE NORMAL OR ALTERNATE

BRAKING SYSTEM) IS DISPLAYED ON THEIR ECAM WHEEL PAGE. ON OTHER AIRCRAFT TYPES, ONLY RESIDUAL BRAKING ON THE ALTERNATE SYSTEM IS VISIBLE, AND IS DISPLAYED ON THE TRIPLE INDICATOR.

FOR A330/A340 AIRCRAFT (NOT APPLICABLE TO A340-500/600):

WHEN THE LANDING GEAR IS DOWN:

- ECAM WHEEL PAGE CHECK
- THE ECAM WHEEL PAGE APPEARS BELOW 800 FEET, OR AT LANDING GEAR EXTENSION.
- CHECK FOR THREE (A330), OR FOUR (A340) LANDING GEAR GREEN INDICATIONS.
- IF RESIDUAL PRESSURE IS INDICATED, PRESS THE BRAKE PEDALS SEVERAL TIMES. SELECT "AUTO BRK MED". IF RESIDUAL PRESSURE REMAINS:
  - BEWARE OF POSSIBLE BRAKING ASYMMETRY AFTER TOUCHDOWN, WHICH CAN BE CONTROLLED USING PEDALS.
  - DO NOT SWITCH OFF THE A/SKID & NWS: THE ANTISKID FUNCTION LIMITS THE EFFECT OF RESIDUAL BRAKING, AND PREVENTS TIREBURST.»

Además, Airbus modificó su «Standard Operating Procedures», apartado 3.03.19 del «Flight Crew Operating Manual» (FCOM), para incluir la información relevante del télex.

Antes del incidente, estas recomendaciones no estaban recogidas en ningún documento de Airbus.

### **1.18.2. *Historial de casos similares***

El fabricante de la aeronave indicó que tenía constancia de diversos casos de aparición de presión residual en vuelo, y que se sabía que la mayoría de esos avisos eran espurios (véase apartado 1.6.3 con mención al TFU emitido para tratar el asunto). Ningún fallo del sistema de frenos detectado en vuelo había provocado un incidente que acabara en reventón de ruedas durante el aterrizaje.

El operador informó (véase punto 1.6.3) que en el año 2001 hubo un largo período durante el cual el avión EC-GUP estuvo afectado por presión residual, y trabajaron con Airbus para resolver el problema.

**1.18.3. *Otras acciones de seguridad tomadas por el fabricante***

Además del télex mencionado en 1.18.1, el fabricante inició una revisión de sus procedimientos de comprobación del sistema de frenos en la línea final de montaje y modificó partes del manual de mantenimiento asociados al cilindro maestro.

También inició el estudio de una posible modificación del diseño del cilindro maestro para evitar que factores medioambientales pudieran provocar la aparición de presión residual en el sistema de frenos.

**1.19. **Técnicas de investigación útiles o eficaces****

Ninguna.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Operación durante el vuelo Madrid-Tenerife

Al bajar el tren durante el descenso a Tenerife la tripulación observó en la página WHEEL del ECAM que las 24 rayas que representan los frenos de las ruedas de la pata izquierda estaban iluminadas en ámbar, indicando que tenían presión.

En esas condiciones, no chequearon el indicador triple de presión situado en el panel central, que les hubiera permitido ver que la presión residual del lado izquierdo estaba en el sistema alternativo de frenos, no en el normal.

En cualquier caso, aunque los indicios apuntan a que la tripulación no reconoció el origen y posibles efectos del problema y lo achacaron a una posible «indicación espuria» del sistema de frenos, tomaron la decisión acertada de aterrizar con el sistema «anti-skid» conectado, lo cual era correcto, y sin «autobrake», como estaban acostumbrados a realizar en ocasiones a discreción del comandante.

Sin embargo, decidieron retrasar la aplicación de frenos para prevenir posibles problemas de frenada en caso de que realmente hubiese un malfuncionamiento del sistema, en lugar de un fallo de indicación como habían sospechado. Esta decisión provocó que durante todo el tiempo en el que no se presionaron los pedales de frenos, el sistema alternativo seguía activo y, por tanto, los 900 psi de presión residual que había en el lado izquierdo se transmitían a las ruedas de la pata izquierda, con lo que el avión comenzó a desviarse hacia ese lado. En el mismo momento de tocar tierra hubo varias caídas de presión en los frenos de la pata izquierda ordenadas por el sistema «antiskid» de modo intermitente, de modo que las ruedas no reventaron.

El copiloto, que era el PF durante el aterrizaje, aplicó timón de dirección derecho, lo que era consistente con su intento de retrasar la frenada, hasta que la desviación se hizo muy importante, aproximándose el avión hasta a 8 m del borde izquierdo de la pista 12 y notó que disminuía la efectividad del timón al bajar la velocidad. En esos momentos, aplicó enérgicamente pedal de freno derecho y también pedal izquierdo, hasta que el avión se desvió a la derecha del eje de la pista y se detuvo. La aplicación de pedal derecho empezó cuando el avión llevaba entre 60 kt y 70 kt de velocidad respecto a tierra, y alcanzó su máximo valor cuando esa velocidad era de 50 kt.

En el momento de la aplicación de pedales, entró el sistema verde o normal de frenos y la presión residual del sistema alternativo cayó hasta 0 psi. Sin embargo, cuando la velocidad del avión bajó por debajo de 80 kt, todavía había 900 psi de presión residual porque aún no se habían presionado los pedales de frenos, y la inhibición del aviso de presión residual en vuelo cesó, con lo que dicho aviso apareció en el ECAM (véase punto 1.6.4.4).

El resultado de todas estas circunstancias fue que la tripulación quedó sorprendida por el comportamiento del avión, achacándolo a malfuncionamiento del sistema de frenos que se mantuvo durante la carrera de aterrizaje, y que los frenos se calentaron hasta hacer aparecer el correspondiente aviso del ECAM. Sin embargo, la presencia del sistema «antiskid» garantizó en todo momento una eficaz acción de frenada sin que reventaran las ruedas.

Una vez hubieron abandonado la pista, la tripulación procedió a resetear la BSCU. Si en esos momentos hubieran chequeado el indicador triple o la página de ruedas del ECAM, hubieran comprobado que ya no había presión residual, y por tanto esa acción, que es requerida por el Manual de Operaciones del operador si aparece el aviso durante el rodaje, no era necesaria. Los procedimientos del fabricante indican en un capítulo que hay que llamar a mantenimiento si ese aviso aparece al poner en marcha los motores o durante el rodaje, y en otro («Supplementary techniques» 3.04.32 P1) que la tripulación puede resetear la BSCU. Esto es aplicable cuando el avión está en tierra.

### **2.2. Acciones de mantenimiento en Tenerife Norte**

Al llegar el avión a la plataforma, la tripulación comentó con el personal de mantenimiento las circunstancias que habían afrontado durante el aterrizaje. En esos momentos, el problema inmediato que tenía el avión era una alta temperatura de frenos, que empezó a ser refrigerada mediante el uso de ventiladores.

De las informaciones recopiladas, se deduce que el personal de tierra era plenamente consciente del problema de presión residual que había aparecido. De hecho, vieron en el «Post-Flight Report» proporcionado por el avión que estaba escrito que también había aparecido el aviso de «Brakes Residual Braking», a las 9:12 h y en fase de «Cruise 06». Este aviso de precaución no fue mostrado a la tripulación en esos momentos, ya que se encuentra inhibido. Durante la carrera de aterrizaje, por debajo de 80 kt, el aviso se mostró alrededor de las 9:22 h, cuando desapareció la inhibición.

Sin embargo, la tripulación no había reseñado ninguna anomalía en el Parte de Vuelo, ni la aparición de presión residual, ni el desvío durante la carrera de aterrizaje, ni la alta temperatura de frenos.

