

# CIAIAC

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

## Informe técnico A-010/2013

Accidente ocurrido a la  
aeronave Boeing 767-200,  
matrícula XA-TOJ, operada  
por Aeroméxico durante  
el despegue del aeropuerto  
de Madrid-Barajas (LEMD),  
el 16 de abril de 2013



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO



# Informe técnico

## A-010/2013

---

**Accidente ocurrido a la aeronave Boeing 767-200,  
matrícula XA-TOJ, operada por Aeroméxico durante  
el despegue del aeropuerto de Madrid-Barajas  
(LEMD), el 16 de abril de 2013**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
DE ACCIDENTES E INCIDENTES  
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-15-003-X

Diseño y maquetación: Phoenix comunicación gráfica, S. L.

---

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

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

C/ Fruela, 6  
28011 Madrid (España)

## **Advertencia**

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

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

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



## Índice

<b>Abreviaturas</b> .....	vii
<b>Sinopsis</b> .....	ix
<b>1. Información factual</b> .....	1
1.1. Reseña del vuelo .....	1
1.2. Lesiones a personas .....	3
1.3. Daños sufridos por la aeronave .....	3
1.4. Otros daños .....	3
1.5. Información sobre el personal .....	4
1.5.1. Tripulación técnica .....	4
1.5.2. Tripulación de cabina de pasajeros (TCP) .....	5
1.5.3. Oficial de operaciones/Personal despachador .....	6
1.5.4. Controlador de aeródromo local 36L .....	6
1.6. Información sobre la aeronave .....	6
1.6.1. Información general .....	6
1.6.2. Información sobre velocidades .....	8
1.7. Información meteorológica .....	8
1.8. Ayudas para la navegación .....	9
1.9. Comunicaciones .....	9
1.10. Información de aeródromo .....	9
1.11. Registradores de vuelo .....	10
1.11.1. Información general .....	10
1.11.2. Información sobre los datos extraídos del DFDR .....	10
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto .....	13
1.13. Información médica y patológica .....	14
1.14. Incendio .....	14
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia .....	14
1.16. Ensayos e investigaciones .....	15
1.17. Información orgánica y de dirección .....	15
1.17.1. Información sobre el OPT .....	15
1.17.2. Información sobre experiencia de tripulaciones .....	20
1.17.3. Información sobre los programas de entrenamiento en simulador .....	20
1.17.4. Eventos anteriores .....	20
1.17.5. Información de golpes en la cola («Tail Strike») .....	22
1.17.6. Información sobre recuperación de la pérdida o con proximidad a la pérdida .	22
1.17.7. Información sobre cabina estéril .....	23
1.17.8. Información sobre el sistema de presurización .....	24
1.17.9. Información sobre declaración de emergencia .....	25
1.17.10. Información sobre preservación de datos de los registradores .....	26
1.17.11. Procedimiento de autorización y retroceso del aeropuerto de Madrid-Barajas .	27
1.17.12. Información sobre la activación de la alarma en el aeropuerto y procesos de revisión de pistas .....	28

1.18. Información adicional .....	29
1.18.1. Información sobre los golpes en la cola y despresurización asociada .....	29
1.18.2. Información sobre prevención de salidas de pista de Eurocontrol .....	31
1.18.3. Información sobre la importancia de la descompresión de cabina e hipoxia ...	32
1.18.4. Declaraciones de testigos .....	33
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces .....	38
<b>2. Análisis .....</b>	<b>39</b>
2.1. Análisis de preparación del vuelo. Cálculo de velocidades de despegue .....	39
2.2. Análisis de la maniobra de despegue .....	41
2.3. Análisis de la coordinación entre tripulación técnica y tripulación de cabina .....	43
2.4. Análisis de la gestión de la despresurización .....	44
2.5. Revisiones de pista .....	44
2.6. Análisis de la gestión de la emergencia .....	45
<b>3. Conclusiones .....</b>	<b>47</b>
3.1. Constataciones .....	47
3.2. Causas/Factores contribuyentes.....	49
<b>4. Recomendaciones sobre seguridad operacional .....</b>	<b>51</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>53</b>
Apéndice A. Tablas Row de Performance de despegue .....	55
Apéndice B. Comunicaciones de las aeronaves con control .....	59
Apéndice C. Gráficas de los parámetros del DFDR .....	67
Apéndice D. Zona de la pista dañada durante el impacto de la aeronave con la cola .....	71
Apéndice E. Cálculos en formato en «T» del OPT para TOW y ZFW .....	75
Apéndice F. Procedimientos QRH .....	79
Apéndice G. Normativa sobre registradores de vuelo.....	87

## Abreviaturas

00°	Grado(s) geométrico(s)
ACS	Control de vigilancia de área
ADI	Control de aeródromo por instrumentos
AIP	Publicación de información aeronáutica
AIR	Anotación de habilitación de control aéreo
AP	Piloto automático («Auto Pilot»)
APU	Unidad de potencia auxiliar («Auxiliary Power Unit»)
APP	Control de aproximación por instrumentos
APS	Control de vigilancia de aproximación
ATC	Control de tráfico aéreo («Air Traffic Control»)
ATIS	Servicio automático de información de terminal («Automatic Terminal Information Service»)
ATOT	Hora real de despegue («Actual Take Off Time»)
ATP	Licencia de piloto de línea aérea («Airline Transport Pilot»)
CAS	Velocidad computada («Computed Airspeed»)
CPC	Computadores de presión de cabina («Cabin Pressure Controlers»)
CVR	Registrador de voces en cabina («Cabin Voice Recorder»)
DFDR	Registrador digital de datos de vuelo («Digital Flight Data Recorder»)
DMAN	Gestión de salidas («Departure Management»)
ECAM	Monitor electrónico centralizado de la aeronave («Electronic Centralized Aircraft»)
EFB	Mochila de vuelo electrónica («Electronic Flight Bag»)
EICAS	Sistema de indicación de motor y de alerta a la tripulación («Engine Indication and Crew Alerting System»)
EPR	Relación de presión de motor («Engine Pressure Ratio»)
ESB	Ejecutivo de servicio a bordo
EW	Peso en vacío («Empty Weight»)
FAA	Federal Aviation Administration (USA)
FCOM	Manual de operaciones de la tripulación («Flight Crew Operations Manual»)
FCTM	Manual de entrenamiento de la tripulación de vuelo («Flight Crew Training Manual»)
FFS	Simulador móvil nivel C o D («Full Flight Simulator»).
FL	Nivel de vuelo («Flight Level»)
FMC	Computador de Gestión de Vuelo («Flight Management Computer»)
FMS	Sistema de monitorización del vuelo («Flight Monitoring System»)
FOD	Objetos extraños en pista («Foreign Object Debris»)
ft	Pie(s)
GMC	Anotación de habilitación de control de movimientos en tierra
GMS	Anotación de habilitación de vigilancia de movimientos en tierra
h	Hora(s)
IFR	Reglas de vuelo instrumental («Instrumental Flight Rules»)
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
lb	Libra(s)
LEMD	Código OACI para el aeropuerto de Madrid-Barajas
LVP	Procedimientos de baja visibilidad («Low Visibility Procedures»)
m	Metro(s)
MCG	Mínima de control en tierra («Minimum Control on the Ground»)
METAR	Informe meteorológico aeronáutico ordinario («Aviation routine weather report»)
MHz	Megahercio(s)
MLW	Peso máximo en aterrizaje («Maximum Landing Weight»)
MMMX	Código OACI para el aeropuerto de Ciudad de México
MTOW	Peso máximo al despegue («Maximum Take Off Weight»)
N/A	No afecta
N1	Velocidad del compresor de baja en un motor de turbina
NM	Milla(s) náutica(s)
NOTAM	«Notice to Airman»

### Abreviaturas

OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OPT	Herramienta de performance a bordo («On-Board Performance Tool»)
PA	Anuncio a pasajeros («Passenger Address»)
PED	Dispositivos electrónicos portátiles («Portable Electronic Devices»)
PF	Piloto a los mandos («Pilot Flying»)
PFD	Pantalla principal de vuelo («Primary Flight Display»)
PM	Piloto supervisando («Pilot Monitoring»)
PNF	Piloto no a los mandos («Pilot Not Flying»)
PSU	Unidades de servicio al pasajero («Passenger Service Units»)
QAR	Registrador de acceso rápido («Quick Access Recorder»)
QRH	Manual de referencia rápida («Quick Reference Handbook»)
RAD	Control de radar
RTOW	Peso regulado al despegue («Regulated Take Off Weight»)
S/N	Número de serie («Serial Number»)
SDP	Servicio de Dirección de Plataforma
sg	Segundo(s)
SOP	Procedimientos de operación estándar («Standard Operational Procedures»)
TCL	Control terminal
TCP	Tripulante de cabina de pasajeros
TOAM	Técnico de operaciones en el área de maniobras
TOW	Peso al despegue («Take Off Weight»)
TUC	Tiempo de conciencia útil
TWR	Torre
UTC	Tiempo Universal Coordinado
$V_1$	Velocidad de decisión en el despegue
$V_2$	Velocidad de seguridad de subida inicial después de la retracción del tren
$V_r$	Velocidad de rotación («Rotation speed»)
ZFW	Peso con combustible cero («Zero Fuel Weight»)

## Sinopsis

Propietario y operador:	Aeroméxico
Aeronave:	Boeing 767-200, matrícula XA-TOJ
Fecha y hora del accidente:	Martes, 16 de abril de 2013, 12:58 h <sup>1</sup>
Lugar del accidente:	Aeropuerto de Madrid-Barajas (LEMD)
Personas a bordo:	3 tripulantes técnicos, 6 tripulantes de cabina de pasajeros (TCP) y 154 pasajeros
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial Regular – Internacional – De pasajeros
Fecha de aprobación:	24 de junio de 2015

### Resumen del accidente

La aeronave, con indicativo de vuelo AMX002, fue autorizada a despegar por la pista 36 L del aeropuerto de Madrid-Barajas (LEMD) a las 12:57:44 h con viento 270° y 3 kt. Según el testimonio de los tres TCP que iban situados en la parte trasera de la aeronave, se produjo un ruido extraño durante la carrera de despegue. Cuando avisaron a la tripulación técnica, ésta ya había detectado problemas de presurización y al alcanzar los 14.000 ft de altitud de cabina, se produjo el despliegue de mascarillas de oxígeno del pasaje, por lo que decidieron preparar la vuelta al aeropuerto de origen. A las 13:20 h la tripulación técnica de la aeronave comunicó al centro de control que volvían al aeropuerto por problemas de presurización.

La aeronave modelo A330-200 de la compañía Air Europa con indicativo de vuelo AEA071, que despegó a las 13:29 h, en séptimo lugar, detrás del AMX002, notificó a la torre tras el despegue que creían que una pieza en la pista había impactado con la pata de morro de la aeronave y había dañado la rueda izquierda, la cual se encontraba sin presión. La compañía decidió que la aeronave debía regresar; ésta hizo esperas para consumir combustible sobre Lisboa y posteriormente regresó al aeropuerto de Madrid-Barajas. La torre de control solicitó una inspección de la pista 36L en la cual se encontraron restos metálicos. La tripulación de otra aeronave (AEA051), que había despegado en sexto lugar, también notificó haber visto piezas en la pista.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada en este informe es la hora UTC salvo que se especifique expresamente lo contrario. Para obtener la hora local es necesario sumar 2 h a la hora UTC.

La aeronave AMX002 aterrizó sin novedad por la pista 18L del aeropuerto de Madrid-Barajas a las 14:08 h. Los ocupantes resultaron ilesos exceptuando las dos TCP que iban situadas en la parte trasera que aludían dolor cervical. La aeronave presentaba daños en la parte inferior de la cola y pérdida casi total de las compuertas del compartimento APU<sup>2</sup>. Se procedió a realizar una nueva inspección de la pista por si había perdido alguna pieza durante el aterrizaje encontrándose dos piezas metálicas.

La aeronave AEA071 aterrizó finalmente a las 17:39 h, tras declarar urgencia (PAN-PAN). El aeropuerto había activado el estado de la alarma local. Los ocupantes de la aeronave resultaron ilesos.

Durante la investigación se consideró en profundidad no sólo el desarrollo del despegue sino también la gestión de la emergencia y la actuación de la tripulación ante la despresurización.

Tras la investigación se concluyó que el accidente tuvo lugar porque la aeronave realizó la rotación a una velocidad muy inferior a la necesaria para efectuar el despegue. Las velocidades de despegues proporcionadas a la tripulación habían sido calculadas en base al peso con combustible cero (ZFW) del avión en lugar del peso al despegue (TOW).

---

<sup>2</sup> APU: Unidad de Potencia Auxiliar («Auxiliary Power Unit»).

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Resena del vuelo

La aeronave había realizado el vuelo México-Madrid (MMM-LEMD) el día 13 de abril. El día 16 de abril la tripulación fue recogida en el hotel llegando a la aeronave una hora y media antes de la salida. En cabina iban tres pilotos; el comandante y dos copilotos. El segundo copiloto realizó, según su testimonio, la inspección física exterior de la aeronave antes del vuelo sin observar anomalía alguna. En cabina, comandante y primer copiloto realizaban comprobaciones, introducían datos en el FMC<sup>3</sup> y hacían el briefing<sup>4</sup> de rodaje y pista en servicio así como la lista de comprobación especial para vuelos oceánicos. Introdujeron en el FMC secundario los datos de la ruta a seguir en caso de fallo de motor en despegue y se realizaron las coordinaciones necesarias con la tripulación de cabina de pasajeros. Cinco minutos antes de la salida se recibieron los datos del OPT<sup>5</sup> («Onboard Performance Tool») efectuados por el personal de despacho. Estos datos incluían los datos de carga y centrado de la aeronave así como las velocidades de despegue calculadas para el peso al despegue (RTOW<sup>6</sup>), limitado por las condiciones particulares de una pista o de otras consideraciones puntuales. La tripulación sólo tenía que introducirlas en el sistema de navegación para su presentación en el PFD<sup>7</sup>. Este sistema era de reciente implantación ya que seis meses antes del accidente, este tipo de cálculo de performances de la aeronave se realizaba por despacho en México y se verificaba por el segundo copiloto con las tablas de despegue del fabricante establecidas en el Manual de Operaciones de la Tripulación (FCOM<sup>8</sup>). A fecha del accidente no existía una estación de despacho ubicada en Madrid, los cálculos se realizaban por un despachador en México<sup>9</sup> y se enviaban por correo electrónico a la base de Madrid. En el caso del vuelo del accidente, los datos introducidos y calculados no se enviaron en el formato que proporcionaba el programa directamente sino que se extrajeron los datos principales y se incorporaron al cuerpo del correo electrónico junto con los resultados del cálculo. La tripulación introdujo, según procedimiento de compañía, estos datos en el sistema. Las velocidades fueron las siguientes:

- $V_1$ : 118 kt.
- $V_r$ : 118 kt.
- $V_2$ : 126 kt.

Tras contactar con torre para pedir autorización, la tripulación rodó a punto de espera R4. En este punto se realizaron los ajustes de los inerciales (IRS) y se obtuvo la autorización para despegar a las 12:57:44 h. Durante la carrera de despegue la tripulación realizó la

---

<sup>3</sup> FMC: Computador de gestión de vuelo («Flight Management Computer»).

<sup>4</sup> *Briefing*: breve reunión de las tripulaciones sobre un vuelo o tema concreto.

<sup>5</sup> OPT: Herramienta de performance a bordo («Onboard Performance Tool»).

<sup>6</sup> RTOW: Peso al despegue considerando condiciones particulares de pista, obstáculos y tipo de ascenso en función de una altitud densidad dada («Regulated Take Off Weight»).

<sup>7</sup> PFD: Pantalla principal de vuelo («Primary Flight Display»).

<sup>8</sup> FCOM: «Flight Crew Operations Manual».

<sup>9</sup> El cálculo de velocidades de despegue para estaciones fuera de territorio mexicano se llevaba a cabo en la Oficina de Despachos Internacionales ubicada en la Ciudad de México.

comprobación de las velocidades («callouts») 80,  $V_1$  y  $V_r$ , pero en ésta última la aeronave no consiguió elevarse. El comandante relajó la tensión de los mandos para acelerar la aeronave. Entonces la tripulación notó como si ésta rebotara y finalmente lograron efectuar el despegue. Ante la sorpresa por lo acontecido la tripulación revisó la configuración de despegue (flaps, velocidades...) sin encontrar nada anormal.

Una de las TCP, situada en la parte trasera de la aeronave y que había notado el golpe durante el despegue junto a su compañera, acudió, tras informar el comandante que estaban a 10.000 ft (fin de cabina estéril), a la parte delantera a informar a la jefa de cabina y posteriormente a la tripulación técnica. Unos instantes después de comunicarlo se desplegaron las máscaras de oxígeno de los pasajeros. Según la declaración de la tripulación, durante el ascenso se encendió la alerta de altitud de cabina («Cabin Altitude Warning»), la tripulación se puso las máscaras de oxígeno, se silenciaron las alarmas y se realizó el procedimiento de baja presión<sup>10</sup>. No se realizó descenso de emergencia aunque se paró el ascenso. Posteriormente se pidió descenso a control obteniendo autorización para descender a 11.000 ft, momento en el cual la tripulación se quitó las máscaras de oxígeno.



Figura 1. Fotografía de la aeronave tras la llegada a su puesto de estacionamiento

<sup>10</sup> Posteriormente la tripulación aclaró que se referían al procedimiento CABIN AUTO INOP.

La tripulación decidió volver al aeropuerto de Madrid-Barajas. Informó a control y a la compañía sobre el problema de presurización que tenían. La compañía los autorizó a aterrizar con sobrepeso sin lanzar combustible. A las 14:02:00 h fueron autorizados a aterrizar por la pista 18L. El aterrizaje fue normal pero con mucha energía debido al exceso de peso por la elevada carga de combustible. Durante el rodaje al estacionamiento el controlador de torre informó a la tripulación que había restos de su aeronave en la pista. Según el testimonio de la tripulación ésta fue la primera vez que tuvieron conocimiento de daños en la estructura de la aeronave, confirmando éstos al descender de la aeronave y ver la zona de cola. Debido a la temperatura que adquirieron los frenos durante el aterrizaje y rodadura hasta el parking, los fusibles de protección del tren principal se activaron, una vez la aeronave estuvo detenida, produciendo el desinflado de las ruedas del tren principal. El servicio de bomberos colocó unos ventiladores en ambas patas del tren para reducir la temperatura y el riesgo del incendio. Personal de la compañía comprobó que no había habido desplazamiento de carga en las dos bodegas existentes.

Ningún pasajero resultó herido. Las TCP comunicaron su dolencia en las cervicales una vez la aeronave estaba en tierra.

## 1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Lesionados graves				
Lesionados leves	2		2	No se aplica
Ilesos	3+4	154	161	No se aplica
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>154</b>	<b>163</b>	

## 1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave resultó con daños estructurales en el empenaje de cola, en el área del alojamiento del APU y a la altura del contramarco de la parte trasera de la puerta de servicios, con raspón y pérdida de material desde la estación 1480 a la 1950. Asimismo los neumáticos del tren principal se deshincharon al activarse el sistema correspondiente por sobrecalentamiento de los frenos ante un aterrizaje con excesivo peso.

## 1.4. Otros daños

Durante la carrera de despegue la aeronave dañó con la cola el pavimento de la pista y varias balizas de eje de pista (véase fotografía 5). Los restos de la cola que quedaron

en la pista dañaron el tren de morro de la aeronave A330-200 con indicativo de llamada AEA071 que despegó en séptimo lugar, detrás de la aeronave de Aeroméxico AMX002.

### 1.5. Información sobre el personal

#### 1.5.1. Tripulación técnica

La tripulación técnica estaba formada por 3 miembros: un comandante y dos copilotos. Era la primera vez que volaban juntos como tripulación y el vuelo del accidente era el segundo de los vuelos (tramo Madrid-México).

##### Comandante

El comandante, piloto a los mandos (PF<sup>11</sup>) en el momento del accidente, de 54 años de edad y nacionalidad mexicana, tenía licencia de piloto de transporte público ilimitado de ala fija (ATP) en vigor, con habilitación de comandante para Boeing B767-200, B767-300 obtenida en octubre de 2012, habilitaciones de vuelo instrumental (IFR) y multimotor y habilitación de instructor de simulador y asesor de vuelo para aeronave B-737 NG<sup>12</sup> en vigor. De igual forma contaba con el certificado de aptitud psicofísica de grupo 1 para transporte aéreo, en vigor. A fecha del accidente, su experiencia era de 20.066 h de vuelo totales, 149 de ellas en el tipo de aeronave del accidente.

Según la información de la compañía era la primera vez que volaba al aeropuerto de Madrid-Barajas con esa aeronave, aunque diez años antes había realizado numerosos vuelos a Madrid con otras aeronaves. El día 3 de abril había realizado un vuelo México-Charles de Gaulle (Francia) con el modelo B767/300 volviendo a México el día 7 de abril en un B767/200. Descansó 5 días consecutivos hasta el vuelo previsto del día 13 de abril a Madrid.

##### Copiloto-Primer oficial

El copiloto (primer oficial) piloto supervisando (PNF/PM)<sup>13</sup> en el momento del accidente, de 41 años de edad y nacionalidad mexicana, tenía licencia de piloto de transporte público ilimitado de ala fija (ATP) en vigor, con habilitación de copiloto para Boeing B737-NG, B767-200 y B767-300, estas últimas obtenidas en diciembre de 2012, y habilitaciones de vuelo instrumental (IFR) y multimotor. De igual forma contaba con el certificado de aptitud psicofísica de grupo 1 para transporte aéreo en vigor. A fecha del

---

<sup>11</sup> PF: Piloto a los mandos («Pilot Flying»).

<sup>12</sup> NG: Familia Boeing Next Generation incluye los modelos: B737-600/-700/-800/-900ER (Extended Range).

<sup>13</sup> PNF/PM: Piloto no a los mandos/Piloto supervisando («Pilot Not Flying/ Pilot Monitoring»).

accidente su experiencia era de 11.696 h de vuelo totales, 147 de ellas en el tipo de aeronave del accidente.

Según la información de la compañía era la segunda vez que volaba al aeropuerto de Madrid-Barajas con esa aeronave. El anterior vuelo lo había realizado el 6 de abril a Madrid con vuelta a México el día 9 de abril. Disfrutó de 3 días libres consecutivos hasta el vuelo previsto del día 13 de abril a Madrid.

### **Copiloto-Segundo oficial (o piloto de relevo)**

El copiloto (segundo oficial) en el momento del accidente, de 49 años de edad y nacionalidad mexicana, tenía licencia de piloto de transporte público ilimitado de ala fija (ATP) en vigor con habilitación de comandante de Boeing B737-NG y copiloto de B767-200, B767-300, estas últimas obtenidas en diciembre de 2012. También contaba con la habilitación de categoría II, vuelo instrumental (IFR) y multimotor, todas ellas en vigor. De igual forma contaba con el certificado de aptitud psicofísica de grupo 1 para transporte aéreo, en vigor. A fecha del accidente su experiencia era de 13.428 h de vuelo totales, 278 de ellas en el tipo de aeronave del accidente.

Según la información de la compañía era la primera vez que volaba al aeropuerto de Madrid-Barajas con esa aeronave. El vuelo anterior había sido realizado el 8 de abril a Santiago de Chile con vuelta a México el día 11 de abril. Disfrutó de 1 día de descanso hasta el vuelo previsto del día 13 de abril a Madrid.

### **1.5.2. Tripulación de Cabina de Pasajeros (TCP)**

La tripulación de cabina estaba formada por 6 miembros: una jefa de cabina (ESB<sup>14</sup>) y cinco tripulantes de cabina de pasajeros<sup>15</sup>, todos ellos de nacionalidad mexicana.

La jefa de cabina y los dos TCP situados en la parte delantera de la cabina contaban con 24, 15 y casi 2 años de experiencia en la compañía respectivamente.

El TCP situado en el lado derecho de la parte trasera de la cabina contaba con 21 años de experiencia y las dos TCP situadas en el lado izquierdo de la parte trasera de la cabina aeronave contaban, una con 15 años de experiencia y otra con casi dos años de experiencia en la compañía. Estas dos últimas manifestaron dolor cervical tras el accidente. Todos tenían sus licencias en vigor y habían pasado satisfactoriamente el último curso de adiestramiento periódico de TCP.

---

<sup>14</sup> En México la denominación de los diferentes TCP es diferente a la española, el jefe de cabina o sobrecargo se denomina allí ESB (Ejecutivo de Servicio a Bordo).

<sup>15</sup> En México la denominación de los diferentes TCP es diferente a la española; los TCP se denominan allí sobrecargos.

### 1.5.3. *Oficial de operaciones/Personal despachador*

La despachadora, de 21 años y nacionalidad mexicana, tenía licencia de oficial de operaciones desde el 2011, en vigor en el momento del accidente. Contaba con un certificado de constancia de aptitud psicofísica de grupo 3 para transporte aéreo, en vigor. Según la compañía contaba con el curso de B767-200/300 y tenía una antigüedad en el área de despacho de 3 meses.

### 1.5.4. *Controlador de aeródromo local 36L*

El controlador que autorizó el despegue de la aeronave del accidente, de 36 años de edad y nacionalidad española, tenía licencia comunitaria de controlador aéreo válida y en vigor con la anotación de unidad en LEMD de las siguientes habilitaciones y anotaciones de habilitación:

- LEMD: ADI<sup>16</sup>/TWR<sup>17</sup>/RAD<sup>18</sup>
- LEMD: ADI/GMC<sup>19</sup>/GMS<sup>20</sup>
- LEMD: ADI/AIR<sup>21</sup>/RAD

Asimismo contaba con las habilitaciones de APS<sup>22</sup> (con anotaciones RAD y TCL<sup>23</sup>) y ACS<sup>24</sup> (con anotaciones RAD y TCL), todas ellas válidas y en vigor.

El controlador tenía certificado médico clase 3 válido y en vigor. Su primera habilitación según constaba en la dependencia era del 15 de febrero de 2008. Durante el año 2012 había recibido los correspondientes cursos de refresco, SDP (servicio de dirección de plataforma), DMAN (gestión de salidas) y simulación de LVP (procedimientos de baja visibilidad), y durante el año 2013 hasta la fecha del accidente había realizado un curso de formación de refresco.

## 1.6. Información de la aeronave

### 1.6.1. *Información general*

La aeronave, modelo Boeing 767-283ER de matrícula XA-TOJ y con número de serie

---

<sup>16</sup> ADI: habilitación de control de aeródromo por instrumentos.

<sup>17</sup> TWR: anotación de habilitación de torre de control.

<sup>18</sup> RAD: anotación de habilitación de control de radar.

<sup>19</sup> GMC: anotación de habilitación de control de movimientos en tierra.

<sup>20</sup> GMS: anotación de habilitación de vigilancia de movimientos en tierra.

<sup>21</sup> AIR: anotación de habilitación de control aéreo.

<sup>22</sup> APS: habilitación de control de vigilancia en aproximación.

<sup>23</sup> TCL: anotación de habilitación de control terminal.

<sup>24</sup> ACS: habilitación de control de vigilancia por área.

(S/N) 24727, fue fabricada en el año 1990. Equipada con dos motores Pratt & Whitney P&W-4060 tenía un peso máximo al despegue (MTOW<sup>25</sup>) de 179.168 kg y un peso en vacío (EW<sup>26</sup>) de 83.834,9 kg.

El B767 es de la familia de aeronaves de doble motor diseñada para vuelos de medio y largo alcance. El B767-200 puede transportar hasta 216 pasajeros y equipaje en rutas de más de 3900 NM. El B767-200ER con los tanques centrales de combustible puede llevar también 216 pasajeros y equipaje en rutas de más de 5.200 NM. Ambos modelos tienen dimensiones idénticas y la disposición de los asientos puede variar según las compañías.

La aeronave contaba con certificado de matrícula, certificado de aeronavegabilidad, licencia de estación de aeronave, certificado de homologación de ruido y certificado del seguro, todos ellos válidos y en vigor. Tenía un total de 99.771 h y la última revisión de mantenimiento de 100 h se había realizado el 13 de abril de 2013. La siguiente revisión (300 h) estaba programada para el día 24 de abril de 2013.

Algunos modelos de aeronaves B767 tienen un patín de cola («tail bumper») que amortigua un impacto en la cola en caso de que ésta toque el suelo durante, por ejemplo, la rotación en despegue. Este modelo de aeronave en concreto (B767-200) por diseño de fabricante no contaba con esa protección.



Figura 2. Fotografía de la aeronave<sup>27</sup>

<sup>25</sup> MTOW: «Maximum Take Off Weight».

<sup>26</sup> EW: «Empty Weight».

<sup>27</sup> Imagen obtenida de [airliners.net](http://airliners.net).

### 1.6.2. Información sobre velocidades

Las velocidades de despegue de la aeronave se establecen en base a la velocidad mínima de control, la velocidad de pérdida y los márgenes de separación de la cola. Las aeronaves de cuerpo o fuselaje corto se relacionan normalmente con el margen de velocidad de pérdida mientras que las de fuselaje largo están limitadas por el margen de distancia de la cola al terreno.

Las principales velocidades utilizadas durante la secuencia del despegue son las siguientes:

$V_1$  *velocidad de decisión*. Máxima velocidad a la que la tripulación puede decidir abortar el despegue asegurando detener la aeronave dentro de los límites de la pista.

$V_r$  *velocidad de rotación*. velocidad a la que la aeronave comienza a levantar el morro y aumentar el ángulo de ataque para elevarse a un régimen adecuado aunque en ese momento el tren principal se mantiene en tierra.

$V_2$  *velocidad de ascenso en despegue*. Velocidad mínima que se debe alcanzar a una altura de seguridad determinada.

Tanto en el Manual de Operaciones de Tripulación (FCOM) como en el Manual de Despacho se especifica que la reglamentación prohíbe despegar con una  $V_1$  menor que la mínima de control en tierra  $V_1$  (MCG), que viene reflejada en las tablas de performances o rendimientos. En el Apéndice A puede verse mediante esta tabla una comprobación, a grandes rasgos, de velocidades conociendo el peso y otros factores. En esta tabla se puede comprobar que la  $V_1$  (MCG) para la condiciones de temperatura y altitud presión era, interpolando<sup>28</sup>, de 118 kt, igual valor que el indicado para la  $V_1$ .

## 1.7. Información meteorológica

A la hora del despegue de la aeronave del accidente las condiciones meteorológicas según los METAR eran las siguientes

METAR LEMD 161230Z 21006G17KT 160V280 CAVOK 24/10 Q1022 NOSIG<sup>29</sup>  
METAR LEMD 161300Z 21006G18KT CAVOK 25/12 Q1022 NOSIG<sup>30</sup>  
METAR LEMD 161330Z 19006KT 130V290 CAVOK 25/12 Q1021 NOSIG<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> En la gráfica aparece para 20° en lugar de 25°.

<sup>29</sup> Información disponible para la tripulación antes del despegue.

<sup>30</sup> Información durante el despegue AMX002 12:59.

<sup>31</sup> Información durante el despegue AEA051 y AEA07 13:27 y 13:29.

En la información correspondiente al despegue de la aeronave del accidente había viento débil en cola con rachas de hasta 18 kt. La visibilidad era mayor de 10 km con cielo despejado y temperatura de 25°.

Según la información recopilada el viento medio en 2 minutos en la cabecera 36L a las 12:50:00 h era de 2 kt con una dirección de 220° y a las 13:00:00 h (carrera de despegue del AMX002) de 01 kt 210°. El controlador comunicó antes del despegue, a las 12:57 h lo siguiente: AMX002 viento 270/03<sup>32</sup>. Autorizado a despegar 36L.

## **1.8. Ayudas para la navegación**

No afecta a este caso

## **1.9. Comunicaciones**

Según el diario de Novedades de la torre de control la secuencia resumida de los hechos fue la siguiente: A las 13:01 h se realizó la revisión de la pista 18R tras el aviso de la aeronave AEA071, permaneciendo ocupada para llevar a cabo esas tareas. A las 13:58 h se produjo el cambio de configuración de pistas debido al cambio en el viento. A las 14:04 se resaltaba que la aeronave de Aeroméxico, con indicativo de llamada AMX002, volvía al aeropuerto con aviso de despresurización, tomando en la pista 18L sin novedad. Se revisaron entonces las pistas 18L, 14R y 14L. A las 16:53 h se activó la alarma local debido a la llegada de la aeronave con indicativo de llamada AEA071 con rueda de tren de morro reventada, tomando sin novedad y quedando detenida en el punto R1 para desembarcar el pasaje y asistir la aeronave. Posteriormente se produjo una nueva revisión de la pista 18R.

Las comunicaciones más relevantes sobre el despegue de las aeronaves involucradas así como del regreso al aeropuerto de Madrid-Barajas de dos de ellas pueden encontrarse en el Apéndice B.

## **1.10. Información de aeródromo**

El aeropuerto de Madrid-Barajas (IATA: MAD, ICAO: LEMD), está situado 13 km al noreste de la ciudad de Madrid con una elevación de 609 m/1998 ft. El aeropuerto tiene 4 pistas de vuelo asfaltadas: 14R/32L, 14L/32R, 36R/18L y 36L/18R. La pista 36L/18R tiene una longitud de 4.179 m y una anchura de 60 m.

---

<sup>32</sup> Información de viento instantáneo mostrado en el céfiro de la consola del controlador.

En el momento del accidente las pistas operativas para despegues eran las 36L/36R (configuración Norte). La pista 18R/36L permaneció inoperativa desde las 13:30 h hasta las 14:05 h. A partir de ese momento se recuperó la operación normal cambiando a configuración Sur con pista activa 18R.

### **1.11. Registradores de vuelo**

#### **1.11.1. Información general**

La aeronave contaba con un registrador de datos de vuelo (DFDR) modelo Honeywell con número de serie 1044 y un registrador de voces en cabina (CVR) modelo Honeywell con número de serie 62952. Se solicitó que estos registradores fueran preservados por la CIAIAC el día del accidente y fueron descargados posteriormente. Asimismo se tuvo acceso a los computadores de presión de cabina (CPC) y al registrador de acceso rápido (QAR).

El registrador de datos de vuelo no graba información relativa a los datos calculados de performance de la aeronave durante el despegue (empuje, velocidades calculadas introducidas en el sistema...). Dentro de la información recogida en el registrador únicamente aparecía información relativa a la activación del «cabin altitude warning» por encima de 10.000 ft de presión de cabina. Para tratar de obtener más información se desmontaron los computadores de presión de cabina, CPC1 y CPC2. No obstante, la única información disponible que se registraba en las memorias no volátiles de estos equipos, según informó el fabricante, se refería a fallos por bajo flujo de aire sin poder conocer la presión en cabina ni la hora a la que se produjo el fallo.

El registrador de voces de cabina tenía una duración de 02 horas 01 minutos. La tripulación de vuelo no actuó sobre el disyuntor del registrador de voces de cabina y mantuvo la aeronave energizada durante un largo periodo de tiempo, tras el aterrizaje. Este hecho provocó que la información del vuelo se regrabara y que no se dispusiera de información útil para la investigación en el registrador de voces de cabina. A este respecto, más adelante se expone la normativa relativa a la preservación de los datos de los registradores (véase apartado 1.17.10 Información sobre preservación de datos de los registradores.)

#### **1.11.2. Información sobre los datos extraídos del DFDR**

Se realizó la sincronización del registrador de datos de vuelo con la hora ATC utilizando como instante de referencia la comunicación realizada para la autorización del despegue de la aeronave a las 12:57:49. En el Apéndice C se muestran las gráficas de la selección de parámetros más relevantes en relación con el despegue y la despresurización de la cabina. Se comprobó que el calaje de flap seleccionado por la tripulación fue de 15°. A

continuación se muestra un breve resumen con los hitos más importantes, desde el despegue hasta el aterrizaje que a continuación se expone:

Hora UTC	Observaciones
<b>DESPEGUE</b>	
12:57:44	La aeronave es autorizada a despegar por la pista 36L con viento 270° 03 kt.
12:58:10	Se conecta el sistema de empuje automático.
12:58:41	Se inicia la rotación. CAS <sup>33</sup> 124 kt <sup>34</sup> . Pitch 0,4°. Control column 3,3 <sup>35</sup> .
12:58:46	Pitch angle 8,8°, CAS 134 kt
12:58:47	Ruedas del tren principal en el aire. Radioaltura 4 ft. Pitch 12 °. CAS 137 kt. Control column 6,9°.
12:58:48	Radioaltura 6 ft. Pitch 13°. CAS 138 kt. Control column 7,2°. Roll 0°.
12:58:49	Radioaltura 5 ft. Pitch 13,7°. CAS 138 kt. Control column 7,4°.
12:58:50	Radioaltura 4 ft. Pitch 14,1. CAS 138 kt. Control column 8,6. Roll 1,4°. Control wheel 8,6°.
12:58:51	Tren principal en tierra. Pitch 13°. Control column 11,2°. Roll -0,7°. CAS 136 kt. Radioaltura 1 ft. Las palancas de empuje las movieron hacia delante de 70° a 77° la izquierda y de 70° a 75° la derecha.
12:58:52	Tren principal en tierra. CAS 138 kt. Pitch 10,9°. Control column 8,2°. Roll 0°. Radioaltura 3 ft.
12:58:53	Tren principal en el aire. CAS 141. Pitch 13°. Control column 6,2°. Roll -1,1°. Radioaltura 4 ft.
12:58:54	CAS 142 kt. Se activó el stick shaker. Pitch 15,1° Control column 7,2°. Roll -2,1. Radioaltura 11 ft.
12:58:55	CAS 148 kt. Stick shaker <sup>36</sup> activado. Pitch 16,2°. Control column 8,4°. Roll -2,1. Control wheel -5°.
12:58:56	CAS 148 kt. Pitch 15,1°, control column 7,7 °. Roll 1,1°. El Stick Shaker se desactivó
12:58:57	CAS 148 kt. Pitch 15,8° y control column 7,6. Roll 7,7°. Stick Shaker se activó de nuevo.
12:58:58	CAS 150 kt. Pitch 19° y control column 3,3°. Roll 8,4°, control wheel -29°. Stick shaker activado.
12:59:01	CAS 156 kt . Radialtura 90 ft. Palanca de tren arriba.
12:59:03	CAS 157 kt. Pitch 13,7°. Control column 2,5°. Roll -5,3°.