Por ello, el personal de tierra emprendió acciones para determinar el origen de la presión residual, pero tampoco anotó nada en el parte de vuelo. Los procedimientos de mantenimiento indican que si el personal de tierra detecta alguna anomalía, debe anotarlo en el parte de vuelo aunque no haya sido previamente reportada por la tripulación.

Después, los datos recabados apuntan a que mientras el mantenimiento en línea intentaba contactar con otros departamentos del operador para recabar información

de soporte para tratar el problema de presión residual, se empezó el embarque de pasajeros para el vuelo de vuelta Tenerife-Madrid. Este hecho debió producir estrés adicional en cuanto a la necesidad de despachar el avión lo antes posible. En cualquier caso, habida cuenta de que los avisos habían desaparecido y de que no se podía contactar con personal de apoyo en Barajas, se completó el apartado de «Inspección de Tránsito efectuada» del Parte de Vuelo y, como no había ninguna anomalía reportada en dicho Parte, en teoría tampoco había nada que corregir, con lo que se cerraron puertas y el comandante decidió iniciar el vuelo, entendiendo, según su declaración, que el avión se había dado como apto para el servicio. Después del embarque, por fin se pudo contactar con el personal de mantenimiento en Madrid, y la situación fue comentada pero sin que se iniciasen nuevas labores de mantenimiento. El personal de tierra dio instrucciones adicionales a la tripulación, que a su vez había decidido que si durante el rodaje aparecía cualquier malfuncionamiento o aviso relacionado con el sistema de frenos, regresarían al aparcamiento para acciones de mantenimiento adicionales.

El comandante no completó el apartado de «Recepción del Avión» del siguiente Parte de Vuelo que correspondía al vuelo del incidente.

Se considera que es posible que se produjese una cierta duda o malentendido sobre quién tenía la autoridad última sobre la aeronave en cada momento, pero hubiera sido necesario realizar esfuerzos adicionales para comprender con detalle las causas y los posibles efectos de la presión residual en el sistema de frenos. La prueba de la BSCU fue iniciada pero no completada. Por lo tanto, las acciones de mantenimiento que se pretendían no fueron completadas. En este caso, el hecho de que el avión se hubiera desviado a la izquierda y las muy altas temperaturas que se alcanzaron, incluyendo el hecho de que saliese humo de las ruedas, debería haber sido suficiente para eliminar cualquier duda sobre una posible naturaleza espuria del fallo. Debería haber estado claro que la presión residual había sido real durante el aterrizaje y, por tanto, se necesitaba más labor de mantenimiento para la detección y corrección de fallos.

Cuando el avión comenzó a rodar de nuevo, el aviso «RESIDUAL BRAKING» había desaparecido y la tripulación no informó de problemas en la controlabilidad del avión durante el carreteo hacia la pista y el despegue.

### **2.3. Operación durante el vuelo Tenerife Norte-Madrid-Barajas**

Después del cierre de puertas y rodaje para el despegue en Tenerife, la tripulación concluyó que el sistema de frenos funcionaba con normalidad, y procedió al despegue tras el cual se dejó el tren fuera durante un tiempo para enfriar los frenos cuya temperatura seguía siendo un poco alta. Durante el vuelo de regreso a Madrid, la tripulación disponía de al menos dos horas para estudiar las acciones a tomar si la anomalía de presión residual se volvía a repetir en el descenso.

Los datos del DFDR indican que no desplegaron páginas del ECAM para chequear el estatus de varios sistemas como indica el Manual de Operaciones (2.01.52, 15-09-200, «Vigilar la evolución de los parámetros de los sistemas de motor y avión a través del ECAM, llamando regularmente las diferentes páginas...»).

Durante el descenso hacia Madrid, la presión residual en el lado izquierdo del sistema alternativo de frenos había empezado a aumentar progresivamente cuando el avión estaba a 13.000 ft.

A las 12:58:02 h, la página WHEEL del ECAM se desplegó y permitió a la tripulación detectar esa presión, ya que vieron de color ámbar las 24 barras que representan los frenos de la pata izquierda.

La reacción de la tripulación fue resetear la BSCU, moviendo a OFF y luego a ON el interruptor del ANTI SKD & NW STRG, pero las barras ámbar no desaparecieron.

Ante esta situación, la tripulación expresó su preocupación, dado que tenían el antecedente de lo sucedido al aterrizar en Tenerife, donde el desvío de la pista había sido achacado por ellos a un malfuncionamiento de algún componente del sistema de frenos durante la carrera de aterrizaje.

La presión residual seguía aumentando y se alcanzaron los 500 psi en el momento en que se bajó el tren de aterrizaje, a las 12:58:38 h y estando el avión a unos 4.000 ft. En ese momento, se desplegó automáticamente la página WHEEL del ECAM y el avión realizó varios chequeos funcionales del sistema hidráulico, de modo que se conectó momentáneamente el sistema normal de frenos y la presión residual del lado izquierdo cayó hasta que los chequeos acabaron y de nuevo se conectó el sistema alternativo y la presión residual volvió a sus valores previos.

Volvieron a realizar otro «ciclo» de reseteo de la BSCU, que duró unos 24 seg. Esta acción, una vez bajado el tren de aterrizaje, contravenía los procedimientos operacionales del avión, y fue infructuosa para hacer desaparecer las barras de color ámbar, aunque probablemente desaparecieron momentáneamente durante el reseteo, mientras la BSCU se apagaba y encendía.

Si la tripulación hubiera chequeado e interpretado correctamente el indicador triple, habrían notado que esa presión residual estaba en el sistema alternativo de frenos, que no es controlado por la BSCU. Esto les podría haber llevado a concluir que los reseteos de la BSCU no surtirían efecto en la presencia de la presión residual.

En esas condiciones, hubo una conversación en cabina en la que se expuso como posibilidad el desconectar el «antiskid», con la intención, según lo declarado por la tripulación con posterioridad, de evitar que sistemas electrónicos no controlados por los pilotos aplicasen o redujesen presión de frenada en las inciertas condiciones en las que

parecía encontrarse el sistema de frenos. Finalmente, se desconectó de nuevo el interruptor del A/SKID & N/W STRG y se mantuvo así durante el resto de la aproximación y el aterrizaje, de modo que se eliminó la posibilidad de que actuase el sistema normal de frenos (que no tenía presión residual y que hubiera entrado en acción al pisar los pedales durante el aterrizaje).

El sistema de frenado automático estaba desarmado, y, en cualquier caso, tampoco hubiera funcionado al estar el sistema «antiskid» desconectado.

El avión continuó su aproximación y la tripulación estuvo discutiendo el posible comportamiento que tendría el sistema durante el aterrizaje. Las conversaciones indicaban que había ciertas dudas sobre el funcionamiento del sistema de frenos en las condiciones en las que se encontraba. El copiloto procedió a leer en voz alta la parte correspondiente del Manual de Operaciones, recordando que la presión debía ser chequeada en el indicador de frenos y que no debía superar los 1.000 psi en ningún caso, o reventarían las ruedas.

Casi simultáneamente con el momento en el que la torre les autorizó a aterrizar en la pista 33, con viento 210° y 10 kt, la tripulación decidió tomar muy cerca del inicio de la pista y no tocar los frenos y meter reversa a tope. En esos momentos, sonó un aviso de «Glide slope» del GPWS, con el avión a 600 ft de radio altitud. El piloto a los mandos dijo que no había que hacer caso a ese aviso ya que, según declaró posteriormente, deseaba realizar una aproximación algo baja.

Lo cierto es que, con el tiempo empleado en la revisión del sistema de frenos en los manuales y en decidir qué hacer respecto a la presión residual, es muy probable que no se leyera y completara la lista de chequeo de final (apartado 2.01.63 del Manual de Operaciones del operador). Una de las consecuencias de este hecho fue que los spoilers no se armaron para el aterrizaje.

Tampoco se dio ninguna instrucción especial al pasaje ni se avisó a la torre de que se podía prever alguna anomalía con el sistema de frenos, lo que hubiera permitido a los bomberos tomar posiciones con antelación. Al igual que había sucedido en Tenerife Norte, como mínimo se podía esperar una alta temperatura de frenos que incluso había provocado humo visible en aquel aeropuerto.

Estos hechos hay que enmarcarlos en una situación de alta carga de trabajo y cierta incertidumbre en cabina. La carga de trabajo estaría motivada por la evaluación mental de las posibilidades de malfuncionamiento de frenos y sus acciones correctoras, y la consulta del manual, que a la postre absorbieron casi toda la atención de la tripulación en esos momentos finales de la aproximación. Pese al tiempo disponible durante el vuelo de crucero, lo cierto es que la tripulación se vio abocada a afrontar el problema, buscar información y tomar decisiones en los momentos previos al aterrizaje, después de bajar el tren.

El avión flotó durante 3 seg en la rotación final hasta que tocó tierra con las patas izquierda y derecha a unos 240 m más allá del umbral de la pista 33, a las 13:03:27 h. Puesto que el «antiskid» estaba inactivo, no hubo una disminución momentánea de la presión residual como había ocurrido al tocar tierra en Tenerife. De ese modo, cuando tocaron tierra, las ruedas de la pata izquierda estaban bloqueadas y es muy probable que reventaran poco después.

Unos 7 seg después el copiloto preguntó si el avión se desviaba. El comandante y PF contestó: «De momento no» para añadir dos segundos después: «Sí se va, sí» y luego «Un poquito sí se va». Otros siete segundos más tarde el comandante le dijo al copiloto que metiera pie y después que frenara con el derecho. El copiloto respondió que ya estaba frenando.

A las 13:03:45 h el pedal derecho de freno fue pisado hasta el tope, provocando que la presión del sistema alternativo alcanzara en el lado derecho hasta 2.500 psi, y que la presión del lado izquierdo descendiera de los 800 psi de presión residual que había acumulado durante el vuelo hasta 600 psi.

El pedal izquierdo no fue pisado en ningún momento y el avión se detuvo finalmente con todas las ruedas reventadas.

Según las marcas de frenada que se observaron en la pista 33 después del incidente, el primer punto en el que se aprecian claramente marcas de ruedas reventadas en el lado izquierdo está 630 m más atrás del punto en el que la aeronave quedó detenida (a unos 900 m del umbral de la pista 33). Esto indicaría que inicialmente el avión tocó tierra (a 240 m del umbral) y la presión residual de 800 psi que se había acumulado en el vuelo empezó a actuar en el lado izquierdo. Para evitar el desvío del avión hacia ese lado, el PF aplicó más y más timón de dirección, en un escenario parecido al ocurrido en el aterrizaje anterior en Tenerife, aunque esta vez con 800 psi en lugar de los 900 psi de Tenerife. En un momento dado, las ruedas izquierdas reventaron debido a que habían tocado tierra ya bloqueadas por la presión residual, y a partir de ese punto, en el que el avión tenía una velocidad en torno a 100 kt, el control direccional fue mucho menor al combinarse disminución de efectividad del timón de dirección con efecto del reventón de las ruedas, que inicialmente disminuía la fuerza de frenada de ese lado.

De ese modo, el avión se desvió en esa zona a la derecha del eje de la pista, para irse después decididamente hacia la izquierda comenzando a unos 100 m antes del cruce con la pista 36R. Este hecho pudo deberse a la continuada disminución del efecto del timón unida a la desaparición de parte de las cubiertas de las ruedas y comienzo de rozamiento de la pista con las llantas y paquetes de frenos de las ruedas de la izquierda.

En esas condiciones, el PF decidió aplicar freno derecho y 40 m después de cruzar la pista 36R el pedal derecho comenzó a ser presionado hasta que alcanzó su tope cuan-

do el avión se encontraba a unos 73 m más allá del cruce citado, que es el punto en el que aparecen por primera vez huellas de las ruedas derechas en la pista. Estas huellas mostraban una frenada muy fuerte hasta que las ruedas reventaron debido a que se alcanzaron presiones muy elevadas de hasta 2.500 psi en el lado derecho. Esa frenada en el lado derecho evitó que el morro del avión se siguiera desviando más hacia la izquierda del eje y le hizo describir una trayectoria recta hacia el borde de la pista.

Las ruedas izquierdas cruzaron la línea blanca de borde de pista a unos 120 m del punto en el que quedaron finalmente detenidas, mientras que las ruedas derechas quedaron detenidas justo encima de esa raya de borde de pista (véase la línea blanca en la Figura 6).

Finalmente, la acción de frenada (aunque disminuida por los reventones de todas las ruedas) y la de las reversas de empuje que habían sido desplegadas tras tocar tierra, permitieron detener el avión con la rueda izquierda más allá de la línea de balizas luminosas de borde de pista aunque todavía en zona asfaltada.

#### **2.4. Actuaciones después del incidente**

Las informaciones recopiladas indican que, pese a no estar advertidos con antelación, a las 13:09:55 h, es decir, al cabo de unos 3 min y 55 seg de recibir el aviso desde la torre, los bomberos habían apagado las llamas de las ruedas y tenían la situación bajo control. La tripulación tardó algún tiempo en recibir información desde el exterior sobre la situación en la que se encontraba la aeronave.

La aeronave quedó detenida sobre las 13:05 h (reloj de torre de Barajas), y a las 13:05:41 h otra aeronave informó por radio de que las ruedas estaban en llamas. Inicialmente, la tripulación estuvo evaluando la necesidad de apagar los motores, avisar a la tripulación de cabina para que estuviesen preparados o de ordenar evacuación. Entre tanto, llamaron a su compañía para solicitar asistencia. Veían bomberos alrededor del avión pero no tenían indicios de fuego o fuerte humo. A las 13:08:24 h se dirigieron a los pasajeros y tripulantes de cabina para indicarles que se mantuvieran sentados y sin usar los teléfonos móviles.

Por lo tanto, hubo un tiempo de unos 3 min y 24 seg desde que la aeronave se detuvo hasta que se avisó a los pasajeros. En ese tiempo la tripulación tuvo una cierta carga de trabajo al tener que comunicar con la torre, monitorizar los sistemas de la aeronave después de que hubo quedado detenida y evaluar mentalmente la información disponible, que era incompleta en un primer momento, y las opciones a seguir antes de informar a los pasajeros.

De la información recogida también se deduce que los servicios de control de tráfico aéreo y aeroportuarios funcionaron de modo correcto y coordinado en todo momento.

La controladora de servicio de local que operaba con la pista 33 para arribadas mantuvo la situación bajo control en todo momento. La pista 36R se revisó de inmediato y quedó abierta para aterrizajes sobre las 13:16 h (unos 11 min después de que el avión quedase detenido tras el incidente).

### 2.5. Origen de la presión residual

Las pruebas efectuadas tras el incidente en el avión y en las instalaciones de Messier-Bugatti han permitido determinar que el origen de la presión residual en el sistema alternativo de frenos de las ruedas de la pata izquierda de la aeronave EC-IDF fue el cilindro maestro P/N C24592020, S/N H2121 que, una vez desmontado, tenía una longitud de 170,31 mm (el valor nominal era entre 170,050 mm y 170,100 mm) y un recorrido muerto de 0,58 mm (el valor nominal era entre 0,40 mm y 0,50 mm).