<sup>33</sup> CAS: Velocidad computada («Computed Airspeed»), velocidad utilizada por el computador de datos de vuelo, equivalente a la velocidad calibrada y la mostrada a la tripulación en los instrumentos.

<sup>34</sup> La velocidad de rotación que tenían era 118 kt, la velocidad de rotación correcta era de 156 kt.

<sup>35</sup> El aumento de ángulo en el «control column» está directamente relacionado con el aumento en el ángulo de pitch o cabeceo.

<sup>36</sup> Dispositivo indicador de la entrada en pérdida que induce una vibración en la columna de control y un sonido en cabina.

## Informe técnico A-010/2013

Hora UTC	Observaciones
<b>ASCENSO</b>	
12:59:28	La torre de control les informó que contactarían con la frecuencia 13,175 MHz.
12:59:53	ATC les autorizó a ascender a nivel de vuelo 160.
13:05:32	ATC les autorizó a nivel de vuelo 240
13:07:00	Se activó el MASTER WARNING. (Este aviso tiene asociado un aviso sonoro y la luz de MASTER WARNING. Permanece activado 22 sg.)
13:07:03	Se activa el <b>CABIN ALTITUDE</b> <sup>37</sup> warning. La altitud exterior es de 16.832 ft. Cuando se activa este aviso se enciende la luz del panel sobrecabeza, hay un aviso sonoro y aparece un mensaje en el EICAS.
13:07:39	Se activó el MASTER CAUTION.
13:08:31	La tripulación informó que iban a permanecer en FL 170 durante porque tenían un pequeño problema.
13:09:29	La tripulación informó que podían dejar el FL170 y siguieron ascendiendo. CABIN ALTITUDE seguía activo.
13:11:22	Alcanzaron FL 190 y pidieron mantenerse a ese nivel porque tenían un problemilla <sup>38</sup> .
13:12:56	La tripulación informó que tenían un problema de presurización y solicitaron descender.
<b>DESCENSO</b>	
13:13:17	ATC les autorizó descenso a FL130. Altitud de la aeronave 18.896 ft.
13:14:00	ATC les autorizó a FL110 dado que es el mínimo de aerovía.
13:14:55	Se desactivó el MASTER CAUTION. Altitud 13.648 ft.
13:16:10	La aeronave alcanzó 11.076 ft y se estabilizó a FL110.
13:16:57	ATC preguntó si tenían previsto volver a Madrid.
13:17:02	La tripulación informó a ATC que los controladores de presión no funcionaron y que iban a volver pero que tienen que consultar el peso de aterrizaje.
13:37:03	ATC informó a la tripulación de que han cambiado la configuración de pistas en el aeropuerto.
13:55:30	ATC les autorizó a descender a 8.500 ft.
13:56:11	Se desactivó el <b>CABIN ALTITUDE</b> <sup>39</sup> . Altitud de la aeronave, 10.136 ft.
14:02:00	ATC les autorizó a aterrizar en la pista 18L.
14:04:06	La aeronave se encontraba en tierra (señal GROUND ACTIVA).

<sup>37</sup> Este aviso se activa cuando la altitud de cabina es más de 10.000 ft.

<sup>38</sup> Probablemente poco tiempo antes se extendieron las mascarillas del pasaje lo que implicaría que la altitud de cabina era de 14.000 ft.

<sup>39</sup> El aviso se debería desactivar a una altitud de cabina de 8.500 ft.

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

Tras el aterrizaje la aeronave se trasladó por sus propios medios hasta el puesto de estacionamiento donde quedó preservada para su posterior inspección, con los daños observados en el apartado 1.3 (véase figura 1). Los restos encontrados por el personal señalero (TOAM<sup>40</sup>) fueron trasladados y preservados (véanse figuras 3 y 4).

La pista utilizada para el despegue (36L) mostraba daños en todo el recorrido de impacto de la aeronave desde la rotación (véase Apéndice D). Existían marcas en la pista desde la baliza 107 (mirando en el sentido de despegue 360°) hasta la 137 con un total de 525,4 m afectados (véase figura 5).



Figura 3. Vista de las piezas recogidas por el personal TOAM en el último tercio de la pista 36L



Figura 4. Vista de las piezas recogidas por el personal TOAM en la zona de toma de aeronaves de la pista 18L

<sup>40</sup> TOAM: Técnico de operaciones en el área de maniobras.



Figura 5. Vista de las marcas en la pista

### 1.13. Información médica y patológica

No se tuvo acceso al informe médico de las TCP que manifestaron dolores cervicales tras el aterrizaje de la aeronave en el aeropuerto de Madrid-Barajas. Según su testimonio fueron atendidas por el servicio médico del aeropuerto y posteriormente llevadas al hospital para una posterior evaluación, donde le cambiaron el collarín provisional que se les había colocado previamente.

### 1.14. Incendio

No hubo incendio tras el impacto.

### 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

No afecta a este caso.

## 1.16. Ensayos e investigaciones

Durante la investigación se comprobó, desde la posición real del controlador local de despegues de la pista 36L, la visibilidad de una aeronave en una posición similar, tanto en el umbral de la pista como en el momento de la rotación (véase figura 6), con el objeto de contrastar si el controlador podía haber advertido el roce con la pista de la aeronave.

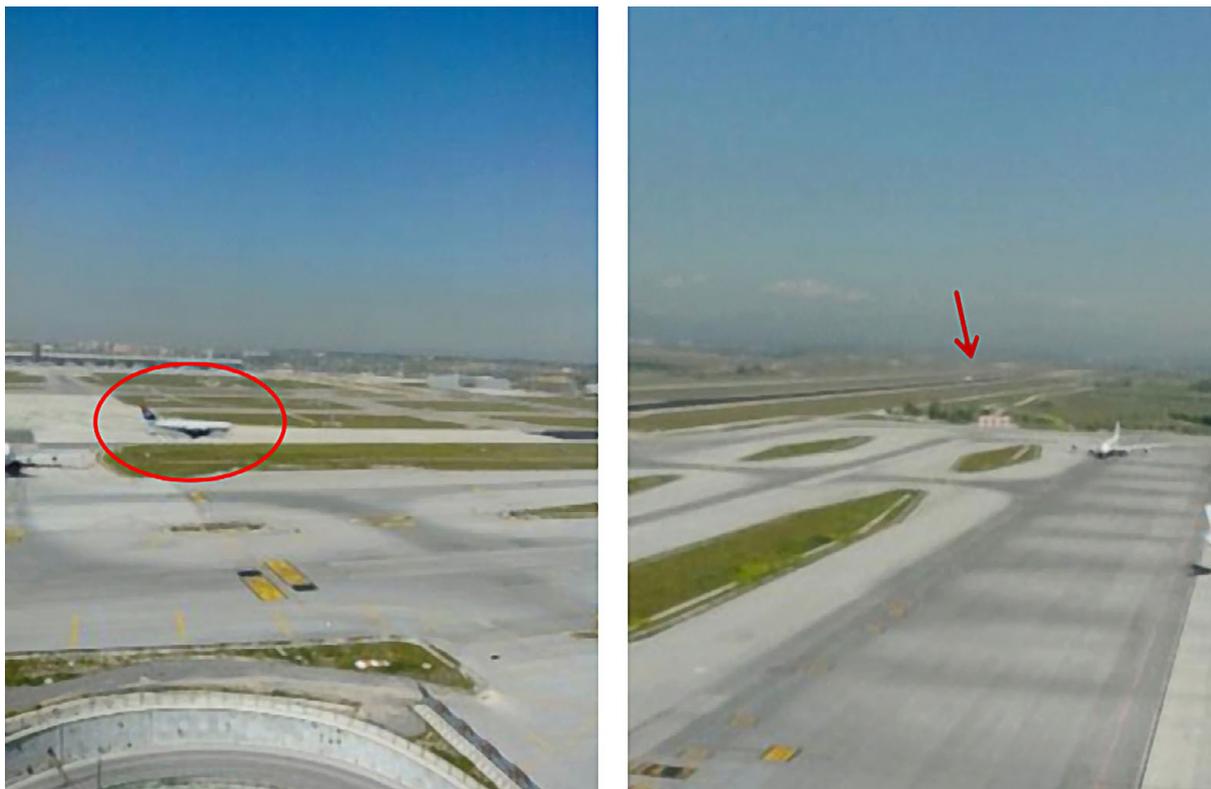


Figura 6. Vista de la posición en umbral y en rotación de una aeronave similar de Aeroméxico desde la posición del controlador

## 1.17. Información orgánica y de dirección

### 1.17.1. Información sobre el OPT

El «On-Board Performance Tool» (OPT) es una herramienta de Boeing, aprobada por la FAA, que permite realizar el cálculo de rendimientos («performance») de despegue y aterrizaje, incluyendo velocidades de despegue y ajustes de  $EPR^{41}$  o  $N1^{42}$  con empuje normal y temperatura equivalente. El personal encargado de efectuar el peso y balance

<sup>41</sup> EPR: relación de presión del motor («Engine Pressure Ratio»).

<sup>42</sup> N1: velocidad del compresor de baja en un motor de turbina.

del vuelo (despachador/oficial de operaciones) es el que utiliza esta herramienta. La descripción del uso, formatos y datos de salida se encuentra disponible en el Manual de Despacho de cada modelo. Este sistema permite el cálculo de performances de la aeronave realizados por un despachador de vuelo, independiente de cálculos realizados por la tripulación, para agilizar el proceso del despacho.

El día 18 de septiembre de 2012 se aprobó por La Dirección de Aviación de México la enmienda al Manual de despacho B767-200 en el cual se incluían los procedimientos OPT y también se actualizaban las tablas de pesos para despegue para las estaciones que no contaban con este software (aeropuerto de París-Charles de Gaulle y aeropuerto de Madrid-Barajas)<sup>43</sup>.

El 4 de octubre de 2012 se emitieron dos alertas operacionales<sup>44</sup> en Aeroméxico dirigidas a los pilotos de 737, 767 y 777 (FOA-16/12R2) y a los oficiales de operaciones (OA-05/12R2), en las cuales se informaba de la implementación del uso del OPT a partir del 1 de octubre para el cálculo de velocidades de despegue y ajuste de empuje (N1 o EPR) para la flota 737, 767 y 777. Durante la fase inicial de la implantación (del 1 al 15 de octubre) se informaba de que se deberían llevar consigo, como apoyo, las tablas de pesos de despegue y las correspondientes para el ajuste de empuje y mostrarlas al comandante si éste lo requería. A partir del 16 de octubre, considerada esta fecha como fase final de la implementación, el uso del OPT pasaría a ser la única forma de determinar las velocidades y ajustes de empuje. Por este motivo se alertaba de que las tablas de pesos de despegue publicadas en la intranet y en los manuales de despacho serían eliminadas y sustituidas por esa herramienta. Se informaba además de que, sólo en aquellas estaciones en las que no fuera posible la recepción del archivo en formato OPT, se enviarían los datos integrados al manifiesto de peso y centrado.

El archivo OPT tendría el formato que a continuación se indica:

---

<sup>43</sup> El cálculo de velocidades de despegue para estaciones fuera de territorio mexicano se llevaba a cabo en la Oficina de Despachos Internacionales ubicada en la Ciudad de México.

<sup>44</sup> Estas alertas cancelaban y sustituían a dos ya emitidas (FOA-16/12R1 y OA-05/12R1) el día 1 de octubre de 2012.

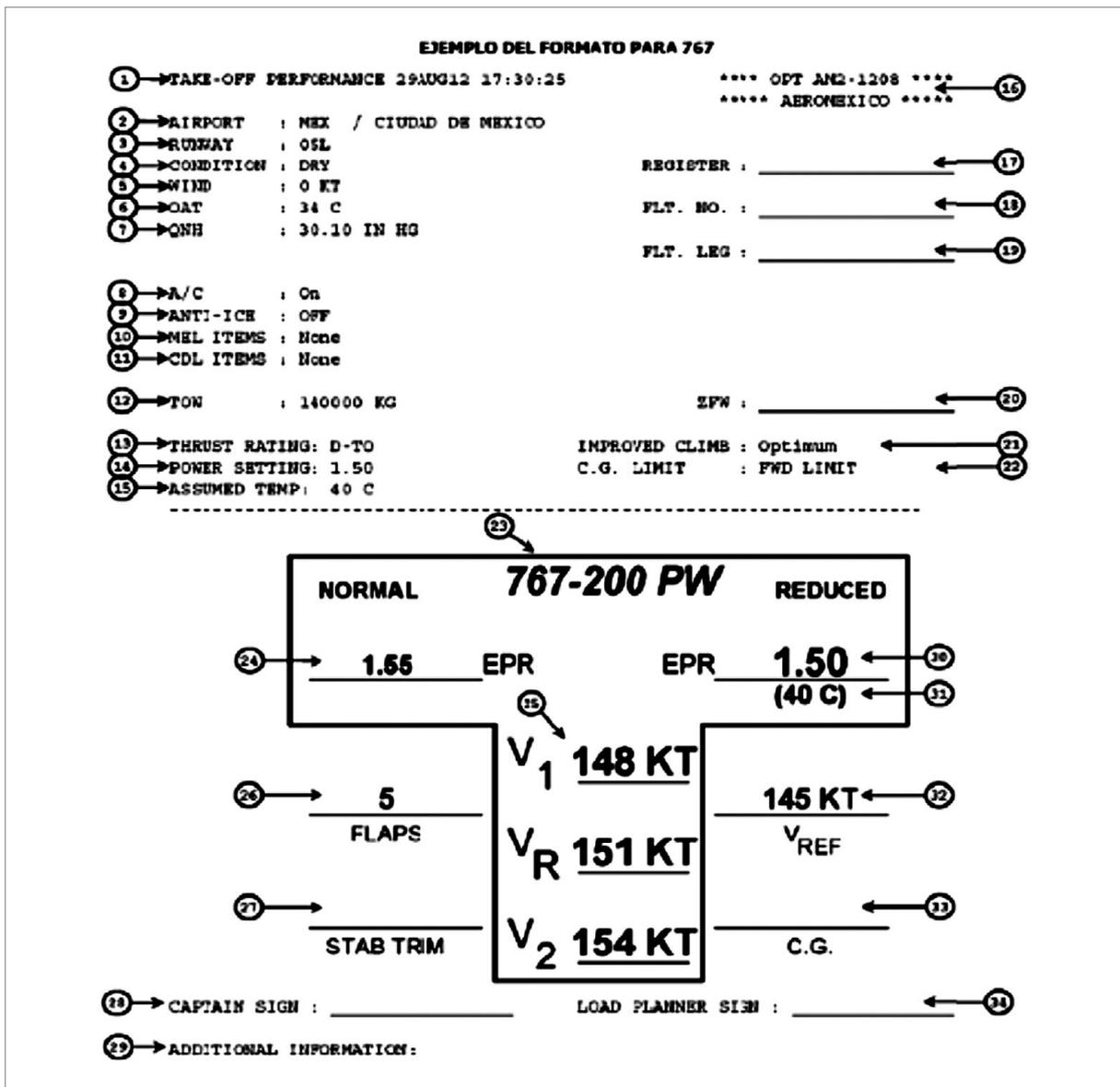


Figura 7. Ejemplo de formato de datos de performance en OPT

El 9 de enero de 2013 se emitió una alerta operacional<sup>45</sup> en AeroMéxico dirigida oficiales de operaciones (OA-06/12R2), en el que se recordaba al personal que cumpliera con las políticas establecidas en los manuales de despacho para el uso adecuado en la elección de algunos parámetros para el cálculo de velocidades.

En el momento del accidente, Aeroméxico proporcionaba otro medio alternativo de consulta para los pilotos a través de dispositivos electrónicos portátiles (PEDs), sin embargo, no tenía un procedimiento establecido asociado ya que los datos más precisos eran los calculados a través del OPT.

<sup>45</sup> Esta alerta cancelaba y sustituía a una ya emitida (OA-06/12R1) del día 31 de diciembre de 2012.

El día del accidente, en Madrid no existía estación con el software OPT instalado. La información que recibió la tripulación pocos minutos antes de comenzar el vuelo había sido enviada por correo electrónico desde México y se muestra a continuación:

```
Jefe turno  
-----  
De:  
Enviado el:          martes, 16 de abril de 2013 12:18  
Para:  
Asunto:             Sistema de mensajería  
  
ZCZC 969 161213 APR 13  
QU MADJTCR  
.MEXOPAM 161218/8046B5581  
TAKEOFF PREFORMANCE ****OPT AM2-1301****  
****AEROMEXICO****  
AIRPORT MAD REGISTER XA)T)O)J  
RUNWAY 36L FLT NO. 002  
CONDITION DRY FLT LEG MEX/MAD  
WIND CALM SUP. RWY ----  
OAT 23C ANTI-ICE E/W AUTO  
QNH 1023 MEL ITEMS NONE  
A/C ON CDL ITEMS NONE  
TOW 171687.KGS ZFW 105087.KGS  
THRUST RATING D-PW4060 IMPROVED CLIMB NONE OR FIXED  
POWER SETTING 1.38 C.G. LIMIT FWD2 LIMIT  
ASSUMED TEMP 55C  
-----  
NORMAL B767-200PW REDUCED  
1.58 EPR EPR 1.38  
*55 C*  
15 V1 118 KTS 125  
FLAPS VR 118 KTS VREF  
V2 126 KTS  
5.7 20.9  
STAB TRIM C.G.  
CAPT SIGN ----- LOAD PLANNER SIGN-----  
SENT-TO MEXOPAM MADJTCR
```

Figura 8. Datos recibidos por la tripulación el día del accidente

En el contenido de la información se incluían los datos de peso y velocidades presumiblemente calculadas a partir de esos datos.

La información en el formato del OPT con los resultados del cálculo introduciendo tanto los datos del TOW como erróneamente los del ZFW pueden verse en el Apéndice E.

Tras el accidente y con la misma fecha de éste, se emitieron en Aeroméxico dos alertas operacionales<sup>46</sup> dirigidas a los pilotos de 737,767 y 777 (FOA-03/13R1) y a los oficiales de operaciones (OA-03/13), complementando la información de los Manuales de Despacho y las alertas operacionales emitidas anteriormente, en las cuales se remarcaba que «El formato de OPT era el único documento oficial autorizado para entregarse a la tripulación de vuelo, no siendo aceptable el envío de la información generada por el OPT en un documento/formato distinto al proporcionado por el programa». En caso de que se entregara un formato distinto al especificado, el Comandante debía solicitar el formato obtenido mediante el OPT. Asimismo se solicitaba a todos los pilotos que verificaran y aseguraran que los datos contenidos en el formato oficial de OPT correspondieran con las condiciones reales de operación y configuración del avión/motor.

Del mismo modo el día del accidente se envió una circular dirigida a todos los pilotos en el cual se solicitaba que se hiciera una comprobación cruzada de datos del formato OPT.