Estas dimensiones hacían que al montar el cilindro en el avión debiese comprimirse, de modo que el recorrido muerto pasaba a ser de 0,37 mm, lo cual es 0,03 mm por debajo de la tolerancia más baja de la especificación nominal.

En esas condiciones, el sistema alternativo de frenos podría funcionar de modo normal durante muchos vuelos o en muchas fases del mismo, con la única diferencia que el avión empezaría a frenar con un ángulo de deflexión de pedal ligeramente inferior al nominal. Sin embargo, debido a la expansión térmica del fluido hidráulico durante el descenso desde vuelo de crucero, en determinadas condiciones, es probable que se produjese un cegado de ese recorrido muerto, impidiendo así el retorno de fluido hidráulico desde la cámara C1 a la cámara C2 del cilindro, y produciéndose así la presión residual.

El cilindro maestro había pasado su control de calidad tras fabricación el 13-6-2000, y se midió que su recorrido muerto era entonces de 0,44 mm y su recorrido total 21,90 mm, con el diagrama carga-desplazamiento dentro de tolerancias. La longitud total del cilindro no era un dato que hubiera de anotarse durante ese ensayo de aceptación. Por tanto, no pudo documentarse si el cilindro ya estaba fuera de tolerancias en cuanto a longitud cuando se fabricó o si el desajuste se produjo con posterioridad, aunque es más probable la primera hipótesis.

El subcomponente interno defectuoso que estaba provocando la diferencia de longitud real respecto a la nominal, o la pieza del cilindro que en último término era responsable de la aparición de presión residual, no pudo identificarse. No se recibió un análisis detallado del comportamiento del componente por parte de Messier-Bugatti.

Por otro lado, aunque Airbus efectúa vuelos de prueba tras fabricación de sus aeronaves que tienen una duración de unas 3 horas y media, de las cuales hay dos horas a altitud de crucero, y también el operador llevó a cabo un vuelo de prueba de acepta-

ción, esos vuelos no detectaron ninguna presión residual. Puesto que los vuelos no incluían largas etapas de crucero a gran altitud, es probable que no provocasen cambios térmicos lo suficientemente importantes durante el descenso. Sin embargo, el vuelo Tenerife-Madrid tenía un perfil comparable al del vuelo de prueba y sí apareció presión residual.

## 2.6. Historial previo de indicación de presión residual

La aeronave había sido entregada por el fabricante al operador en mayo de 2002. Hasta la fecha del suceso había completado un total de 131 ciclos de vuelo.

Del 7 al 11 de junio de 2002 se reportaron hasta cinco anomalías de presencia en vuelo de presión residual en las ruedas de la pata izquierda con aumento importante de temperatura de frenos en el aterrizaje en algunas ocasiones.

Uno de los reportes indicaba: «En el descenso con configuración limpia se enciende brakes residual braking on brake 1, 2, 5 y 6, en parking 500 °C + de temperatura alcanzados». Otro decía: «En aprox. presión residual en frenos pata izda. Se soluciona tras varios resets del nose wheel steering (había indicación de presión en el indicador de frenos) a la vez que presionando el freno al mismo tiempo. Ver reportes anteriores».

Además, en el año 2001 hubo un largo historial de presión residual que afectó al A-340 EC-GUP de Iberia. El problema fue reportado a Airbus, que trabajó con el operador para resolver el problema. El TFU 32.42.21.002 indicaba que «Los reportes del operador han mostrado que los avisos ECAM “Brakes residual braking” son a menudo espurios», aunque también se decía que podían ser reales y se necesitaría más acciones de mantenimiento para confirmar el fallo. Airbus declaró que nunca fueron formalmente informados de los resultados de las acciones de mantenimiento que habían recomendado para el EC-GUP.

Por lo tanto, el mantenimiento y algunos pilotos del operador ya estaban familiarizados con el problema, y al menos en un caso se habían usado varios resets del sistema «anti-skid» para hacer desaparecer la presión, aunque con el añadido fundamental de «a la vez que presionando los frenos». El accionamiento del pedal fue recomendado por Airbus, después del incidente, como el modo de eliminar la presión residual si aparece en vuelo (véase Apartado 1.18.1). Con anterioridad, el fabricante no estaba familiarizado con este problema, ya que, según la información recopilada, nunca había recibido comunicación de aparición real de presión residual en vuelo ni de Iberia ni de ningún otro operador, y achacaba cualquier indicio de presión residual a indicaciones espurias, por lo que recomendaba resetear la BSCU en determinadas circunstancias.

Estos cinco reportes de anomalías podían haber contribuido a evitar el incidente el día 7-9-2002 si, desde un punto de vista de operación, se hubiera diseminado esa infor-

mación de anomalías entre las tripulaciones de A-340, es posible que los pilotos del vuelo del incidente hubieran estado familiarizados con la situación y con las acciones que se habían tomado en casos similares.

También si, desde el punto de vista de mantenimiento, hubieran sido investigados por el personal del operador de manera más profunda, contactando con el fabricante según fuera necesario, es posible que el origen de la presión residual se hubiera detectado en esos momentos. El fabricante declaró que las altas temperaturas (que aparecieron en los primeros dos reportes) eran claros indicios de que la presión residual no era espuria. Además, el análisis del TSM llevado a cabo por el fabricante mostraba que, con las pistas e indicaciones disponibles, la tarea 32-40-00-810-927 se debería haber aplicado, al menos a partir del tercer reporte de acuerdo a la introducción del TSM (véase 1.6.5).

Sin embargo, es dudoso que la aplicación de esta tarea por parte del personal del operador hubiera detectado el componente que fallaba y hubiese llevado a la sustitución del cilindro maestro. La tarea (véase 1.6.5) requiere una confirmación del fallo poniendo el freno de aparcamiento en OFF y mirando si hay presión residual en el indicador triple. Puesto que la presión residual ya había desaparecido después de los aterrizajes de junio, es posible que su interpretación hubiera sido la confirmación de que había fallado y por lo tanto el resto de la tarea del TSM no habría sido completada. Aparentemente, no eran conscientes del concepto de fallo intermitente mencionado en la introducción del TSM.

Puesto que el TSM ha sido ideado para aislar o detectar averías permanentes («hard faults»), se considera que la posibilidad de despachar el avión hasta que hayan ocurrido tres reportes de la misma malfunción o fenómeno intermitente debería ser analizada más profundamente por el fabricante, y se deberían proporcionar algunas guías adicionales en la introducción del TSM. Para evitar cualquier confusión, se debería subrayar en las partes pertinentes del TSM que todas las evidencias disponibles se deben considerar cuidadosamente antes de despachar el avión de nuevo después de la primera y la segunda ocurrencia de malfunciones.

El operador también declaró que consideraba que las instrucciones del TFU se debían aplicar en primer lugar, y esas instrucciones no eran consistentes con las contenidas al respecto en el TSM (es decir, el TFU no relacionaba la tarea pertinente del TSM). Por lo tanto, aplicaron sólo el TFU los dos primeros días de reportes.

El tercer día (en el cual no había alta temperatura reportada) también chequearon los transductores, el estatus y condición de la válvula dual, cilindro maestro y filtro, y llevaron a cabo una prueba del sistema y una prueba de la BSCU. Los transductores, válvula dual, cilindro y filtro se mencionan en la tarea -927 (véase punto 1.6.5), aunque no se anotó ninguna tarea específica en el registro técnico del avión y no se sustituyó ningún componente.

El cuarto día (en el que no hubo reporte de alta temperatura) sólo se realizó un test de la BSCU y reset, lo cual correspondería a las instrucciones del TFU.

El quinto y último día (en el que no hubo reporte de alta temperatura), parece que se realizó una mezcla de tareas de mantenimiento, incluyendo comprobación de la presión en la pata izquierda, limpieza de los transmisores, test de la BSCU y comprobación de libre giro de las ruedas. Entonces los reportes cesaron.

El operador declaró, hacia el final de la investigación, que ese día (11 de junio de 2002) llevaron a cabo una prueba operacional del sistema de frenos, para asegurar que estaba libre de problemas. Este ensayo es la última acción de la tarea -927 del TSM.

El fabricante declaró que el manual apropiado para ser aplicado era el TSM, independientemente de otra información específica de mantenimiento que se pudiera haber emitido. El TFU no fue revisado para que estuviera de acuerdo con las tareas del TSM. Este TFU fue cerrado en agosto de 2003, una vez que Airbus emitió los Boletines de Servicio A340-32-4187 y A340-32-4193 para resolver el problema de indicaciones espurias. Se considera conveniente emitir una recomendación de seguridad sobre la necesidad de consistencia de toda la documentación de mantenimiento.

Además, parece que existían diferentes interpretaciones sobre qué hacer después de la «Confirmación del fallo» de la tarea 32-40-00-810-927, porque el personal de mantenimiento parecía no ser consciente del concepto de fallo intermitente del TSM, y por lo tanto se emiten dos recomendaciones de seguridad al respecto.

En suma, parece que la naturaleza intermitente de la presión residual, junto con diferencias de interpretación de la documentación de mantenimiento o falta de conocimiento sobre el significado de «confirmación de fallo» en los casos de «fallos permanentes» y «fallos intermitentes», enmascaró la solución del problema.

El operador también declaró que solían comunicar con el fabricante en muchos otros casos de malfuncionamientos reportados por las tripulaciones de vuelo.

El principal factor que influyó en que no se comunicasen al fabricante las anomalías indicadas fue la conciencia entre el personal de mantenimiento, e incluso entre las tripulaciones de vuelo, del largo historial de avisos espurios asociados a la BSCU, tanto en A-340 (incluyendo el EC-GUP en el año 2001) como en A-320, reflejada en TFU y FOT del fabricante. La mayoría de las correcciones de las anomalías indicadas incluyeron pruebas de los canales de la BSCU. En ocasiones, el resultado correcto de esas pruebas resultó en la conclusión de que el aviso se debió a un posible malfuncionamiento transitorio de este componente.

Parece claro que este factor influyó tanto en las acciones que el mantenimiento en línea realizó en Tenerife como en las decisiones de la tripulación. Al historial de avisos espurios

rios se añadía el hecho de que se trataba de un avión nuevo entregado recientemente, por lo que la experiencia indicaba que, en el caso de una indicación sin razón aparente, la probabilidad de que esa indicación fuera espuria era mayor en ese periodo.

En cualquier caso, aparte de cualquier historia de indicaciones espurias y de interpretaciones de la documentación de mantenimiento disponible, había indicaciones en algunos de los casos reportados en el año 2002 (como alta temperatura después del aterrizaje) para indicar que la presión podría haber sido real, aunque tuviera un carácter intermitente, y que se necesitaban más acciones de mantenimiento.

Teniendo en cuenta el tipo de mantenimiento llevado a cabo antes del incidente, se considera necesario emitir dos recomendaciones de seguridad sobre la mejora de análisis de reportes de fallos intermitentes y mejora del entrenamiento del personal de mantenimiento enfocado al análisis de fallos intermitentes.

Después del 11-6-2002, no aparecen más casos reportados de presión residual hasta que el avión sufrió un impacto de pájaro el 28-7-2002 y quedó en reparación hasta el 7-9-2002, día en el que ocurrió el incidente.

Por lo tanto, desde el 21 de mayo (inicio de operación del avión) hasta el 6 de junio no hubo ningún reporte de presión residual. Del 7 al 11 de junio hubo inco reportes seguidos de presión residual, y ésta desapareció o, al menos, ya no fue detectada por las tripulaciones hasta que volvió a aparecer en los dos primeros vuelos tras el impacto de pájaro (Madrid-Tenerife y Tenerife-Madrid).

No se han encontrado evidencias que expliquen este comportamiento. Una hipótesis es que las labores de mantenimiento realizadas durante la corrección de las cinco anomalías, junto con las frenadas durante esos aterrizajes, terminasen por «reajustar» de algún modo el cilindro maestro izquierdo. Después, en las reparaciones efectuadas tras el impacto de pájaro, los pedales de frenos fueron desmontados y vueltos a montar, aunque se desmontaron como «conjunto completo» unido a secciones del fuselaje, sin que se desmontaran partes o subcomponentes de ese conjunto de pedales. En el apartado 1.16 se explica que el reglaje de pedales se consideró correcto en la prueba efectuada por Airbus tras el incidente.

En cualquier caso, puede concluirse que las tolerancias y ajustes del cilindro maestro son tan ajustadas, que en determinadas condiciones puede haber susceptibilidad a condiciones medioambientales simplemente con desviaciones muy pequeñas de esas tolerancias.

Parece claro que sería positivo que el diseño del cilindro se modificara para hacerlo más resistente a la influencia de los mencionados factores. Airbus ya ha iniciado esta y otras acciones de seguridad (véase 1.18.3). Se considera conveniente emitir una recomendación de seguridad al respecto.

## 2.7. Idoneidad de los procedimientos operacionales

El Manual de Operaciones del operador no contenía ningún procedimiento a aplicar en el caso de que se detectase presión residual en vuelo. Tampoco lo había entre los Procedimientos Operacionales Estándar (SOP) del fabricante.

Ante esa situación, una tripulación que afrontase esa situación tenía las siguientes opciones:

- No tomar ninguna acción, con el razonamiento de que si el Manual de Operaciones no dice nada, es que no hay que hacer nada, y tomar tierra de modo normal, con «antiskid» conectado y sin retrasar la aplicación de frenos. Si se hubiese hecho así en el aterrizaje en Barajas, el resultado hubiera sido que al tocar tierra (si el «auto-brake» hubiera estado armado) o al aplicar freno izquierdo, la presión residual se hubiera eliminado y la frenada hubiera sido normal.
- Buscar asesoramiento sobre los efectos de la indicación de presión residual y las acciones a tomar. Este asesoramiento podría haberse buscado tras el aterrizaje en Tenerife, pero en vuelo, durante la aproximación final a Barajas, y una vez bajado el tren, era mucho más complicado, pues obligaba a realizar una aproximación frustrada y a intentar comunicar con personal en tierra del operador.
- Tomar a bordo la decisión de emprender alguna acción mitigadora de los posibles efectos de esa indicación basándose en la experiencia previa. Ése fue el camino emprendido por la tripulación en este caso, usando la experiencia negativa que habían tenido al tomar en Tenerife en las mismas condiciones de presión residual, de modo que decidieron desconectar el «antiskid» y retrasar la aplicación de frenos tanto como fuera posible durante el aterrizaje.

Después el incidente, el fabricante emitió un télex a los operadores (véase apartado 1.18) y modificó sus SOP para clarificar las acciones que debe tomar la tripulación en esa situación. Entre estas acciones se encuentra el dejar conectado el sistema «antiskid» durante el aterrizaje y el presionar los pedales en vuelo para hacer desaparecer la presión residual.

Se considera que estas acciones son acertadas para prevenir sucesos similares, ya que los SOP no cubrían adecuadamente esta eventualidad, puesto que se describía una indicación (barras ámbar en la página WHEEL del ECAM) sin clarificar si aparecía en vuelo, en tierra o en ambos casos, y no se daban instrucciones sobre las medidas a tomar en ese caso.

Por ello, una tripulación enfrentada a esa situación en vuelo, sin haber recibido información previa de sucesos similares y sin haberla afrontado en entrenamiento, como según las declaraciones recopiladas así fue en este caso, podía verse sometida a cierta incertidumbre en cuanto a si la falta de procedimiento podía deberse a una omisión del manual más que a la voluntad de los diseñadores del sistema de que no era necesario tomar ninguna acción.