La compañía también informó de la intención de proveer a la estación de Madrid con el equipo adecuado para imprimir el OPT autorizado.

En junio de 2013 se emitió una nueva alerta (que sustituía a otra de mayo) OA-04/13/R1 dirigida a los oficiales de operaciones sobre el uso y omisiones del OPT, recordando la aplicación de las políticas establecidas para el cálculo de las velocidades de despegue, ajustes de empuje y ajuste de flaps, y en la que se remarcaba que el ZFW sería anotado por el comandante del vuelo y no por los oficiales de operaciones que no manejarían este dato que podría llevarlos a cometer errores, puesto que realmente éste no se introducía en el sistema. De esta manera uno de los miembros de la tripulación también estaría directamente involucrado en el proceso de chequeo de datos. Esta última acción había sido distribuida a las tripulaciones mediante la circular MEXOJ-097/13.

A petición de esta Comisión, la compañía informó que existen avisos del sistema OPT que advierten de errores cuando se rebasaban los límites de pesos estructurales o pesos mínimos. Ahora bien, debido al amplio rango de variación de algunos datos, el sistema permite cálculos tanto para pesos muy bajos como para pesos próximos al máximo al despegue. Se preguntó al fabricante del software (Boeing) sobre la posibilidad de modificar el programa con objeto de que éste evitara la introducción de datos erróneos o incoherentes entre sí, o de alguna manera el sistema alertara de esa incoherencia. El fabricante informó que consideraría la propuesta de la Comisión en modificaciones futuras aunque en ese caso habría que cambiar tanto software como equipamiento.

---

<sup>46</sup> Estas alertas cancelaban y sustituían a dos ya emitidas (FOA-16/12R2y OA-05/12R2) el día 4 de octubre de 2012.

### 1.17.2. Información sobre experiencia de tripulaciones

Según información de la compañía ningún piloto volaba dos o más tipos de aeronave independientemente de haber podido volar otros modelos en el pasado. Había pilotos que volaban el B-737, otros el B-767, y otros el B-777.

Antes del accidente, no se podía formar una tripulación en B-767 y B-777 si dos o más miembros de la misma tenían 100 horas o menos en ese modelo de aeronave (piloto B100<sup>47</sup>). Como consecuencia del accidente, con el fin de garantizar tripulaciones con mayor experiencia en el modelo de aeronave, en junio de 2013 se modificó el mínimo de experiencia requerido para poder integrar tripulaciones y se estableció que no se podía integrar una tripulación si dos o más miembros de la misma tenían menos de 28 tramos (vuelos) asignados en un modelo de aeronave (pilotos B28). De esta forma se consideraban vuelos reales en la aeronave y no en simulador.

### 1.17.3. Información sobre los programas de entrenamiento en simulador

Según informó la compañía, durante las sesiones de adiestramiento inicial en sesiones de simulador B-767, se generaban escenarios utilizando pesos bajos que permitieran realizar aterrizajes y despegues sin tener que interrumpir los ejercicios, optimizando el tiempo de instrucción evitando resetear el sistema (por ejemplo aterrizajes y despegues considerando la limitaciones por el MLW<sup>48</sup>). Se muestra a continuación los pesos y velocidades proporcionados por la compañía:

Estas velocidades de referencia utilizadas en la formación inicial no se diferenciaban en gran medida de las calculadas por el OPT y utilizadas por la tripulación el día del accidente.

➤ Para las sesiones 201, 202, 203, 204, 241, 301, 302, 303, 304, 341, 401, 403, 404 aplican:

Peso	Velocidades
G.W. 120,200 kgs.	V1 122 kts
Z.F.W. 100,700 kgs.	VR 128 kts
FUEL 19,500 kgs.	V2 134 kts

Figura 9. Pesos y velocidades utilizados en simulación

### 1.17.4. Eventos anteriores

Según la información de la compañía, habían sucedido 2 casos de golpes en la cola de aeronaves durante la maniobra de despegue, ambos con el modelo de aeronave B737:

<sup>47</sup> Un piloto es considerado B100 cuando las horas en FFS («Full Flight Simulator», simulador móvil nivel C o D) más las voladas en la aeronave dan como resultado 100 h o menos. En el caso de la tripulación del accidente ninguno de sus miembros era piloto B100.

<sup>48</sup> MLW: Peso máximo en aterrizaje («Maximum Landing Weight»).

- El 10 febrero del 2010, con un modelo B737-800 la aeronave sufrió un golpe en el patín de cola («Tail Strike») debido a una rotación anticipada de la aeronave, derivado de aparentes errores en el cálculo de velocidades por medio de tablas, unido a un incremento acelerado del régimen de rotación durante el despegue.
- El 24 de enero de 2013, con un modelo B737-800 la aeronave sufrió un golpe en el patín de cola durante el despegue, debido, según la compañía, a que la rotación de la aeronave se inició 2 kt antes de la  $V_r$  determinada, unido a un máximo valor de régimen de rotación registrado de 5,63° por segundo (FDR), siendo el valor máximo permitido de 3° por segundo.

Otro caso no informado por la compañía hacía referencia no a un golpe en la cola como tal sino a dos equivocaciones observadas durante la entrega de la documentación de despacho a la tripulación. En estos casos, ocurridos a principios del año de 2013, se observó que el peso introducido había sido el ZFW o el MTOW en lugar de los TOW. Afortunadamente la tripulación se dio cuenta del error y las velocidades erróneas fueron rectificadas.

Por otro lado la compañía emitió una circular con objeto de recordar a las tripulaciones de todas las flotas de Aeroméxico los valores de rotación y ángulo de cabeceo de cada avión de la flota de acuerdo a los manuales del fabricante y que ya venía reflejado, por ejemplo, en el FCTM. Esta circular se muestra a continuación:

**JEFATURA DE PILOTOS**  
**CIRCULAR No. MEXOJ-091/13**

México, D.F. a 14 de Mayo de 2013.

**A: TODOS LOS PILOTOS**

**ASUNTO: "EVENTOS DE TAIL STRIKE":**

Estimados Compañeros:

Derivado de los recientes acontecimientos (cuatro eventos "TAIL STRIKE" en nuestros equipos, 2 de estos en los últimos 5 meses), nos permitimos solicitar a ustedes de su apoyo para apegarse a los procedimientos establecidos en la técnica de despegue tal como se indica en el FCTM correspondiente:

- No rotar anticipadamente el avión hasta alcanzar la  $V_r$ .
- Respetar el régimen de rotación.
- Respetar el ángulo máximo establecido para cada equipo.

REGIMEN DE ROTACIÓN		ÁNGULO DE IMPACTO TAIL STRIKE	
B-737	DE 2° A 3° / SEG	B-737-700	14.3°
B-767	DE 2° A 2.5° / SEG	B-737-800	11°
B-777	DE 2° A 2.5° / SEG	B-767-200	13.1°
B-787	DE 2° A 2.5° / SEG	B-767-300	9.6°
		B-777 LR	12.1°
		B-787	11.2°

Figura 10. Ángulos máximos de rotación

Después de emitida esta circular, se tuvo un evento de «Tail Strike» en el modelo B-737 el día 25 de mayo de 2013, situación que provocó que se revisaran los procedimientos operacionales (SOP<sup>49</sup>) para que las tripulaciones incluyeran en sus *briefings*, antes de cada despegue, el recordatorio de régimen de rotación y máximo ángulo de cabeceo de cada modelo de aeronave (véase figura 11).

***El Capitán coordinara:***

- La salida de plataforma y el rodaje a la pista en uso.

***EL PF coordinara el TAKE OFF BRIEFING.***

- **Durante este briefing, se deberá hacer mención del régimen de rotación para cada equipo, así como el ángulo máximo.**
- La falla de motor antes y después de V1 (si existiese un procedimiento especial de ascenso se **mencionará**).
- **Procedimiento de abatimiento de ruido ( si aplica )**
- El ascenso IFR publicado o ascenso visual en ruta. **(Mencionar si las condiciones orográficas son factor durante el ascenso que requiera coordinarse).**
- En el primer vuelo y/o con cambio de tripulación del día efectuar la coordinación de **Cabin Alt Warning.**

Figura 11. Revisión de SOP para incluir comprobación previa del ángulo máximo de rotación

La compañía también valoró el introducir el software OPT en los PED de los miembros de la tripulación para poder realizar comprobaciones o cálculos extraordinarios.

### 1.17.5. Información de golpes en la cola («Tail Strike»)

En el Apéndice F puede encontrarse el procedimiento a realizar según el QRH<sup>50</sup> en caso de un impacto con la cola. El punto más importante hace referencia a no presurizar la aeronave debido a la posibilidad de un daño estructural. Seguidamente hay que seleccionar el modo de presurización manual y volar a la menor altitud segura posible. Como último punto se establece que *no* hay que completar el procedimiento de CABIN AUTOMATIC INOPERATIVE.

### 1.17.6. Información sobre recuperación de la pérdida o con proximidad a la pérdida

Una condición de pérdida puede aparecer a cualquier altitud y puede ser reconocida por una activación continua de la vibración de la palanca de mando («stick shaker») acompañada de una o de más de las siguientes condiciones:

- Bataneo, el cual puede ser muy fuerte a veces.

---

<sup>49</sup> SOP: «Standard Operacional Procedures».

<sup>50</sup> QRH: Manual de referencia rápida («Quick Reference Handbook»).

- Falta de mando en el cabeceo y alabeo.
- Incapacidad para parar el régimen de descenso.

De acuerdo con el QRH (véase apéndice F), se establece lo que inmediatamente hay que hacer ante la primera indicación de pérdida (bataneo o vibración de mando (Stick Shaker)). Entre las principales acciones se encuentran las de desconectar el piloto automático y el empuje automático y seguidamente picar suavemente la aeronave hasta que desaparezcan las indicaciones. Durante la segunda fase se hace referencia a aumentar el empuje de los motores. No obstante, en el FCTM, se establece que bajo ciertas condiciones en las cuales ya hay establecida una configuración de altos empujes, tales como despegues o «maniobras de go arounds», puede ser necesario reducir la potencia para evitar que aumente el ángulo de ataque.

#### 1.17.7. Información sobre cabina estéril

El periodo de cabina estéril es aquel en el cual los pilotos no deben ser interrumpidos en sus labores dentro de la cabina de mando, salvo casos de emergencia y/o de interferencia ilícita.

De acuerdo al Manual General de Operaciones la activación de la cabina estéril se inicia:

- Antes del despegue y termina durante el ascenso donde lo indique la lista de comprobación o a 10.000 ft sobre el terreno,
- Durante el descenso donde lo indique la lista de comprobación o 10.000 ft sobre el terreno y termina al abandonar la pista después del aterrizaje.

Para los modelos de aeronave B737, B767 y B777, la indicación a la Tripulación de Cabina de la finalización (durante ascenso) o inicio (durante descenso) de la cabina estéril será por medio del mensaje «Tripulación de cabina cruzando 10.000 ft».

Durante el periodo de Cabina Estéril los pilotos sólo deberán realizar actividades relacionadas con la conducción segura del vuelo, evitando actividades que los distraigan como cumplimentación de documentación, ingesta de alimentos, comunicación no esencial entre pilotos y/o TCP; en caso de requerir comunicarse con los TCP, la comunicación se realizará vía interfono y/o PA<sup>51</sup>.

No obstante, según el Manual de Sobrecargos se establece que mientras permanezca la cabina estéril toda comunicación con cabina de pilotos se realizará vía auricular/interfono. La cabina estéril podrá interrumpirse cuando los TCP comuniquen información concerniente a situaciones anormales ocurridas en la cabina de pasajeros que pudieran originar una situación de emergencia. Entre las funciones del TCP expuestas en el

---

<sup>51</sup> PA: Sistema de aviso a los pasajeros («Passenger Address»).

Manual General de Operaciones se incluye la de informar de inmediato al ESB de cualquier anomalía en la cabina de pasajeros para su atención. El ESB deberá coordinar con el comandante y con el resto de los TCP la atención de emergencias y condiciones anormales.

De esta manera se establece que, cuando exista una situación que involucre situaciones de seguridad en cabina, se deberá coordinar con la tripulación de vuelo la atención de cualquier condición anormal o de emergencia a través de la llamada de emergencia (tres timbres en el caso del B767) y adicionalmente especificar de manera verbal el tipo de emergencia. La llamada será la misma en caso de que la tripulación de vuelo necesite informar a la tripulación de cabina de una irregularidad grave o emergencia.

### 1.17.8. Información sobre el sistema de presurización

La presurización de cabina se controla mediante el ajuste del aire climatizado en cabina a través de la válvula de escape («outflow valve»). Las válvulas de alivio de presión positiva y las compuertas de alivio de presión negativa protegen el fuselaje de una excesiva presión diferencial. El sistema de presurización consta de un modo de operación automático y otro manual.

El sistema de presurización está en modo automático cuando el selector de la altitud de cabina está seleccionado el AUTO1 o AUTO2 (véase figura 12). Si el modo auto seleccionado fallase, el control es transferido automáticamente al otro modo auto.

En el modo automático, el sistema de presurización usa los datos de presión ambiente del sistema de datos de aire conjuntamente con el régimen automático de cabina seleccionado, la altitud de despegue y la altitud de aterrizaje indicada para calcular el patrón de presurización de cabina.

Si la altitud de cabina asciende por encima de 10.000 ft, las luces de CABIN ALT (panel central delantero/«center forward panel») y CABIN ALTITUDE en el panel superior («overhead panel») se iluminan, se activa un aviso acústico y aparece en el EICAS<sup>52</sup> un aviso de emergencia («warning») CABIN ALTITUDE. Las luces se apagarán y el mensaje del EICAS desaparecerá cuando la altitud de cabina descienda por debajo de los 8.500 ft.

La luz de AUTO INOP se ilumina, se activa un aviso acústico y aparece un aviso de alerta («caution») de CABIN AUTO INOP en el EICAS cuando el control de presurización automática falla o si la selección del modo de la altitud de cabina se pasa a manual (MAN). En estos casos es necesario operar el control de presurización en modo manual. Para operar el sistema manualmente, una vez pasado éste al modo manual, hay que

---

<sup>52</sup> EICAS: Sistema de indicación de motor y de alerta a la tripulación («Engine Indication and Crew Alerting System»).

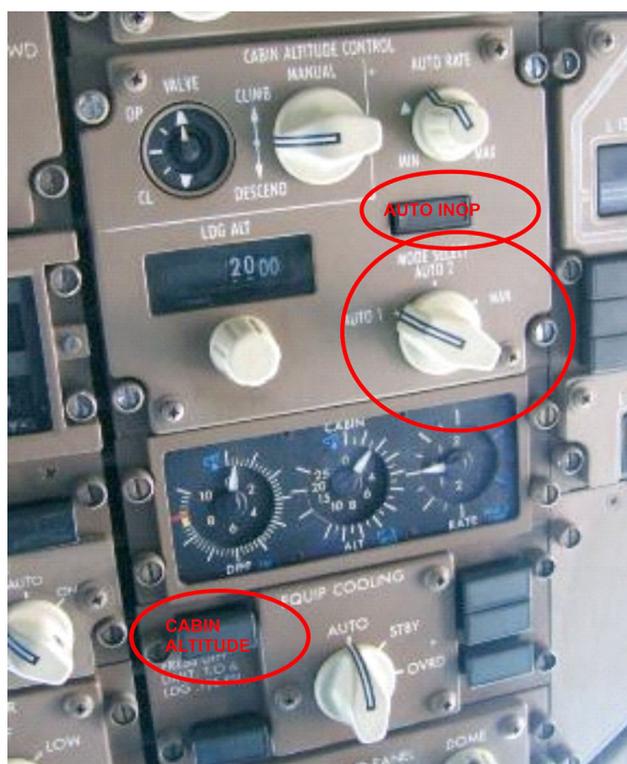


Figura 12. Panel de control de la altitud de cabina

mantener el selector en CLIMB para abrir la válvula de escape y permitir que la altitud de cabina suba o mantener el selector en DESCEND para cerrar la válvula de escape y permitir así que la altitud de cabina descienda. Existe un indicador que muestra el estado abierto/cerrado de la válvula de escape (OP/CL).

En el Apéndice F puede encontrarse el procedimiento a realizar según el QRH en caso de un aviso en cabina de CABIN ALTITUDE y CABIN AUTO INOPERATIVE. En el primer caso, tratándose de un aviso de emergencia y al no poder controlar la altitud de cabina, la tripulación debe descender sin demora a la menor altitud de seguridad posible o a 10.000 ft. El segundo caso es el que siguió la tripulación.

#### 1.17.9. Información sobre declaración de emergencia

De acuerdo a su *Manual General de Operaciones* y en línea con los requisitos del Anexo 2 y 10 sobre declaración de emergencia:

Cuando se encuentre en una situación de emergencia, el Piloto al mando tan pronto las circunstancias lo permitan, deberá comunicarse con el ATC y declarar la emergencia.

Algunos ejemplos de emergencia son:

- Falla o fuego de motor en vuelo.
  - *Despresurización de cabina.*
  - Fuego o humo en cabina de pasajeros y/o pilotos.
  - Estabilizador incontrolable.
  - Pérdida de control del avión.
  - Incapacidad de un piloto.
  - Combustible por debajo del combustible de emergencia.
- [...]
- Cualquier otro evento que a juicio del comandante ponga en riesgo la seguridad del avión, pasajeros o tripulación.

La despresurización en cabina está catalogada en el *Manual General de Operaciones* de la compañía con Alerta 2 de entre 3 posibles, es decir, situación que representa un peligro para personas, aeronaves, instalaciones o a las operaciones

De acuerdo a las circunstancias se deberán utilizar las comunicaciones de socorro y urgencia.

Las señales de socorro (MAYDAY), utilizadas conjuntamente o por separado, significan que existe una amenaza de peligro grave e inminente y que se pide ayuda inmediata.

Según el manual estas llamadas sólo podrán transmitirse por orden del Comandante de la aeronave.

Las señales de urgencia (PAN-PAN), utilizadas conjuntamente o por separado, significan que una aeronave desea avisar que tiene dificultades que la obligan a aterrizar pero no necesita asistencia inmediata.

La tripulación no realizó llamada de emergencia notificando tener únicamente un problema de presurización.

### 1.17.10. *Información sobre preservación de datos de los registradores*

De acuerdo al *Manual General de Operaciones* de la compañía y en línea con lo establecido en el apartado 6.3.4 del Anexo 6 de OACI se establece lo siguiente:

#### **Grabadoras de Vuelo y de Voz (MGO)**

*Las grabadoras de vuelo y de voz por ningún motivo deberán ser cortadas o desenergizadas intencionalmente durante el vuelo, excepto si algún procedimiento anormal o de emergencia así lo requiera.*

*Para conservar los registros contenidos en los registradores de vuelo, éstos deberán desconectarse una vez completado el tiempo de vuelo después de un accidente o incidente, y no volver a conectarse hasta que se hayan retirado dichos registros.*

En el *Manual General de Operaciones* no se indica expresamente quién es el responsable de desconectar los equipos para conservar las grabaciones ni tampoco la forma en que debería realizarse aunque sí aclara que se realice una vez que se complete el tiempo de vuelo. La normativa aplicable en España (EU OPS, OPS 1.085) establece estas tareas como responsabilidades del comandante. Por otro lado, el Anexo 6, PARTE 1, de OACI recoge en el capítulo 3 que el explotador se cerciorará de que las tripulaciones deben conocer las leyes, reglamentos y procedimientos de aquellos Estados en los que realizan las operaciones. En el «Capítulo 10. Operaciones Internacionales» del *Manual General de Operaciones* hace referencia de modo genérico a la observación de requisitos de la normativa europea.