Por otro lado, se han observado las siguientes discrepancias entre el Manual de Operaciones del operador y los SOP del fabricante:

El fabricante recomienda explícitamente utilizar el «autobrake» excepto en pistas muy largas, en las que se prevé que no será necesario frenar, mientras el operador dice que en pistas de longitud normal y secas habitualmente no es necesario el uso de «autobrake».

El operador requiere realizar un reset de la BSCU si aparece un mensaje de «Brakes residual braking» en tierra, mientras que el fabricante requiere que se avise a Mantenimiento sin que la tripulación deba tomar ninguna otra acción al respecto en el correspondiente procedimiento, aunque sí permite realizar el reset en el Capítulo de «Supplementary techniques». El texto del FOT de Airbus sobre el asunto también mencionaba la posibilidad de que la tripulación realizara el reset.

Por las informaciones recopiladas, se deduce que existía una conciencia entre los operadores de que el uso del «autobrake» incrementaba apreciablemente el desgaste de los frenos de carbono y su calentamiento (lo que podía influir negativamente en la despachabilidad puntual de los vuelos). Por ello, en ocasiones se intentaba limitar su uso por las tripulaciones en pistas de longitud suficiente.

Después del incidente, el operador introdujo en su procedimiento el uso de «autobrake» en el Manual de Operaciones (2.01.63) en caso de que al bajar el tren se detectara presión residual de frenos

Aunque no hay requisito que obligue a que el Manual de Operaciones de un operador se ajuste completamente a los procedimientos recomendados por el fabricante, en este caso, en vista de que ambos aspectos pudieron haber influido, aunque de un modo indirecto, en el desenlace del suceso, se considera recomendable que el fabricante aclare si es pertinente o no que la tripulación efectúe un reset de la BSCU en tierra en caso de aviso de presión residual. El operador debería entonces adaptar su Manual de Operaciones de acuerdo a lo establecido por el fabricante, tanto en este aspecto como en el de uso de «autobrake».

### 3. CONCLUSIONES

#### 3.1. Compendio

1. Los pilotos tenían licencias en vigor y estaban adecuadamente cualificados para el vuelo.
2. Durante el descenso al Aeropuerto de Madrid-Barajas la presión residual del sistema alternativo izquierdo de frenos empezó a aumentar cuando la aeronave se encontraba a unos 13.000 ft de altitud hasta alcanzar 800 psi cuando la aeronave se encontraba a aproximadamente 500 ft de radio altímetro, aproximadamente a las 13:02:45 h.
3. Durante la aproximación al Aeropuerto de Madrid-Barajas, antes de bajar el tren de aterrizaje, la tripulación observó en la correspondiente página del ECAM que había presión residual en los frenos de la pata izquierda, y, ante la ausencia de procedimiento a aplicar, desconectó y volvió a conectar la BSCU. Después, seleccionó tren abajo y, con el tren extendido y bloqueado, desconectó la BSCU durante 24 seg y la volvió a conectar. Observaron que seguía habiendo presión residual en los frenos de la pata izquierda, y desconectaron de nuevo la BSCU moviendo el interruptor de A/SKID & N/W STRG a la posición de «OFF».
4. Durante la toma en la pista 33 del Aeropuerto de Madrid-Barajas los spoilers no estaban armados.
5. La aeronave tocó tierra con las patas izquierda y derecha del tren principal a unos 240 m del umbral de la pista 33, a las 13:03:27 h. A los tres segundos, se seleccionaron reversas de empuje, que funcionaron con normalidad, y los spoilers comenzaron a desplegarse.
6. El PF aplicó timón de dirección a la derecha, sin presionar los pedales de frenos, durante los primeros 18 seg de la carrera de aterrizaje.
7. Entre los 240 m y los 900 m del umbral de la pista 33, las ruedas de la pata izquierda del tren reventaron por efecto de haber tomado tierra ya bloqueadas debido a la presión residual.
8. A las 13:03:45 h, el pedal derecho de freno fue pisado hasta su tope (68°) y la presión en el sistema alternativo de frenos aumentó hasta 2.500 psi, cuando la aeronave se encontraba aproximadamente 70 m más adelante del cruce de la pista 33 con la pista 36R.
9. A 73 m del cruce de la pista 33 con la pista 36R aparecían marcas en la pista que indicaban que las ruedas de la pata derecha reventaron en esa zona al que-

dar bloqueadas por la presión de 2.500 psi aplicada mediante el pedal derecho de freno.

10. Las ocho ruedas de las patas izquierda y derecha del tren principal reventaron por fricción con la pista de aterrizaje. Las llantas 1, 2, 4, 5 y 6 presentaban roce con pérdida de material, por fricción con la pista de aterrizaje. Los conjuntos de freno 1, 5 y 6 presentaban fuerte roce con pérdida de material del soporte y el paquete de discos, por fricción con la pista de aterrizaje.
11. Había habido cinco reportes de anomalía que hacían referencia a la aparición de presión residual en vuelo entre el 7-6-2002 y el 11-6-2002. También había habido varios reportes en otro A-340 matrícula EC-GUP en noviembre de 2001, que habían sido notificados al fabricante.
12. La aeronave efectuó el día 7 de septiembre de 2002 su primer vuelo desde el 28 de julio de 2002, fecha en la que había sufrido un impacto de pájaro y fue sometida a la correspondiente reparación.
13. El cilindro maestro izquierdo, P/N 5422GG, S/N H2121, era el componente que provocó la aparición de presión residual en vuelo. Este cilindro tenía una longitud de 170,31 mm, que era 0,21 mm más larga de lo especificado. El recorrido muerto o «dead travel» del cilindro era 0,08 mm más largo del especificado. El subcomponente último dentro del cilindro maestro que estaba causando la presión residual no pudo ser determinado.
14. El Manual de Operaciones del operador, y los Procedimientos Operacionales Estándar (SOP) del fabricante, no contenían procedimientos a seguir por la tripulación en el caso de que se observase presión residual en vuelo. En ambos manuales se especifica que si el sistema «antiskid» está inoperativo, el frenado se realiza con el sistema alternativo, y la presión aplicada a los frenos no debe superar los 1.000 psi.

### 3.2. Causas

Se considera que la causa de este incidente fue el hecho de que, como consecuencia de la aparición de presión residual en vuelo en los frenos de las ruedas de la pata izquierda del tren principal de aterrizaje, debido a que el cilindro maestro izquierdo P/N 5422GG, S/N H2121 era defectuoso, y ante la ausencia de procedimiento operacional al respecto, la tripulación desconectó voluntariamente el sistema «antiskid» cuando la presión residual persistía, lo que provocó que las ruedas del tren principal izquierdo reventaran al tomar tierra.

Los siguientes factores pudieron haber evitado que la tripulación tomase la decisión de desconectar el sistema «antiskid» para aterrizar en Madrid-Barajas:

- La existencia en el Manual de Operaciones de instrucciones a seguir en el caso de aparición de presión residual en vuelo.
- El conocimiento por la tripulación afectada de los casos similares que se habían comunicado como anomalías durante el mes de junio de 2002.
- Un análisis más comprensivo de los reportes previos de presión residual.
- Un entrenamiento más detallado sobre el sistema de frenos durante los cursos de habilitación de tipo.

#### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Airbus emitió un télex a los operadores en octubre de 2002, y posteriormente modificó el FCOM para incluir instrucciones a la tripulación en el caso de aparición de presión residual en vuelo, e inició una revisión de sus procedimientos de comprobación del sistema de frenos en la línea de montaje del avión. También inició el estudio de una posible modificación del diseño del cilindro maestro para evitar la aparición de presión residual en vuelo.

Messier-Bugatti modificó en diciembre de 2002 sus procedimientos de control de calidad tras fabricación de cilindros maestros de modo que se midiese y registrase la longitud total de cada cilindro. No obstante, no se ha podido determinar cuál es el componente del cilindro maestro, y las condiciones ambientales de operación, que provocaron en último término la aparición de presión residual en vuelo. Por lo tanto, en aviones que lleven instalado ese tipo de cilindro maestro, es posible que dicha presión residual vuelva a aparecer durante la operación de A-340, y se considera necesario emitir una recomendación de seguridad al respecto.

Iberia declaró que habían establecido un «Centro de Control de Mantenimiento» (CCM) con el objetivo, entre otros, de mejorar la comunicación con unidades de mantenimiento fuera de su base principal.

**REC 09/04.** Se recomienda a la DGAC de Francia que, conjuntamente con Airbus y Messier-Bugatti, evalúe en profundidad las características de diseño, fabricación y mantenimiento de los cilindros maestros del sistema de frenos del A-340. Esta evaluación debería tener como objetivo el evitar que cilindros aceptados por los diferentes controles de calidad de los fabricantes tanto a nivel de componente, montaje final y ensayos en vuelo, pudieran dar lugar a la aparición de presión residual en el sistema de frenos en determinadas condiciones de servicio.

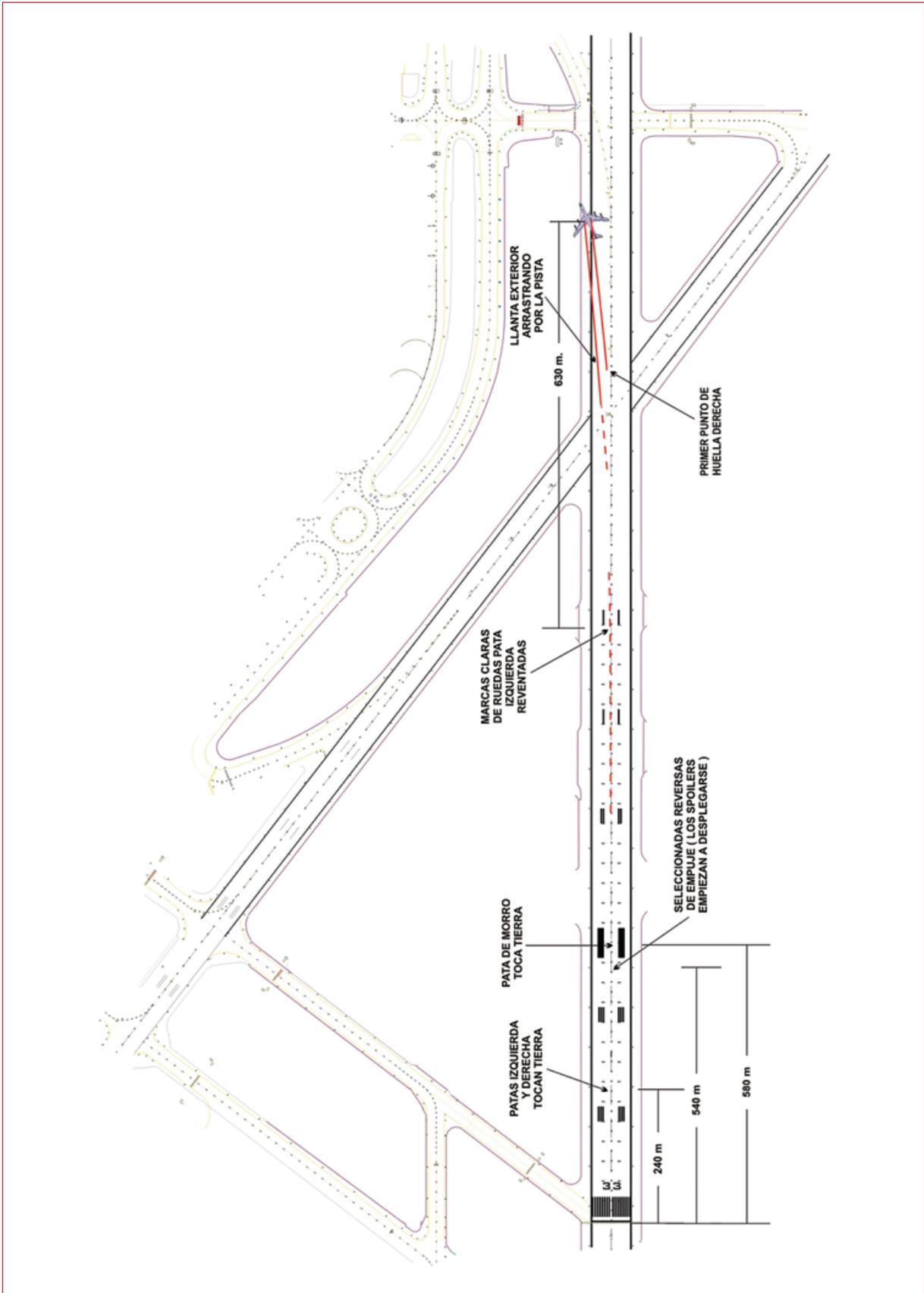
**REC 10/04.** Se recomienda a la DGAC de España que inste a Iberia a acometer acciones tendentes a mejorar los canales de comunicación entre sus departamentos, de modo que tanto el personal de mantenimiento y como el de vuelo pueda, en todo momento y desde cualquier aeropuerto, buscar asesoramiento rápido y efectivo de ingeniería de mantenimiento o de operaciones respecto a situaciones no adecuadamente cubiertas por los manuales a su alcance.