#### 1.17.11. *Procedimiento de autorización y retroceso del aeropuerto de Madrid-Barajas*

Según la información del AIP en su apartado 1. Puesta en marcha de motores/turbinas:

A. Las aeronaves deben estar completamente listas para puesta en marcha antes de llamar en la frecuencia correspondiente

[...]

D. Cuando se expida el permiso de puesta en marcha u hora en la que pueda efectuarse, BARAJAS-AUTORIZACIONES entregará a la aeronave la autorización ATC. Cuando la aeronave solicite retroceso o rodaje, BARAJAS-AUTORIZACIONES instruirá a la aeronave a que comunique con el Servicio de Dirección de Plataforma (SDP) en la frecuencia correspondiente. El Servicio de Dirección de Plataforma (SDP) será el encargado de expedir las instrucciones y aprobación de retroceso y/o rodaje.

La compañía informó que el procedimiento publicado en las cartas Jeppesen (acorde con el publicado en el AIP) para inicio de «push back» (retroceso) en el aeropuerto de Barajas, indicaba que para solicitar autorización de vuelo se debía estar completamente listo para el remolque. Normalmente las tripulaciones, después de haber recibido la autorización de puesta en marcha, tenían tiempo para comparar los datos insertados en la FMC, coordinar lo necesario entre ellos para el despegue y seguimiento de la salida autorizada, así como los procedimientos a seguir en caso de un despegue discontinuado o fallo de motor durante el ascenso inicial. Tras esto se recibía la documentación de peso y centrado así como el OPT, y una vez completado se concentraban en lo que se refería al proceso de remolque, arranque y rodaje. Según información de la compañía, la flota que volaba normalmente la ruta a Madrid era el modelo B-777. El modelo B-767 no solía ser asignado a esta ruta. Las tripulaciones del modelo B-777, con la experiencia ya adquirida en este aeropuerto, sugerían que de manera anticipada se solicitara a control información sobre si era esperado algún cambio en el plan de vuelo presentado con la finalidad de coordinar lo necesario y no llevar a cabo varias tareas en poco

tiempo, mejorando así la conciencia situacional y buscando cumplir con los procesos sugeridos en los manuales.

### 1.17.12. Información sobre la activación de la alarma en el aeropuerto y procesos de revisión de pistas

La lista de aeronaves (indicativos de llamada) que despegaron tras la aeronave del accidente fue la siguiente:

#### LISTADOS DE DESPEGUES RWY36L

	ATOT <sup>53</sup> (UTC)	Tipo de avión
AMX-002	12:59	B762
AEA-1173	13:05	E95
IBE-3172	13:12	A321
AEA-1093	13:13	B738
AEA-1015	13:14	B738
AEA-9048	13:16	A332
AEA-9164	13:18	A332
AEA-051	13:28	A332
AEA-071	13:29	A332

La Alarma Local se activó a las 16:53 h como consecuencia de la llamada de urgencia PAN-PAN de la aeronave con indicativo de llamada AEA071 que volvía al aeropuerto debido a fallo en el tren de morro. Esta alarma se canceló a las 18:29 h.

De acuerdo a la información proporcionada por el aeropuerto, hay establecidas 4 revisiones diarias de pista y pueden ser realizadas todas las necesarias en caso de que se notifique la posibilidad de existir un aviso de FOD<sup>54</sup> en pista.

Estas revisiones estándar deben cumplir las siguientes franjas horarias

Horas	REV 1	3:00	9:00
	REV 2	9:00	15:00
	REV 3	15:00	21:00
	REV 4	21:00	3:00

<sup>53</sup> ATOT: Hora real de despegue («Actual Take Off Time»).

<sup>54</sup> FOD: Objetos extraños en pista («Foreign Object Debris»).

El día de accidente se realizaron las siguientes revisiones:

- 04:18 h. Revisión programada.
- 10:42 h. Revisión programada.
- 13:28 h. Revisión y limpieza de la pista 18R/36L debido a la notificación de objetos en ella por parte de las aeronaves con indicativos de llamada AEA071 y AEA051. Se retiran piezas metálicas.
- 14:50 h. Revisión de la pista 18L/36R tras observar los desperfectos de la aeronave con indicativo de llamada AMX002<sup>55</sup> que tomó por ella. Se retiraron piezas metálicas.
- 15:18-15:26 h. Revisión de las otras dos pistas.
- 17:44 h. Revisión de la pista 18R-36L tras la toma de la aeronave con indicativo de llamada AEA071. No se encuentra nada.
- 20:32 h. Se revisó la pista 14L-34R a petición de TWR por impacto con ave. Se retiraron restos.
- 22:49 Se revisa la pista 18L-36R por aviso de impacto con ave. No se encuentran restos.
- 22:51-23:19 h. Se revisaron las otras tres pistas.

Tras el accidente el aeropuerto realizó su propio análisis interno de la gestión del mismo que proporcionó a esta Comisión. Este análisis dio como resultado que se había realizado actuación correcta acorde con los procedimientos del aeropuerto. No obstante se identificaron áreas de mejora y se creó un nuevo procedimiento con dos instrucciones asociadas para complementar el proceso de inspecciones de pistas:

- Instrucción operativa para Inspecciones Visuales en Regresos y Desvíos.
- Instrucción operativa para el tratamiento de FOD encontrados en pista.

## 1.18. Información adicional

### 1.18.1. *Información sobre los golpes en la cola y problemas de presurización asociada*

Los golpes en la cola pueden causar daños significativos en el mamparo cortafuegos. El fallo de este mamparo durante el vuelo puede desembocar en el colapso de la cola si el vuelo continúa mientras la aeronave está presurizada.

Existen varios estudios y diversa información publicada sobre los golpes en la cola (Boeing<sup>56</sup> y Airbus<sup>57</sup>). Según información publicada en su página web, Boeing trabaja en reducir los golpes en la cola diseñando e implementado nuevos dispositivos en algunos

---

<sup>55</sup> Se observaron daños importantes en el cono de cola de la aeronave así como tres ruedas del tren principal derecho reventadas y una rueda reventada en el tren principal izquierdo.

<sup>56</sup> [http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_1\\_07/article\\_02\\_1.html](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_1_07/article_02_1.html)

<sup>57</sup> <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/195.pdf>

modelos más sensibles o modificando procedimientos de despegues como resultado de exhaustivas pruebas realizadas durante los despegues.

En el caso de los despegues, varios factores aumentan la posibilidad de un golpe en la cola:

- Estabilizador mal compensado.
- Técnicas de rotación inapropiadas.
- Uso inapropiado del director de vuelo.
- Relación empuje/peso.
- Configuración de flaps/slats.
- Rotación antes de la  $V_r$ 
  - Rotación temprana: muy agresiva, malinterpretación.
  - Rotación temprana: velocidades de despegue incorrectas.
  - Rotación temprana: especialmente cuando hay una diferencia significativa entre la  $V_1$  y  $V_r$ .
- Excesiva actitud de cabeceo en el inicio.
- Fuertes ráfagas de viento y/o viento cruzado fuerte pueden causar pérdida de velocidad aerodinámica y/o la necesidad de modificar el control de vuelo lateral que pueda desplegar algunos spoilers de vuelo, reduciendo por tanto la cantidad de sustentación en la aeronave.
- Nivel de aceite del amortiguador.

Estos factores pueden mitigarse utilizando técnicas de despegue adecuadas (referidas al Manual de Operaciones para un modelo específico) incluyendo:

- Comprobar visualmente asimetrías entre trenes de aterrizaje y posibles fugas de hidráulico antes del vuelo.
- Comprobación cruzada cuidadosa de los datos de despegue entre miembros de tripulación.
- Seleccionar la configuración apropiada de flaps.
- Técnica normal de rotación en despegue.
- Rotación en el momento adecuado. Rotar antes significa menos sustentación y menos distancia de la cola al terreno.
- Rotación con el régimen adecuado- no rotar con un régimen excesivo o con una actitud de cabeceo excesiva.
- Uso de las velocidades de despegue correctas.
- Considerar el uso de una selección más alta de flap para proporcionar una separación de la cola adicional en algunos modelos.
- Uso de la cantidad apropiada de alerón para mantener los planos nivelados durante la carrera de despegue.

La tripulación puede no ser siempre consciente de que ha tenido un golpe en la cola porque el impacto no se haya sentido. El análisis de eventos indica que, en algunos casos, la cola roza tan ligeramente que la tripulación no lo siente. En estos casos, la tripulación suele ser alertada de un posible golpe por los pasajeros, tripulantes de cabina, tripulaciones de otras aeronaves que se encontraban cerca de la pista, ATC o personal de tierra.

Como consecuencia, la tripulación será consciente de que el fuselaje se puede haber dañado y la cabina por lo tanto puede no estar presurizada. La velocidad vertical de cabina podrá ser entonces la misma que la de la aeronave, por lo que deberá limitarse para conseguir el confort de los pasajeros. Deberá por tanto evitarse volar a una altitud que requiera una cabina presurizada y deberá llevarse a cabo el desvío a un aeropuerto adecuado para poder evaluar los daños sufridos.

### 1.18.2. Información sobre prevención de salidas de pista de Eurocontrol<sup>55</sup>

Dentro del marco del Plan de Acción Europeo para la prevención de salidas de pista de Eurocontrol se hace una mención explícita con una recomendación asociada al proceso de gestión de los datos obtenidos del despacho por parte de las tripulaciones.

Recomendación 3.4.13: el operador de la aeronave debería asegurar que sus SOP (Procedimientos de operación estándar) requiriera que la tripulación realizara un cálculo independiente de los datos de despegue y contrastara los resultados con los recibidos. El operador debería asegurar que sus SOP incluyen la comprobación («cross-checking») por los miembros de la tripulación, y la introducción de los datos de la hoja de carga y centrado así como los datos de «performance» en el computador de gestión de vuelo (FMC).

Tradicionalmente los despachadores proporcionan a la tripulación los datos de peso y centrado o la hoja de carga conteniendo toda la información. En algunos casos la tripulación rellenan la hoja de carga y centrado manualmente. En este caso la compañía debería proporcionar procedimientos a los pilotos para realizar la comprobación de la información antes de utilizarla para los cálculos de «performance». El siguiente paso deberá ser utilizar la información tanto para ser introducida en el EFB (Mochila electrónica de vuelo)<sup>56</sup> como para realizar los cálculos en papel. Estos cálculos deberían ser realizados antes de recibir la información de carga y centrado final cuando ya se tenga información bastante aproximada de la carga real final para evitar errores debido al factor tiempo.

---

<sup>55</sup> <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2053.pdf>

<sup>56</sup> EFB: «Electronic Flight Bag». Sistema integrado, semi-integrado o portátil de Boeing y Jeppesen para realizar, entre otros, cálculos de *performances*. Similar en este caso al sistema OPT instalado en los dispositivos electrónicos de los miembros de la tripulación.

### 1.18.3. Información sobre la importancia de la descompresión de cabina<sup>57</sup> e hipoxia

El riesgo principal de una cabina presurizada es la posibilidad de que haya una descompresión en cabina. Esto puede ser debido a un funcionamiento defectuoso del sistema de presurización o debido a daños en la aeronave que causan una fisura en la estructura que permite que el aire de cabina salga de la aeronave (pérdida de una ventana, grieta en el fuselaje debido a una explosión...). La pérdida de presurización puede ser lenta (en caso de una pequeña fuga de aire), mientras que la descompresión explosiva o rápida ocurre de repente, normalmente en pocos segundos.

Las consecuencias de la descompresión, y su impacto en los ocupantes de cabina, dependen de un número de factores incluyendo:

- La dimensión de la cabina; cuanto más larga mayor tiempo de descompresión.
- El daño a la estructura de la aeronave; cuanto más grande es la abertura, más rápido es el tiempo de descompresión.
- La presión diferencial; cuanto mayor es la presión diferencial entre la cabina y la exterior, más enérgica es la descompresión.

Cuando la presión de cabina desciende, los ocupantes de cabina dejan de estar protegidos de los peligros de las altas altitudes, y existe un incremento de riesgo de hipoxia, descompresión, malestar severo e hipotermia. Es por tanto importante que los miembros de la tripulación reconozcan los diferentes tipos de descompresión y reaccionen eficazmente para superar las dificultades asociadas a la pérdida de presión en cabina.

La descompresión lenta o inesperada supone una disminución muy gradual de la presión de cabina. Esto puede ser el resultado de un sellado defectuoso de una puerta, un mal funcionamiento en el sistema de presurización o una ventana agrietada.

La descompresión lenta puede no ser siempre obvia. La tripulación puede no notar los cambios en cabina hasta que las máscaras de oxígeno caigan de las Unidades de Servicio al Pasajero (PSU). Por tanto, la tripulación debe ser consciente de aquellos signos que puedan indicar una descompresión lenta. En algunos casos, un ruido inusual como un silbido o siseo alrededor de las áreas de las puertas puede ser una indicación de una descompresión lenta; por tanto la tripulación debe ser avisada inmediatamente.

Una de las primeras indicaciones fisiológicas de una descompresión lenta puede ser un malestar en los oídos, dolor de articulaciones o de estómago debido a la expansión de los gases pero el mayor peligro durante la descompresión, ya sea ésta una descompresión súbita o gradual, es la hipoxia.

---

<sup>57</sup> [http://www.airbus.com/fileadmin/media\\_gallery/files/safety\\_library\\_items/AirbusSafetyLib\\_-FLT\\_OPS-CAB\\_OPS-SEQ09.pdf](http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/safety_library_items/AirbusSafetyLib_-FLT_OPS-CAB_OPS-SEQ09.pdf)

La hipoxia es una oxigenación deficiente a nivel celular, que altera las funciones de diversos órganos, siendo el sistema nervioso (cerebro) el más sensible a esta falta de oxígeno. Este déficit de oxigenación se presenta en un individuo normal a partir de los 10.000 ft de altitud, a pesar de que la proporción de oxígeno se mantiene en un 21% desde el nivel del mar hasta aproximadamente 115 km de altura.

Con la altitud al expandirse el aire, el número de moléculas disminuye, bajando así la presión parcial de los gases que componen la atmósfera aunque se conserve la misma relación de porcentaje. Esto es lo que vuelve crítico el nivel de los 10.000 ft para conservar una oxigenación por encima del 87% en la sangre arterial que es la adecuada para las funciones biológicas del organismo.

A medida que la hipoxia aumenta, en el individuo se empieza a deteriorar el juicio, el razonamiento, la memoria, la inteligencia, el estado de alerta, se vuelve indiferente, puede tener la sensación de falso bienestar, presentársele dolor de cabeza, mareo, euforia y los síntomas a medida que pase el tiempo o se incremente la altitud llegan a ser críticos perdiendo finalmente la consciencia. Por ello las tripulaciones y pasajeros de una aeronave deben contar siempre en vuelo con sistemas de oxígeno para evitar la hipoxia, tenga o no cabina presurizada.

Cuando un piloto vuela en una cabina con presiones de 15.000 ft, si no lleva su oxígeno puesto, su visión se vuelve borrosa, su campo visual reduce provocando la llamada «visión de túnel» que semeja el ver por luz de un tubo; las uñas, los labios y las orejas presentan un color violáceo; su tiempo de conciencia útil (T.U.C.) decrece a medida que incrementa la altitud. A los 18.000 ft es de 20 a 30 minutos, a los 20.000 ft disminuye de 8 a 15 minutos y si no se administra oxígeno presentará pérdida de la consciencia.

Los efectos de la hipoxia son usualmente muy difíciles de reconocerse parcialmente cuando éstos se presentan en forma gradual. Si no se llevan a cabo las acciones pertinentes para resolver el problema de la falta de oxígeno (sistema de presurización) y el descenso de la aeronave a la altitud de seguridad de 10.000 ft las consecuencias pueden ser fatales<sup>58</sup>.

#### **1.18.4. Declaraciones de testigos**

##### **1.18.4.1. Tripulación técnica**

La tripulación había llegado el domingo por la mañana a Madrid. El día del accidente, martes, los pilotos fueron recogidos del hotel llegando a la aeronave una hora y media antes de la salida.

---

<sup>58</sup> Véase como ejemplo accidente de la compañía Helios Airways cerca de Atenas el 14 de agosto de 2005: [http://www.aaiasb.gr/imagies/stories/documents/11\\_2006\\_EN.pdf](http://www.aaiasb.gr/imagies/stories/documents/11_2006_EN.pdf)

En cabina iban 3 pilotos, cada uno con sus funciones en vuelo. El primer copiloto ayudaba al comandante (piloto a los mandos) a introducir el plan de vuelo en el FMS, briefing de ruta de rodaje, pista en servicio, e introducir la posición para alineamiento de los inerciales<sup>59</sup>. En los vuelos oceánicos se completaba una lista de chequeo especial. La tripulación había escuchado los ATIS y pedido autorización a ATC. Posteriormente se hacía una comprobación, junto con el comandante, con ayuda del plan de vuelo y las cartas oceánicas. Cargaban en el FMS secundario los datos de fallo de motor en despegue. El comandante realizaba briefing con el ejecutivo (TCP) sobre cuestiones de seguridad y tratos con pasajeros conflictivos. El segundo copiloto comprobaba el cuaderno de vuelo («logbook»), realizaba la inspección física de la aeronave («walkaround»), gestionaba la introducción de posiciones en el inercial y realizaba coordinaciones con los TCP. Durante la inspección física no notó nada anormal y aunque no se podía acceder al APU, recordaba que las compuertas estaban cerradas.

La empresa de handling les entregó 3 planes de vuelo siendo uno de ellos el Master. Se recibieron los dos tipos de NOTAM (I Navegación y II Aeropuerto). El sistema OPT era de reciente implantación, seis meses antes tenían que chequear los datos con tablas (RTOW), pero en ese momento se les suministraba desde México los datos de hoja de carga (peso y centrado) así como las velocidades operacionales de despegue en conjunto con el análisis de pista. El personal que les hacía entrega de la información no tenía licencia de despachador de vuelo por lo que no podían hacer el cálculo ni respondían de la información facilitada desde México. Cinco minutos antes de la salida llegaron estos datos. No los comprobaron, aunque algún miembro de la tripulación comentó que la comprobación de velocidades con las tablas no habría llevado dos minutos completarla, ya que no formaba parte del procedimiento. Revisaron la información facilitada e introdujeron las velocidades en la página de despegue del FMS y los Vbugs<sup>60</sup> en el anemómetro.

El peso al despegue era normal por lo que no les llamó la atención y tampoco se comentó en cabina nada acerca de las velocidades. Una vez en el punto de espera se actualizó la posición de los inerciales.

Durante la carrera de despegue fueron comprobando las velocidades en voz alta («callouts») 80,  $V_1$  y  $V_r$ , pero en esta última la aeronave «no se fue» al aire. El comandante, piloto a los mandos en ese momento, aflojó un poco de tensión en los mandos para acelerar el avión. Se notó algo similar a un bache, como si pegaran un rebote con el tren, fue una sensación instantánea. Ya en el aire revisaron la configuración de despegue (flaps, velocidades...) sin encontrar nada anormal. La tripulación auxiliar no les comunicó nada.

---

<sup>59</sup> Esta aeronave está equipada con tres IRS. Antes de despegue, en el punto de espera deben actualizar la posición de éstos para minimizar errores de alineamiento.

<sup>60</sup> Los Vbugs son indicadores físicos que se sitúan en el anemómetro como recordatorio de las velocidades calculadas de despegue.

Tras el despegue ya habían apreciado que el sistema de presurización de cabina no funcionaba adecuadamente pero no sabían la razón. Durante el ascenso se encendió la alerta de altitud de cabina «Cabin Altitude Warning», por lo que se pusieron las máscaras de oxígeno, se silenciaron las alarmas y se realizó el procedimiento de baja presión («AUTO INOPERATIVE»). Según su declaración se encendió la luz de AUTO INOP en el panel de presurización y apareció un mensaje del EICAS de CABIN AUTO INOP. La tripulación no realizó un descenso de emergencia aunque se paró el ascenso y pidieron descenso a ATC, obteniendo autorización para descender a 11.000 ft. Antes ya habían saltado las máscaras de oxígeno de los pasajeros. Se dieron cuenta por el interruptor iluminado de Pax Oxy. Ante este hecho ya decidieron claramente que tenían que regresar. Cuando comunicaron a la tripulación de cabina la vuelta al aeropuerto de origen se les informó de que habían oído un golpe durante el despegue.

Se contactó con la Compañía por teléfono vía satélite y se les autorizó el aterrizaje con sobrepeso sin lanzar combustible. A 11.000 ft se quitaron las máscaras de oxígeno. El aterrizaje fue normal pero con mucha energía debido al sobrepeso por lo que hubo sobretensión de las ruedas del tren durante el aterrizaje. La tripulación no declaró emergencia, sólo que tenían un problema con la presurización, porque consideraron que no era una emergencia sino una contingencia. Durante el rodaje al estacionamiento el controlador de torre les informó que había restos de aeronave en la pista.

La tripulación no recibió quejas de los pasajeros. Los TCP afectados comunicaron su problema físico una vez en tierra.

#### 1.18.4.2. Tripulación de cabina

La TCP<sub>1</sub> estaba sentada en la parte trasera izquierda mirando hacia delante, justo enfrente de su compañera TCP<sub>2</sub>. A la derecha iba un tercer TCP.

En el despegue las dos TCP situadas a la izquierda notaron un movimiento extraño de abajo hacia arriba acompañado de un sonido fuerte que les alertó que algo pasaba y que les llamó la atención. Según la TCP<sub>2</sub> este sonido fue continuo aunque no de larga duración. Según la TCP<sub>1</sub> el sonido no le asombró tanto y se mantuvo en el tiempo alrededor de unos 15 segundos. Lo recordaba como algo que arrastró. Pensaron que habían dado al suelo con una llanta de la rueda o como si hubiera algo con el amortiguador. Comentaron este hecho con el tercer TCP que les confirmó la misma sensación.

Según la TCP<sub>2</sub> el avión vibró algo en el despegue y sintió durante el golpe un latigazo en el cuello. La TCP<sub>1</sub> también empezó a notar dolor en el cuello. En vuelo los pasajeros no hicieron comentario aunque a la salida sí dijeron que habían sentido el golpe.

No llamaron a la cabina para informar y no se levantaron hasta que el comandante dio el aviso de 10.000 ft que implicaba fin de cabina estéril. La TCP<sub>2</sub> se levantó cuando oyó

la señal de 10.000 ft subiendo y fue adelante para comentar la sensación a la jefa de cabina. Al llegar a la posición delantera se sintió mareada. Tuvo sensación de despresurización. Se lo comentó a la ejecutiva y habló con la tripulación, comentándoles que habían sentido un golpe fuerte y un ruido durante el despegue.

Uno de los pasajeros, de 5 años de edad, empezó a quejarse de los oídos. La TCP<sub>1</sub> fue a por un vaso de agua para dárselo al niño y comentó que también empezó a tener una sensación rara de oídos. En ese momento, coincidiendo con la salida de cabina de la TCP<sub>2</sub>, saltaron las máscaras de oxígeno. Ésta última recorrió la cabina con O<sub>2</sub> portátil para ver que los pasajeros se habían puesto las máscaras. Ninguno de ellos requirió primeros auxilios.

A partir de entonces se dedicaron a preparar la cabina del pasaje, distribuyéndose las tareas, en caso de realizar evacuación y les avisaron desde cabina cuando quedaban diez minutos para aterrizar.

Al llegar al aeropuerto estas dos TCPs fueron atendidas por el servicio médico del aeropuerto que les facilitó un collarín. Finalmente fueron llevadas al hospital Ramón y Cajal, donde les hicieron radiografías y le cambiaron el collarín del aeropuerto.

### 1.18.4.3. Comandante del vuelo AEA051

Durante el despegue vieron algo de color verde del tamaño de un periódico. Estaban en el último tercio de pista (últimos 3.000 ft) y no supieron distinguir lo que era, ya que se encontraban justo en el momento de la rotación de la aeronave. A continuación fueron transferidos con la frecuencia de control de aproximación e hicieron el procedimiento de después de despegue. Cuando establecieron la configuración de la aeronave comunicaron que habían visto algo en pista e, inmediatamente, oyeron al vuelo AEA 071 que reportaba el pinchazo y comunicaba que se volvía. Aunque no notaron nada raro al llegar a destino (La Habana) decidieron realizar una inspección exhaustiva buscando restos de posibles impactos sin encontrar nada anormal.

### 1.18.4.4. Comandante del vuelo AEA071

El comandante informó de que iniciaron la carrera de despegue de la pista 36L con destino Caracas a las 13:29 h. El piloto a los mandos era el copiloto. Ya en el aire éste comentó que le había parecido ver una pieza grande delante de ellos, justo antes de la rotación. Inmediatamente se encendió un aviso en el ECAM<sup>61</sup>: «WHEEL TIRE LOW PR».

---

<sup>61</sup> ECAM: Monitor electrónico centralizado de la aeronave, similar al EICAS en Boeing («Electronic Centralized Aircraft»).

La presión de la rueda de morro izquierda cambió de color verde a ámbar y empezó a disminuir hasta quedarse a cero en aproximadamente diez minutos.

Notificaron al controlador de torre esta circunstancia añadiendo que creían que una pieza había impactado con la pata de morro de la aeronave durante la carrera de despegue. La compañía decidió que la tripulación regresara a Madrid para realizar una evaluación de los daños. El comandante pasó a ser el piloto a los mandos. Se decidió gastar combustible sobre el Atlántico para no aterrizar con sobrepeso y se mantuvieron realizando esperas a 10.000 ft autorizados por control de Lisboa. A las 16:28 h, con 20.000 kg de combustible, la tripulación solicitó a Lisboa la vuelta a Madrid. Ante el temor de que la única rueda de morro que quedara estuviera también dañada y durante el aterrizaje se produjera el reventón de ésta, y ante una posible evacuación de la aeronave, la tripulación realizó la llamada de urgencia PAN-PAN, para así garantizar el aviso y activación de los bomberos y servicios médicos.

A las 17:39 h la aeronave realizó el aterrizaje, suavemente, realizando el frenado únicamente con las reversas, primero al máximo hasta 70 kt y después en posición idle hasta inmediatamente antes de salir de la pista. La aeronave permaneció en ese lugar y se procedió a desembarcar al pasaje. El personal de mantenimiento realizó el cambio de las dos ruedas de morro y posteriormente la aeronave se fue rodando a aparcamiento.

#### **1.18.4.5. Oficial de operaciones/Despachadora de vuelo**

Al llegar al trabajo recibió la información del vuelo AMX002 de su compañero, ya «balanceado»<sup>62</sup>. Ella se dedicó a actualizar datos de pasajeros, del peso total de maletas y a investigar en qué condiciones se realizaba el vuelo. Comenzó a abrir los programas correspondientes para atender los diferentes vuelos asignados.

Una vez actualizado el vuelo procedió a hacer el cálculo de velocidades. En su testimonio la despachadora reconoció que el error fue haber puesto el ZFW en lugar del TOW. Una vez enviada la información de las velocidades, se dio cuenta de que estaban mal, pero al recibir una llamada de Madrid y bajo presión por el tiempo, corrigió los datos olvidándose de corregir y enviar de nuevo las velocidades de despegue. Asimismo añadió que ese vuelo lo había realizado muy pocas veces con el modelo B767 y que la estación de Madrid tenía un procedimiento diferente a cualquier estación por lo que se trabajaba de forma totalmente distinta.

#### **1.18.4.6. Controlador local pista 36L**

El controlador afirmó que le llamó la atención el modelo B767-200 ya que no era normal que Aeroméxico operase con él. Se quedó mirando y vio la carrera de despegue

---

<sup>62</sup> Con los cálculos de peso y centrado ya iniciados.

entera. Recordó que hizo la rotación y tardó unos 2 segundos en irse al aire pero finalmente se elevó con normalidad. Le pasó de frecuencia y la tripulación se despidió sin decir nada. El despegue del AEA051 fue estándar. El siguiente despegue, el AEA 071 comentó, al realizar la transferencia de frecuencia, que había visto una pieza de metal en el último tercio. Con esta información se detuvieron los despegues y solicitó el servicio de señalero en la pista para proceder a la inspección de ésta. Más tarde el AEA 051 llamó comunicando la presencia de objetos en pista. El señalero entonces notificó que había varias piezas de metal. Por ese motivo se decidió cambiar la configuración de pistas, por lo que éstas permanecieron cerradas entre 10-15 minutos. El siguiente tráfico ya despegó por la pista 15 R.

### 1.18.4.7. Pasajero

En una entrevista que realizó un medio de comunicación mexicano a un pasajero el mismo día del accidente, ya de vuelta en el aeropuerto de Madrid- Barajas, éste informó de que durante el despegue la aeronave «se dio» un golpe muy fuerte que sorprendió a todos, pero el avión continuó el despegue. Una vez el piloto comunicó que se habían sobrepasado los 10.000 ft se desplegaron las mascarillas de oxígeno y el piloto anunció que todo el mundo se pusiera las mascarillas. Este pasajero apreció que los TCP estaban bastante alterados y que tras unos diez o quince minutos el piloto comunicó que volvían de regreso al aeropuerto de Madrid-Barajas. Al bajar de la aeronave y ver los daños se sorprendieron de ver la naturaleza de éstos. El pasajero manifestó que no hubo ningún herido<sup>63</sup>.

### 1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No afecta a este caso.

---

<sup>63</sup> Las TCP heridas manifestaron sus dolencias una vez desembarcaron todos los pasajeros.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Análisis de preparación del vuelo. Cálculo de velocidades de despegue

La aeronave iba a realizar el vuelo de retorno de Madrid a México (LEMD-MMMX) el día 16 de abril. El anterior vuelo se había realizado el día 13 de abril (MMM-LEMD). En cabina iban tres pilotos; el comandante y dos copilotos. Se realizó la inspección física exterior de la aeronave por el segundo copiloto sin encontrar anomalía alguna. Cinco minutos antes de la salida (12:25 h aproximadamente) se recibieron los datos del OPT («Onboard Performance Tool») desde la oficina de despachos situada en México mediante un correo electrónico. El retroceso por parte de control fue autorizado inmediatamente después. Según el procedimiento de las cartas Jeppesen para aeropuerto Madrid (acorde con el publicado en el AIP) antes de la comunicación se debía estar completamente listo para el remolque. Según información de la compañía esto era inusual y normalmente las tripulaciones, tras recibir la autorización de puesta en marcha, disponían de tiempo suficiente para realizar las comprobaciones necesarias (comparar los datos insertados en la FMC, coordinaciones y procedimientos anormales durante el despegue). Posteriormente se recibía la documentación de peso y centrado y la del OPT, y una vez comprobado todo lo anterior, la tripulación se centraba en lo que se refería al proceso de remolque, arranque y rodaje. La flota que volaba normalmente la ruta a Madrid era el modelo B-777, el modelo B-767 no solía ser asignado a esta ruta. Se considera que la tripulación del accidente no estaba suficientemente familiarizada con estos procedimientos pudiendo contribuir a aumentar la presión y la falta de tiempo para completar todas las tareas. Las tripulaciones del modelo B-777 (con la experiencia ya adquirida en este aeropuerto) sugerían que de manera anticipada se solicitara a control información sobre si era esperado algún cambio en el plan de vuelo para coordinar previamente y no tener que llevar a cabo varias tareas en poco tiempo, mejorando así la conciencia situacional y buscando cumplir con los procesos establecidos en los manuales. Aunque no se propondrá como recomendación de seguridad en este caso, se considera que este tipo de buenas prácticas podría ser extrapolado y compartido con las tripulaciones de otras flotas, sobre todo a aquellas que puedan hacer en ocasiones excepcionales las mismas rutas.

Los miembros de la tripulación técnica tenían sus licencias y certificados médicos en vigor y tenían amplia experiencia de vuelo aunque no contaban con gran experiencia en el modelo de la aeronave. Era la primera vez que volaban juntos como tripulación. Habían llegado el día 13 de abril del vuelo México- Madrid. El tramo del accidente (Madrid-México) era el segundo de los vuelos que realizaban juntos. Antes del accidente, en la compañía no se formaba una tripulación en B-767 y B-777 si dos o más miembros de la misma tenían 100 horas o menos en el modelo de aeronave (pilotos B100). Tras el accidente se modificó este requisito para garantizar tripulaciones con mayor experiencia, y se estableció que no se podía integrar una tripulación si dos o más miembros de la misma tenían menos de 28 tramos (vuelos) asignados en el modelo de aeronave (pilotos B28). De esta forma se consideraban vuelos reales en la aeronave y no en simulador.

Los datos del OPT incluyen los datos de peso y centrado de la aeronave así como las velocidades de despegue calculadas para el peso al despegue, limitado a su vez por ciertas condiciones. Según el procedimiento de la compañía implantado seis meses antes, la tripulación sólo tenía que introducir los datos en el sistema de navegación para su presentación en el PFD. Anteriormente era el segundo copiloto el que previamente realizaba estos cálculos utilizando las tablas de despegue del fabricante que se encontraban a bordo de la aeronave. En esa fecha no existía una estación de despacho ubicada en Madrid, por lo que los cálculos se realizaban por un despachador en México<sup>64</sup> y se enviaban por correo electrónico a la base de Madrid. Tanto los datos introducidos como los calculados no se enviaron en el formato que proporcionaba el programa directamente sino que se extrajeron los datos principales y se incorporaron al cuerpo del correo electrónico junto con los resultados del cálculo. Teniendo en cuenta los resultados realizados en formato OPT y el correo electrónico enviado (véase apartado 1.17.1 «Información sobre el OPT») los cálculos se realizaron introduciendo en el sistema el peso correspondiente al peso con combustible cero (ZFW) en lugar del peso al despegue (TOW), por lo que las velocidades obtenidas fueron inferiores a las realmente necesarias para efectuar éste.

### V introducidas (ZFW)

- $V_1$ : 118 kt
- $V_r$ : 118 kt
- $V_2$ : 126 kt

### V reales necesarias (TOW)

- $V_1$ : 152 kt
- $V_r$ : 156 kt
- $V_2$ : 161 kt

No obstante, en el cuerpo del mensaje venía reflejado que los datos utilizados para efectuar los cálculos eran los correctos, por lo que en la comprobación realizada por la tripulación no se detectó ningún fallo. A continuación y según procedimiento de compañía, se introdujeron estos datos directamente en el sistema.

Como consecuencia de los primeros análisis de las causas del accidente así como el conocimiento de casos previos, la compañía prohibió en un primer momento el envío de información en otro formato que no fuera el de OPT hasta que éste se implantara en las estaciones en los aeropuertos que no disponían de ella (su intención era instalar en la estación de Madrid el equipo adecuado para imprimir los resultados del OPT).

De igual modo se modificaron los procedimientos de comprobación de datos de los cálculos involucrando más a los miembros de la tripulación y estableciendo que los despachadores sólo utilizaran el dato del peso de despegue (TOW) que se iba a utilizar para el cálculo de performances para evitar errores. Se emitieron varias circulares para difundir esta información entre el personal de despacho y tripulaciones. Se consultó con el fabricante del software la posibilidad de introducir alertas en el programa ante la existencia de datos incongruentes entre sí. El fabricante informó que consideraría la propuesta de la Comisión en modificaciones futuras aunque a fecha de aprobación de este informe no se ha tenido conocimiento de ello.

---

<sup>64</sup> El cálculo de velocidades de despegue para estaciones fuera de territorio mexicano se llevaba a cabo en la Oficina de Despachos Internacionales ubicada en la Ciudad de México.

Ninguno de los miembros de la tripulación se percató de los valores tan bajos de las velocidades de despegue entregadas. Posteriormente se tuvo conocimiento de que, durante las sesiones de simulador de la compañía, se utilizaban márgenes de pesos más bajos de los habituales para permitir realizar despegues y aterrizajes sin tener que interrumpir los ejercicios. De esta forma, las velocidades que utilizaba la tripulación durante esas sesiones eran las siguientes:

#### V simulador

- $V_1$ : 122 kt
- $V_r$ : 128 kt
- $V_2$ : 134 kt

Estas velocidades ya no eran tan llamativas comparadas con las erróneamente calculadas el día del accidente por lo que se considera que este hecho pudo contribuir a que ninguno de los miembros de la tripulación se diera cuenta del error de cálculo y aceptara las velocidades como buenas. No obstante, la reglamentación prohíbe despegar con una  $V_1$  menor que la denominada  $V_1$  mínima de control en tierra  $V_1$  (MCG). En el caso del accidente esta  $V_1$  mínima de control en tierra correspondería a 119 kt por lo que tanto la  $V_1$  como la  $V_r$  facilitadas a la tripulación habrían sido menores a esta velocidad mínima de control en tierra. Por este motivo se informó a la compañía durante la investigación del valor añadido de que la tripulación siguiera comprobando las velocidades en las tablas a pesar de que los cálculos se hicieran por el personal de despacho. La compañía informó de que estaban trabajando en la introducción del software OPT en los PED de los miembros de la tripulación para poder realizar comprobaciones o cálculos extraordinarios, en línea con las prácticas recomendadas por Eurocontrol, por lo que en este sentido se ha considerado que no era necesario formular una recomendación de seguridad al respecto.

## 2.2 Análisis de la maniobra de despegue

La información meteorológica principal revelaba buena visibilidad y temperatura de 25°. No se apreciaron grandes diferencias entre la información obtenida del viento en el momento del despegue comparada con la proporcionada por el controlador justo antes de éste, existiendo viento flojo del noroeste. Se considera que este factor no influyó en las performances de la aeronave durante la maniobra de despegue.