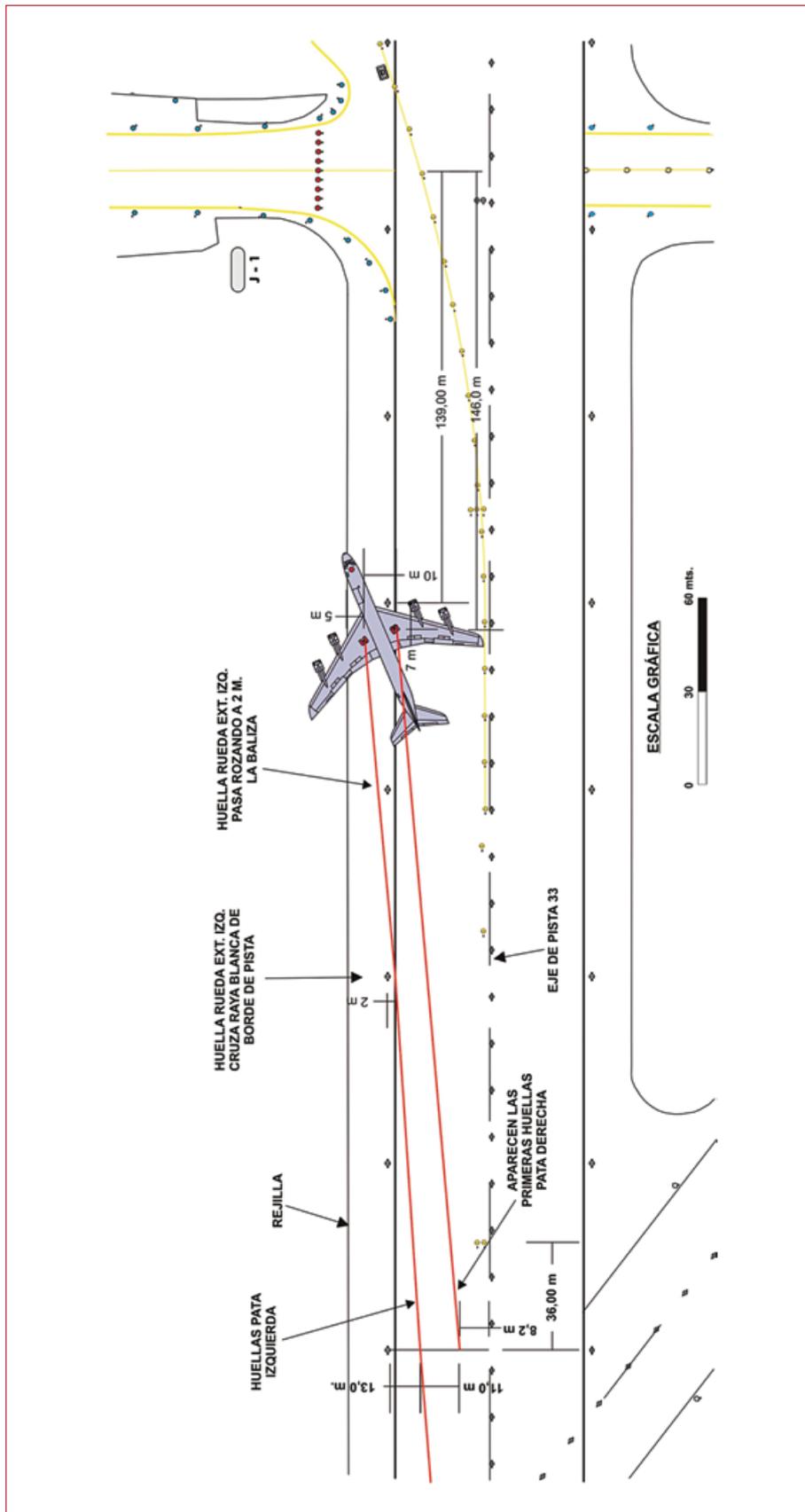
**REC 11/04.** Se recomienda a la DGAC de España que inste a Iberia a mejorar sus métodos de análisis de reportes de anomalías por parte de las tripulaciones de vuelo, consultando con el fabricante cuando sea necesario, de modo que se evite la aparición intermitente del mismo reporte, y que la información útil que resulte de ese análisis se disemine a las tripulaciones de vuelo y al personal de mantenimiento.

- REC 12/04.** Se recomienda a la DGAC de España que los métodos de entrenamiento proporcionado al personal de mantenimiento de Iberia sean supervisados para asegurar que en la corrección de reportes de fallos intermitentes efectuados por las tripulaciones de vuelo, toda la documentación de mantenimiento disponible, al igual que todas las evidencias que existan, se usen para analizar las causas de los fallos.
- REC 13/04.** Se recomienda a Airbus que revise el contenido de las partes pertinentes del TSM para proporcionar guías adicionales sobre los procedimientos de mantenimiento que se deben aplicar en el caso de fallos intermitentes, de modo que se tengan en cuenta el tipo de fallo y las evidencias disponibles antes de volver a despachar el avión. Todos los operadores deberían ser informados del resultado de esa revisión.
- REC 14/04.** Se recomienda a Airbus que se asegure que en el entrenamiento que proporciona al personal de mantenimiento hay información suficiente para tratar las averías intermitentes.
- REC 15/04.** Se recomienda a Airbus que se asegure de que el TSM y otra información de mantenimiento específica o temporal, como los «Technical Follow-up», son consistentes e igualmente actualizados en cuanto a su contenido técnico.
- REC 16/04.** Se recomienda a la DGAC de Francia que se estudie el temario de entrenamiento recomendado por Airbus a las líneas aéreas para habilitación de tipo de A-340 para asegurar que se alcanza un conocimiento adecuado de los detalles del sistema de frenos del avión.
- REC 17/04.** Se recomienda a la DGAC de España que se revise el temario de entrenamiento usado por Iberia para habilitación de tipo inicial de A-340 para asegurar que se dedica suficiente tiempo para alcanzar un conocimiento adecuado de los detalles del sistema de frenos del avión. Este estudio debería tener en cuenta cualquier posible cambio en el temario recomendado por Airbus.
- REC 18/04.** Se recomienda a Airbus que revise el contenido de los Procedimientos Anormales y de las Técnicas Suplementarias del Manual de Operaciones de la Tripulación de Vuelo (FCOM) del A-340 para unificar los criterios sobre acciones a tomar en el caso de que aparezca en tierra el aviso de «Brakes residual braking».
- REC 19/04.** Se recomienda a Iberia que actualice su Manual de Operaciones añadiendo las recomendaciones de Airbus respecto al uso de «autobrake» durante el aterrizaje y a las acciones a tomar en el caso de que aparezca en tierra el aviso de «Brakes residual braking».

# ANEXOS

**ANEXO A**  
**Diagrama de huellas en la pista 33**  
**del Aeropuerto de Madrid-Barajas**





**ANEXO B**  
**Detalles del procedimiento de detección  
de averías aplicado tras el incidente**

(DEL 1 AL 4 SON PUNTOS PARA PREPARAR EL AVIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO)

...

5. Check for pressure (LH & RH ALT brake) using the cockpit triple gauge.

If pressure remains, Go to (6)

If no pressure remains, Go to (8).

6. If RH ALT pressure, unscrew caps K on the BDDV (5403GG)

If LH ALT pressure, unscrew cap I on the BDDV (5403GG)

If the pressure remains on the triple gauge, replace the BDDV (5403GG)

If the pressure clears on the triple gauge, replace LH (5422GG) or RH (5423GG) master cylinders.

7. Repeat tests (5) & (6).

If the pressure remains, the Dual Shuttle Valve (5404GG) should be replaced.

If the pressure clears, a dimension check of brake pedal rigging is required.

A quick test is to measure the distance between centre lines of master cylinder mounting holes. They should be the same as each other and be within the range of  $170+0.1/+0.05\text{mm}$ .

Note that no compression of the Master Cylinder should be required to mount it in position. (Further checks see AMM 32-43-12-000-801, Removal of the Cockpit Alternate Brake Master Cylinders).

8. Fully depress and then release LH & RH brake pedals.

If pressure remains on pedal release, Go to (6).

If pressure clears on pedal release, Go to (9).

9. Apply and release park brake.

If the pressure remains, the Dual Shuttle Valve (5404GG) should be replaced and test repeated. (AMM 32-43-14-400-801 Dual Shuttle Valve – Removal/Installation).

If the pressure clears on parking brake release, go to (10).

10. If residual braking cannot be reintroduced, the following modified low-pressure circuit bleeding procedure (AMM 32-43-00-870-801, replenishment of the Alternate Braking Control Reservoir) should be used to check for restrictions in the low-pressure circuit.

With all AIC systems depressurised, attach a bleed hose to the bleed valve of the alternate brake control reservoir (5424GG). Put the other end in a container to catch the fluid. Drain until no fluid flows.

Unscrew cap a port 'J' of the BDDV and attach a bleed adapter (as identified in the bleeding procedure). Measure the flow to the bleed container from port 'J' of the BDDV (5403GG) when supplying fluid at a pressure of up to 4 Bars.

NOTE: Once the bleed valve opening is set for the first the test on side J (WH side) it should remain in the same position for side K (RM side).

The supply flow and pressure set for the first the test on side J (L/H side) should remain in the same position for side K (RIH side).

Repeat the above, this time connecting the port K of BDDV (5403GG).

Compare the flow rate from the pipe into the container. If the flow rates from the two sides are different or are restricted, a blockage is suspected.

11. Detach the master cylinder with restricted flow from the pedal assembly. Carry out a flow rate check as in (10).

If flow rate does not increase to rate of the 'good' side, then the master cylinder should be replaced.

If flow rate increases to rate of the 'good' side, then the pedal assembly should be removed and re-rigged.

FIN DEL PROCEDIMIENTO