Una vez autorizados a despegar, durante la carrera de despegue la tripulación conectó el sistema de empuje automático y realizó la comprobación de las velocidades («callouts») 80,  $V_1$  y  $V_r$ . No obstante, tras la comprobación de esta última velocidad la aeronave no consiguió elevarse. Según la información procedente del DFDR, la rotación se inició con una velocidad de 124 kt aumentando el ángulo de cabeceo a 0,4°. La velocidad de rotación de la que disponía la tripulación como referencia era de 118 kt cuando la necesaria según el peso al despegue era de 156 kt. El ángulo de cabeceo fue aumentando hasta los 8,8° a los cinco segundos de iniciar la rotación. En ese momento la velocidad

registrada era de 134 kt, aún insuficiente para conseguir que la aeronave se elevara. Un segundo después el tren de aterrizaje principal estaba en el aire registrándose una altura de radioaltímetro de 4 ft. La tripulación continuó el aumento de ángulo de cabeceo hasta los 14,1° con una velocidad de 138 kt. Un segundo más tarde de alcanzar este ángulo el tren principal volvió a hacer contacto con el terreno aunque la actitud de la aeronave todavía seguía manteniendo un ángulo de 13° y esta vez con un ligero ángulo de alabeo hacia la izquierda. El ángulo de 13,1° es el ángulo de impacto en la cola de un modelo de aeronave B767-200, dato a no sobrepasar que debería haber tenido en cuenta la tripulación. Según la información del registrador la tripulación actuó en ese momento sobre las palancas para proporcionar más empuje a la aeronave. En los dos segundos posteriores al primer contacto del tren principal éste se volvió a elevar y a contactar con el terreno con una velocidad de 138 y 141 kt respectivamente, relajando la tripulación suavemente los mandos y aumentando de nuevo hasta 13° el ángulo de cabeceo. Al alcanzar un ángulo de cabeceo de 15,1°, con 142 kt y ligero alabeo hacia la izquierda, se activó en cabina la vibración de la palanca de mando «stick shaker» durante dos segundos y una segunda vez durante otros dos. Los datos registrados establecen que el ángulo de cabeceo se siguió aumentando hasta un máximo de 19° mientras la velocidad pasaba de 148 kt a 150 kt y la altura en ese momento era de 47 ft, relajándose a continuación la presión en los mandos. Según se recoge en el procedimiento del QRH se requiere desconectar el piloto automático y el sistema de empuje automático y bajar el morro de la aeronave para reducir el ángulo de ataque y conseguir que la vibración de la palanca de mando deje de actuar

La tripulación realizó la rotación a una velocidad de 32 kt por debajo de la necesaria por lo que la aeronave no tuvo la sustentación suficiente para ascender. Según la información analizada no se llegó a desactivar el sistema de empuje automático, ni se redujo el ángulo de cabeceo de la aeronave. Se incrementó la potencia adelantando las palancas de empuje a pesar de que en el FCTM se indica que en despegue no se aplique más potencia para evitar que se incremente más el ángulo de ataque. Considerando todos estos datos se puede concluir que la tripulación no supo reconocer la entrada en pérdida de la aeronave durante el despegue, actuando sobre el empuje y relajando vagamente aunque posteriormente incrementando el ángulo de cabeceo hasta los 19° (aun cuando la vibración de la palanca de mando estaba activada) cuando el ángulo máximo para evitar el impacto en la cola era de 13,1°. Se considera por tanto necesario emitir una recomendación de seguridad en relación con el entrenamiento de las tripulaciones en el reconocimiento de la entrada en pérdida de la aeronave y su recuperación que más adelante se expone.

Según diversos estudios, entre los que se encuentran los de los fabricantes Boeing y Airbus, los golpes en la cola pueden prevenirse. Las medidas más efectivas en cuanto a prevención se orientan a programas de formación que refuercen el uso de procedimientos adecuados de despegue y aterrizaje. Aunque también se estimula la creación de barreras tecnológicas de apoyo a la tripulación, se considera la formación como pieza clave para prevenir estos sucesos. La compañía informó que tras el accidente se emitió una circular

recordando a las tripulaciones los máximos ángulos de cabeceo y regímenes de rotación para cada modelo de aeronave de la compañía. Posteriormente, tras otro caso de tail strike, se revisaron los procedimientos operacionales para establecer como punto explícito en los briefing de antes del despegue ese recordatorio. En el apéndice F puede encontrarse el procedimiento a realizar según el QRH en caso de un impacto con la cola. Aunque este tema se analizará en detalle más adelante cabe resaltar que el punto más importante de este procedimiento hace referencia a no presurizar la aeronave debido a la posibilidad de un daño estructural. Seguidamente habría que seleccionar el modo de presurización manual y volar a la menor altitud segura posible. Como último punto se establece no completar el procedimiento de Cabin Automatic Inoperative que es el que la tripulación llevó a cabo. Si la tripulación hubiera sido consciente del golpe en la cola no habría presurizado la aeronave y habría vuelto de nuevo al aeropuerto de partida evitando riesgos innecesarios, de ahí la importancia de la identificación de factores de un posible golpe en la cola. Una vez analizada la anterior información y aunque se considera que la compañía acometió actuaciones con el objeto de recordar información y buena praxis en el despegue para evitar golpes en la cola, se considera necesario emitir una recomendación de seguridad que más adelante se expone.

### **2.3. Análisis de la coordinación entre tripulación técnica y tripulación de cabina**

El modelo de aeronave de accidente (B767-200) no contaba con un patín de cola que amortiguara o avisara en cabina de un impacto en la misma. Dada la naturaleza de los daños probablemente no habría prevenido el impacto final aunque sí habría podido alertar a la tripulación de la certeza de un impacto durante el despegue. Según su testimonio ninguno de los miembros de la tripulación fue consciente del golpe ni de los daños en la estructura de la aeronave hasta que desembarcaron una vez realizado el aterrizaje. No se tuvo testimonio de ningún pasajero que durante el vuelo lo manifestara y los únicos ocupantes que notaron algo como un golpe y un roce fueron los TCP situados en la parte trasera de la aeronave y que tampoco atribuyeron el suceso a un impacto con la cola, aunque lo describieron como algo fuerte y mantenido en el tiempo. Los TCP insistieron durante las entrevistas que no pensaron en alertar a la tripulación hasta que el periodo de cabina estéril terminó.

De acuerdo al Manual General de Operaciones durante el periodo de cabina estéril los pilotos sólo deberán realizar actividades relacionadas con la conducción segura del vuelo, evitando actividades que los distraigan, como por ejemplo la comunicación no esencial con TCP. No obstante en caso de necesitarlo se podrá realizar esta comunicación a través del interfono o por el PA y, según el Manual de Sobrecargos, se establece también que la cabina estéril podrá interrumpirse cuando los TCP comuniquen información concerniente a situaciones anormales ocurridas en la cabina de pasajeros que pudieran originar una situación de emergencia, incluido esto expresamente dentro de sus funciones. El ejecutivo deberá coordinar con el comandante y con el resto de los TCP la atención de emergencias y condiciones anormales.

Por este motivo, y dado que los únicas personas a bordo que sintieron el golpe, fuerte y continuado, aunque no lo atribuyeran a un roce con la cola fue personal de la tripulación de cabina se considera que, a pesar de estar en periodo de cabina estéril, deberían haber informado a la jefa de cabina y ésta a la tripulación técnica para alertar de una situación anormal. Por este motivo se ha considerado la emisión de una recomendación de seguridad a este respecto que más adelante se expone.

### 2.4. Análisis de la gestión de la despresurización

Según el testimonio de la tripulación, una vez realizado el despegue ya apreciaron problemas en la presurización. Durante el ascenso se encendió el aviso de altitud de cabina («Cabin Altitude Warning»), por lo que se pusieron las máscaras de oxígeno se silenciaron las alarmas, se encendió la luz de *Auto Inop* en el panel de presurización y apareció un mensaje del EICAS de *Cabin Auto Inop* por lo que se realizó el procedimiento de baja presión («Cabin Automatic Inoperative»). La tripulación informó durante la investigación de que no se hizo descenso de emergencia aunque pararon el ascenso.

Según la información del DFDR, a las 13:07:00 horas se activó el «Master Warning» (avisos luminoso y sonoro) y 3 segundos más tarde se activó el «Cabin Altitude Warning», aviso que se activa cuando la altitud de cabina supera los 10.000 ft. A las 13:07:39 h se activó el «Master Caution»<sup>65</sup>, aviso que se activa cuando el control de presurización automática falla o si la selección del modo de la altitud de cabina se pasa a manual. La imposibilidad del sistema de presurizar la cabina mediante el modo automático o la selección manual de la tripulación habría activado este aviso. A pesar de las gestiones que pudo realizar la tripulación para analizar la situación anómala en un primer momento se mantuvo a nivel 170 y después decidió seguir ascendiendo hasta nivel de vuelo 190 donde solicitaron a ATC mantenerse a ese nivel al no solucionar el problema de falta de presurización de cabina. Cinco minutos después de la primera alerta solicitaron descender. Dos minutos después de desactivó el aviso de «Master Caution». Durante este periodo las máscaras de oxígeno de los pasajeros se desplegaron. Según su declaración la tripulación se dio cuenta por el interruptor iluminado de Pax Oxy por lo que decidió volver al aeropuerto de Madrid-Barajas. Durante este periodo de tiempo la tripulación fue desconocedora de las posibles causas de las continuas alertas y por lo tanto desconocedora de los riesgos inherentes a una despresurización paulatina, no realizando un descenso de emergencia inmediato. Por este motivo se considera necesario emitir una recomendación de seguridad a este respecto que más adelante se expone.

### 2.5. Revisiones de pista

En base a la información de la que se dispone, la tripulación no fue consciente del golpe en la cola y de los posibles daños estructurales y, por tanto, de la posible contaminación

---

<sup>65</sup> En relación con la alerta del *Cabin Auto Inop* que apareció en el EICAS.

de la pista. El controlador informó que observó la trayectoria de despegue y no apreció nada inusual. Se comprobó que a la distancia a la que se produjo el roce desde la posición del controlador no era sencillo apreciar evidencias de roce. Por este motivo, se considera que no fue posible prever la existencia de piezas en la pista hasta que las aeronaves con mayor carrera de despegue «se encontraron» con los restos. Se analizó la gestión del aeropuerto y de ATC en cuanto a las revisiones de pistas programadas y realizadas a petición y su posterior ejecución, encontrándose que éstas fueron realizadas adecuadamente. Desde el aeropuerto se analizó el accidente y se identificaron áreas de mejora, creándose un nuevo procedimiento con dos instrucciones asociadas para complementar el proceso de inspecciones de pistas. No obstante se considera que ante un caso similar, en el que tanto la tripulación como el personal de control desconocieran la existencia de un evento que pudiera haber dejado restos en la pista, la gestión de éste probablemente habría sido la misma.

## 2.6. Análisis de la gestión de la emergencia

De acuerdo al Manual General de Operaciones y en línea con lo establecido por OACI, cuando se encuentre en una situación de emergencia, el piloto al mando, tan pronto las circunstancias lo permitan, deberá comunicarse con el ATC y declarar la emergencia. Entre los ejemplos de emergencia se incluye de forma explícita la despresurización de cabina. En base a esto deberían haber utilizado la señal de peligro (MAYDAY) o en su defecto, una vez descendido por debajo de la altitud de seguridad de 10.000 ft, haber notificado la señal de urgencia (PAN-PAN). La declaración de peligro sólo podrá transmitirse por orden del comandante de la aeronave. Según su testimonio la tripulación no declaró emergencia, porque consideraron que no era una emergencia sino una contingencia. Este hecho hace necesario que se emita una recomendación de seguridad en relación a la formación y refresco de las tripulaciones en materia de gestión de situaciones de emergencia.

Por otro lado, tras el accidente se comprobó que no se preservó el registrador de voces en cabina (CVR) por lo que no fue posible contar durante la investigación con información valiosa de la gestión del accidente en cabina por parte de la tripulación. Durante el análisis se ha detectado que no se establece explícitamente en el Manual General de Operaciones quién es el responsable de preservar la información de los registradores una vez ha ocurrido un accidente o incidente, no cumpliéndose por tanto con la normativa europea aplicable. La compañía ya advierte que la normativa de aplicación es el Reglamento 859/2008 (EU-OPS 1) al realizar vuelos al Reino Unido, España y Francia. Según la normativa OACI en su Anexo 6<sup>66</sup> se establece la obligación de preservar los registradores pero no se indica explícitamente quién debe realizarlo. Por este motivo se emite una recomendación de seguridad que más adelante se expone.

---

<sup>66</sup> Anexo 6, apartado 6.3.4.2.2. Para conservar los registros contenidos en los registradores de vuelo, éstos se desconectarán una vez completado el tiempo de vuelo después de un accidente o incidente. Los registradores de vuelo no volverán a conectarse antes de determinar lo que ha de hacerse con ellos de conformidad con el Anexo 13.



### 3. CONCLUSIONES

#### 3.1. Constataciones

Una vez analizada toda la información disponible se han establecido las siguientes constataciones:

- La aeronave tenía su documentación válida y en vigor.
- Los miembros de la tripulación tenían sus licencias, habilitaciones y certificados médicos válidos y en vigor.
- El comandante tenía su habilitación en el tipo desde octubre de 2012 y los copilotos desde diciembre de 2012.
- Los pilotos tenían experiencia en vuelo aunque no tenían muchas horas en ese tipo de aeronave.
- El día que despegaron de México era el primer vuelo que realizaban juntos como tripulación.
- Era el primer vuelo a Madrid del comandante y segundo oficial y el segundo vuelo del primer oficial.
- La tripulación recibió los datos de performance de despegue cinco minutos antes del cierre de puertas.
- El sistema para el cálculo de velocidades para el B767 (OPT) era de reciente implantación, había comenzado a utilizarse seis meses antes.
- La estación de Madrid no contaba con personal despachador ni tenía el programa OPT instalado.
- La información fue entregada en un formato diferente al resultante del programa OPT, copiando y pegando datos en un correo electrónico que sería enviado a la base en Madrid.
- La tripulación introdujo los datos de las velocidades, una vez comprobados los pesos pero sin realizar el cálculo de éstas según procedimiento de compañía.
- Las velocidades entregadas a la tripulación habían sido calculadas en base al peso con cero combustible (ZFW).
- Las velocidades entregadas a la tripulación eran menores a las velocidades de despegue aplicables con el peso de despegue (TOW).
- Los valores inusualmente bajos no llamaron la atención a los miembros de la tripulación.
- Durante las sesiones de simulador (realizadas no mucho tiempo antes) se utilizaban velocidades de despegue similares a las del accidente.
- No se detectaron errores en el manifiesto de carga y en los datos de peso y centrado de la aeronave.
- La distribución de carga y equipaje fue verificada a la vuelta de la aeronave coincidiendo con lo manifestado en la lista de distribución de carga.
- La oficial de operaciones que obtuvo las velocidades de despegue del OPT tenía licencia válida y en vigor, el curso de B767-200/300 y tenía poca experiencia en ese puesto en la compañía.

- Había buena visibilidad y viento flojo casi nulo.
- La velocidad de rotación de la que disponía la tripulación era de 118 kt cuando la necesaria según el peso al despegue era de 156 kt.
- Según la información del DFDR, la rotación se inició con una velocidad de 124 kt, 32 kt por debajo de la requerida para el despegue con el peso de la aeronave.
- La aeronave se elevó instantáneamente levantando el tren de aterrizaje y volviendo éste a impactar segundos después.
- La tripulación continuó aumentando el ángulo de cabeceo sobrepasando los establecidos de ángulo de impacto en la cola recomendados por el fabricante.
- La tripulación no supo reconocer la entrada en pérdida de la aeronave, el «stick shaker» se activó durante unos segundos y la tripulación no aplicó el procedimiento completo de entrada pérdida tratándose de un despegue (desconexión del sistema de empuje automático y no adelantar la potencia de despegue).
- El modelo de aeronave de accidente (B767-200) por diseño no contaba con un patín de cola que amortiguara o sistema que avisara en cabina de un impacto en la cola como en otros modelos de ese fabricante.
- La tripulación no fue consciente de haber rebasado el ángulo de impacto en la cola y de la posibilidad de que se hubieran producido daños en la estructura de la aeronave.
- En consecuencia la tripulación no aplicó el procedimiento de impacto en la cola («Tail Strike») en el que se establecía que se nivelara la aeronave al menor nivel seguro posible y no se aplicara el procedimiento de *Cabin Automatic Inoperative*.
- Únicamente la tripulación de cabina de pasajeros posicionada en la parte trasera de la aeronave tuvo conocimiento de un golpe fuerte y continuado en el tiempo en esa zona.
- Hasta que el periodo de cabina estéril terminó (10.000 ft) los TCP afectados no consideraron avisar a la jefa de cabina.
- La tripulación continuó el ascenso sin ser consciente de los daños de la aeronave.
- Los avisos de *Master Warning- Cabin Altitude Warning- Master Caution* se activaron en esa secuencia según información del DFDR.
- La tripulación aplicó el procedimiento de *Cabin Automatic Inoperative* en lugar del de *Cabin Altitude*.
- La tripulación no realizó de manera inmediata el descenso de emergencia de la aeronave.
- Las máscaras de los pasajeros se desplegaron al superar los 14.000 ft de altitud de cabina.
- La tripulación fue desconocedora de las posibles causas de las continuas alertas y por lo tanto desconocedora de los riesgos inherentes a una despresurización paulatina.
- La tripulación no declaró la emergencia a pesar de venir explícita la despresurización de cabina en el Manual General de Operaciones.
- El controlador no podía ver desde su posición el roce de la aeronave con la pista debido a la distancia.
- El controlador no fue advertido de daños y objetos en la pista hasta que la aeronave AEA071, que despegó en octavo lugar después de la del accidente, se encontró con los restos que dañaron la rueda del tren de morro.

- La anterior aeronave de la misma compañía (AEA051) no advirtió como FOD lo que le pareció haber visto en la rotación hasta que la aeronave AEA071 notificó los daños.
- La aeronave rozó la pista con su parte trasera a lo largo de 525 m.
- Las revisiones de la pista de despegues y la del posterior aterrizaje de la aeronave del accidente se realizaron conforme a lo planificado y a las incidencias comunicadas.
- La compañía emprendió acciones para garantizar la composición de tripulaciones con mayor experiencia modificando los requisitos para asignar tripulaciones a una aeronave.
- La compañía emprendió acciones para evitar enviar información del resultado de performances en un formato diferente del OPT hasta instalar este programa en todas sus estaciones.
- La compañía emprendió acciones para concienciar a los oficiales de operaciones de comprobación de datos introducidos.
- La compañía emprendió acciones para reforzar la verificación de datos recibidos por las tripulaciones técnicas con los reales de operación, en línea con las propuestas de Eurocontrol.
- La compañía emprendió acciones para recordar a las tripulaciones los valores máximos de rotación para cada flota.
- La compañía establece los supuestos en los que se puede interrumpir la cabina estéril como situaciones anormales ocurridas en la cabina de pasajeros.

### **3.2. Causas/Factores contribuyentes**

El accidente ocurrió porque la aeronave realizó la rotación a una velocidad muy inferior a la necesaria ya que ésta había sido calculada incorrectamente durante el despacho, en base al peso de la aeronave con combustible cero (ZFW) en lugar del peso de la aeronave al despegue (TOW). Posteriormente el error no fue detectado por la tripulación durante la introducción de datos en el FMS.

Como factores contribuyentes se han considerado los siguientes:

- El sistema de cálculo de performances (OPT) era de reciente implantación en la compañía.
- La experiencia, tanto del oficial de despacho como de los miembros de la tripulación, era insuficiente en este ámbito.
- No se contaba en Madrid con una estación con el software OPT instalado por lo que el envío de información se realizaba de forma no procedimentada.



#### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

La tripulación no supo reconocer la entrada en pérdida de la aeronave durante el despegue y de esta manera no realizó adecuadamente el procedimiento de recuperación de la pérdida, no disminuyendo el ángulo de cabeceo inmediatamente y aumentando el empuje durante el intento de despegue. Dado que el momento en el que sucedió esta pérdida es el más crítico de la operación y hay poco margen de reacción, se considera que las tripulaciones deberían estar entrenadas no sólo en entradas en pérdidas en situación de crucero sino muy particularmente en situaciones de altos regímenes de empuje como los despegues o maniobras de frustradas («go arounds»).

**REC 28/15.** Se recomienda a Aeroméxico que incorpore a sus entrenamientos de tripulaciones técnicas las maniobras de entrada en pérdida en situaciones de altos regímenes de empuje para asegurar que las tripulaciones reconocen estas situaciones y aplican inmediatamente los procedimientos adecuados.

Los tres TCP situados en la parte trasera de la cabina de pasajeros fueron los únicos que sintieron el golpe, definiéndolo como, fuerte y continuado. Aunque los procedimientos recogidos tanto en el Manual General de Operaciones como en el Manual de Sobrecargos hacen referencia a que la cabina estéril podrá interrumpirse cuando los TCP comuniquen información concerniente a situaciones anormales ocurridas en la cabina de pasajeros que pudieran originar una situación de emergencia, estos esperaron a la finalización de este periodo para informar a la jefa de cabina, contribuyendo a aumentar el periodo de desconocimiento por parte de la tripulación técnica de posibles daños estructurales.

**REC 29/15.** Se recomienda a Aeroméxico que establezca medidas para asegurar que, ante cualquier anomalía manifiesta durante el vuelo, se realiza la correcta comunicación y coordinación entre tripulaciones, técnica y de cabina, sobre todo durante la fase de cabina estéril.

La tripulación no declaró emergencia a pesar de que la despresurización en cabina está incluida como tal en el Manual General de Operaciones. La comunicación de una emergencia, ya sea de socorro o de urgencia, prepara al personal de control y del aeropuerto para posibles medidas de ayuda y servicios especiales que deban ser prestados. En este caso se produjo una aproximación y posterior aterrizaje sin incidencias y no dio lugar a actuaciones especiales por parte de otros colectivos, pero se ha detectado como necesidad que las tripulaciones deben conscientes de las ventajas de la declaración de emergencia.

**REC 30/15.** Se recomienda a Aeroméxico que establezca medidas para entrenar y concienciar a las tripulaciones sobre los diferentes casos de declaraciones de emergencia y los beneficios de tener al personal de otros colectivos preparado ante situaciones probables de riesgo.

Por último, el registrador de voces en cabina (CVR) no fue preservado tras el accidente por lo que no fue posible contar con información de gran valor en la investigación. Se detectado que en el Manual General de Operaciones no se establecía explícitamente quién era el responsable de preservar la información de los registradores una vez ha ocurrido un accidente o incidente, no cumpliéndose por tanto con la normativa europea aplicable que hace referencia a la preservación de este registrador por parte del comandante. La compañía ya advierte que la normativa de aplicación es el Reglamento 859/2008 (EU-OPS 1) al realizar vuelos al Reino Unido, España y Francia.

**REC 31/15.** Se recomienda a Aeroméxico que establezca las medidas necesarias para informar a las tripulaciones que realizan vuelos a Europa de la normativa específica europea, especialmente la correspondiente a la preservación de registradores tras un accidente/ incidente grave.

# APÉNDICES



**APÉNDICE A**  
**Tablas Row de Performance**  
**de despegue**

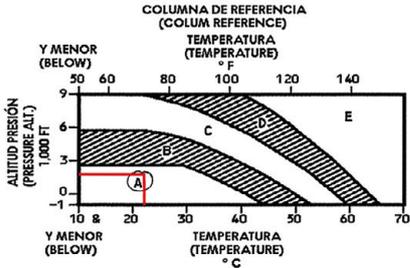




RENDIMIENTOS  
PERFORMANCE

MANUAL DE DESPACHO 767-200  
DISPATCH MANUAL

VELOCIDADES DE DESPEGUE  
TAKEOFF SPEEDS  
FLAPS 15



AJUSTES A LA V1 POR PENDIENTE Y VENTO  
(SLOPE/WIND V1 ADJUSTMENT)

PESO (WEIGHT) 1,000 Kg	PENDIENTE (SLOPE) %			VIENTO (WIND) KTS		
	ABAJO DN	ARRIBA UP	COLA TAIL	COLA TAIL	FRENTE HEAD	FRENTE HEAD
180	-2	-1	0	1	2	-10
160	-2	-1	0	2	4	-1
140	-2	-1	0	2	3	-1
120	-1	-1	0	1	2	-2
100	-1	-1	0	1	2	-3

P&W 4060

FLAPS	PESO (WEIGHT) 1,000 Kg	A			B			C			D			E		
		V <sub>1</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>2</sub>
15	180	155	160	165	158	162	165									
	178	154	159	164	157	161	164									
	176	152	158	163	155	160	163									
	174	151	156	162	154	158	162									
	172	149	155	161	152	157	161									
	170	148	154	160	151	156	160	154	158	160						
	168	147	153	159	150	155	159	153	157	159						
	166	146	151	158	149	154	158	152	156	158						
	164	145	150	157	147	152	157	150	154	157						
	162	144	148	156	146	151	156	149	153	156						
	160	143	147	155	145	150	155	148	152	155						
	158	142	146	154	144	149	154	147	151	154						
	156	141	145	153	142	147	153	145	149	153						
	154	139	144	152	141	146	151	144	148	151						
	152	138	143	151	139	144	150	142	146	150						
150	137	142	150	138	143	149	141	145	149	145	148	149				
148	136	141	149	137	142	148	140	144	148	144	147	148				
146	134	140	148	136	141	147	139	143	147	142	145	147				
144	133	138	148	135	139	147	137	141	146	141	144	146				
142	131	137	147	134	138	146	136	140	145	139	142	145				
140	130	136	146	133	137	145	135	139	144	138	141	144	142	143	144	
138	129	135	145	132	136	144	134	138	143	137	140	143	140	142	143	
136	128	133	144	131	135	143	133	137	142	136	139	142	139	141	142	
134	126	132	143	129	133	142	131	135	141	134	137	140	137	139	140	
132	125	130	142	128	132	141	130	134	140	133	136	139	136	138	139	
130	124	129	141	127	131	140	129	133	139	132	135	138	134	137	138	
128	123	128	140	126	130	139	128	132	138	131	134	137	132	136	137	
126	122	127	139	124	129	138	126	131	137	129	132	136	129	134	136	
124	120	125	138	123	127	137	125	129	136	128	131	135	127	133	134	
122	119	124	137	121	126	136	123	128	135	126	129	134	124	131	133	
120	118	123	136	120	125	135	122	127	134	125	128	133	122	130	132	
118	116	122	135	119	124	134	121	126	133	124	127	132	122	129	131	
116	115	120	134	117	122	133	119	124	132	122	125	131	122	128	130	
114	113	119	133	116	121	132	118	123	131	121	124	130	122	126	129	
112	112	117	132	114	119	131	116	121	130	119	122	129	122	125	128	
110	110	116	131	113	118	130	115	120	129	118	121	128	122	124	127	
108	109	115	130	111	117	129	114	119	128	117	120	127	120	123	126	
106	107	113	129	110	115	128	112	117	127	115	119	126	119	121	125	
104	106	112	128	108	114	127	111	116	126	114	117	125	117	120	124	
102	104	110	127	107	112	126	109	114	125	112	116	124	116	118	123	
100	103	109	126	105	111	125	108	113	124	111	115	123	114	117	122	

Si V1 cae en el área sombreada comprobar contra V1(MCG)  
(CHECK V1(MCG) IN SHADED AREA)

VREF

AJUSTE DEL ESTABILIZADOR (STAB TRIM)

V1(MCG)		ALTITUD PRESIÓN PIES (PRESS ALT FT)				
TEMPERATURA (ACTUAL OAT)		0	2,000	4,000	6,000	8,000
° C	° F					
50	122	112	108			
40	104	119	114	110	105	101
30	86	121	117	112	108	103
20	68	122	119	115	111	106
10	50	122	119	115	112	108
0 Y MENOR & BELOW	32 Y MENOR & BELOW	123	120	116	112	109

PESO (WEIGHT) 1,000 Kg	FLAPS		
	30	25	20
180	173	170	177
170	166	165	171
160	158	160	166
150	150	155	160
140	145	149	154
130	139	144	148
120	134	138	142
110	128	132	136
100	122	126	129

PESO (WEIGHT) 1,000 Kg	C.G. % CAM (MAC)						
	12	16	20	24	28	32	36
180	7	7	7	5	4 1/2	3 1/2	2 1/2
170	7	7	6	5	4	3	2
160	7	6 1/2	5 1/2	4 1/2	3 1/2	2 1/2	2
150	6 1/2	5 1/2	4 1/2	4	3	2	1
140	6	5	4	3 1/2	2 1/2	1 1/2	1/2
130	5 1/2	4 1/2	4	3	2	1	1/2
120	5	4 1/2	3 1/2	2 1/2	2	1	1/2
110	5	4	3	2 1/2	1 1/2	1/2	1/2
100	4	3 1/2	2 1/2	2	1	1/2	1/2



**APÉNDICE B**  
**Comunicaciones de las aeronaves  
con control**



## DESPEGUE

12:55:48	TWR	¿AMX002?
12:55:51	AMX002	Adelante.
12:55:53	TWR	AMX002, buenas tardes. ¿Está listo?
12:55:55	AMX002	¿Nos da 30 segundos para inicial... inerciales, por favor?
12:56:01	TWR	Sí, afirma. Cómo no. Llámeme listo. Gracias.
12:56:04	AMX002	Pendiente, gracias.
12:56:33	AMX002	AMX002, listos ahora, al despegue.
12:56:37	TWR	AMX002, entrar y mantener 36L.
12:56:42	AMX002	Entrar y mantener 36L, AMX002.
12:57:44	TWR	AMX002, viento 270/03. Autorizado a despegar 36L.
12:57:49	AMX002	Autorizado a despegar 36L, AMX002.
12:59:28	TWR	AMX002, 31 175.
12:59:31	AMX002	31 175, gracias.
<i>Otras comunicaciones</i>		
13:25:58	TWR	051, viento 150/05. Autorizado a despegar 36L.
13:26:02	AEA051	Autorizado a despegar 36L, AEA051.
<i>Otras comunicaciones</i>		
13:28:26	TWR	AEA071, viento 150/03. Autorizado a despegar 36L
13:28:31	AEA071	Autorizado a despegar 36L, AEA071.
13:30:00	TWR	AEA071, 3117. Hasta ahora.
13:30:02	AEA071	31 17. Nos ha parecido ver una pieza de goma, en ... , en la pista, un poquito antes de la rotación. Eh,.eh, eh ... , es bastante grande, en el centro de la pista.
13:30:10	TWR	Copiado, gracias.
13:30:43	TWR	Barajas, de PAPA7
13:30:45	PAPA7	PAPA7, sí mire. Eh, el tráfico que acaba de salir de la 36L ha notificado que había un trozo de goma grande en la pista. A ver si se puede acercar a hacer una revisión.
<i>Otras comunicaciones</i>		
13:32:19	AEA051	Torre de Madrid, AEA051.

## Informe técnico A-010/2013

13:32:21	TWR	Adelante.
13:32:26	TWR	¿AEA051?
13:32:27	AEA051	Sí, hola. AEA051. Hemos despegado hace 5 minutos y parece que hemos visto un trozo de chapa o de algo a ... en el último cuarto de pista, en el momento de la rotación. Sería los últimos 3.000 ft de pista aproximadamente. Algo así como color verde.
13:32:46	TWR	Sí, sí. El tráfico siguiente a usted lo ha notificado también. Estamos haciendo ahora mismo una revisión. Muchas gracias

*Comunicaciones sobre lo encontrado en la pista 36L*

### ASCENSO-DESCENSO

Comunicación con aeronave		
13:08:26	AMX002	... CONTROL AMX002
13:08:29	LECM	SÍ ADELANTE
13:08:32	AMX002	... VAMOS A PERMANECERNOS UNO SIETE MIL, TENEMOS UN PEQUEÑO PROBLEMITA AQUÍ, DENOS UNOS TRES MINUTOS
13:08:40	LECM	MUY BIEN, SIN PROBLEMA, GRACIAS
Coordinación entre sectores		
13:08:49	SCTR/WNN	DEL OESTE NORTE
13:08:53	SCTR/ZML	HOLA, HOLA, DIME
13:08:54	SCTR/WNN	HOLA, MIRA, EL AEROMÉJICO QUE VÁ EN CURSO A ZAMORA ME HA DICHO QUE VA A ESPERAR UNOS TRES MINUTITOS A UNO SIETE CERO, QUE TENÍA UN PROBLEMA. ME LO QUEDO DE MOMENTO A NO SER QUE LO QUIERAS.
13:09:02	SCTR/ZML	PERFECTO, MUY BIEN, GRACIAS
Comunicación con aeronave		
13:09:29	AMX002	... PODEMOS DEJAR UNO SIETE MIL FT AHORA EL... EL 002
13:09:34	LECM	COPIADO, GRACIAS
Coordinación entre sectores		
13:10:34	SCTR/WNN	CONTIGO YA.
Comunicación con aeronave		
13:11:05	AMX002	MADRID, AMX002, BUENAS TARDES. A UNO NUEVE MIL SETECIENTOS.

13:11:12	LECM	AMX002 MUY BUENAS. ESTÁN EN CONTACTO RADAR, CONTINÚEN ASCENSO PARA FL290.
13:11:23	AMX002	DOS NUEVE CERO, EH... ¿PODEMOS MANTENER UNO NUEVE CERO POR EL MOMENTO? TENEMOS UN PROBLEMA EN LA CABINA.
13:11:29	LECM	SI, AFIRMATIVO. UNO NUEVE CERO PUEDEN MANTENER, NO HAY PROBLEMA.
13:11:33	AMX002	UNO NUEVE CERO, AMX002.
<i>Coordinación entre sectores</i>		
<b>Comunicación con aeronave</b>		
13:12:51	AMX002	MADRID, AMX002.
13:12:54	LECM	AMX002 ADELANTE.
13:12:56	AMX002	(ININTELIGIBLE) CERO MIL FT TENEMOS UN PROBLEMA CON PRESURIZACIÓN. MANTENDRÉ EN ESTA POSICIÓN.
13:13:05	LECM	AMX002 RECIBIDO. ENTIENDO VAN A MANTENER NIVEL UNO NUEVE CERO ¿VERDAD?
13:13:12	AMX002	ESTAMOS SOLICITANDO DESCENDER UNO CERO MIL, AMX002.
13:13:17	LECM	RECIBIDO, UN SEGUNDO... DESCIENDAN PARA FL130.
13:13:22	AMX002	UNO TRES CERO, AMX002.
13:14:00	LECM	AMX002 DESCIENDAN PARA FL110, ES EL MÍNIMO DE AEROVÍA.
13:14:06	AMX002	UNO UNO CERO EL MÍNIMO DE AEROVÍA, AMX002. ESTAMOS EFECTUANDO UN PATRÓN DE ESPERA EN ESTE MOMENTO, ¿PUEDE SER POSIBLE?
13:14:16	LECM	AMX002 ES AFIRMATIVO. ¿HACIA QUÉ LADO LO VAN A HACER, A LA IZQUIERDA?
13:14:21	AMX002	A LA DERECHA.
13:14:25	LECM	MUY BIEN, RECIBIDO, GRACIAS. A SU DISCRECIÓN.
13:14:32	AMX002	ME COPIÓ, A LA DERECHA.
13:14:34	LECM	A LA DERECHA A FL110, GRACIAS.
<i>Coordinación entre sectores</i>		
<b>Comunicación con aeronave</b>		
13:16:55	LECM	¿AMX002, MADRID? ¿PREVEEN USTEDES QUE VAN A VOLVER A MADRID?

## Informe técnico A-010/2013

13:17:02	AMX002	EH... SI, MIRE, VAMOS A HACER... TENEMOS EL PROBLEMA DE, DE LOS CONTROLADORES DE... DE PRESIÓN DE LA CABINA Y NINGUNO DE LOS DOS FUNCIONÓ. (ININTELIGIBLE) LAS MASCARILLAS Y TENDREMOS QUE REGRESAR A, A ATERRIZAR. NADA MÁS DENOS UN PEQUEÑO BREAK PARA CONSULTAR CON EL PESO DE ATERRIJAJE PARA REGRESAR A MADRID.
13:17:21	LECM	CORRECTO, MUY BIEN. NO HAY NINGÚN PROBLEMA. CUANDO PUEDAN ME LO CONFIRMAN PARA DARLE INSTRUCCIONES.
13:17:26	AMX002	... ECTO AQUÍ MANTENEMOS.

### *Coordinación entre sectores para transferir comunicaciones del sector ZML al sector Oeste Norte (WNN)*

13:19:12	LECM	¿AMX002, MADRID?
13:19:14	AMX002	ADELANTE, POR FAVOR.
13:19:17	LECM	MUY BIEN, PUES LLAMEN, POR FAVOR, MADRID RADAR EN UNO UNO OCHO DECIMAL CUATRO Y YA TIENEN NOTIFICACIÓN DE QUE VAN A VOLVER USTEDES A MADRID Y QUE QUIEREN MANTENER DE MOMENTO PARA QUEMAR COMBUSTIBLE. ALLÍ CUANDO ESTÉN LISTOS NOTIFIQUENLO Y LE DAN INSTRUCCIONES PARA ATERRIZAR DE NUEVO EN MADRID, HASTA LUEGO.
13:19:35	AMX002	GRACIAS, QUE TENGA BUEN, BUEN DÍA Y MUCHAS GRACIAS.
13:19:37	LECM	GRACIAS, QUE VAYA TODO BIEN.

### *Problemas para establecer comunicaciones con la frecuencia proporcionada y gestiones para conseguir contactar*

13:31:07	<i>Comunicación con aeronave (se les proporciona información sobre la pista en servicio 32L e instrucciones de aproximación)</i>	
13:36:58	<i>Comunicación con aeronave (se les proporciona información sobre cambio de pista en servicio 18R e instrucciones de aproximación)</i>	

### *Coordinación con diversos sectores para gestionar la espera y quema de combustible del AEA071*

13:42:05	AMX002	MADRID AMX002
13:42:10	LECM	¿AMX002 LLAMANDO?
13:42:12	AMX002	SÍ CORRECTO, UNO UNO MIL, SOLICITAMOS INICIAR DESCENSO
13:42:15	LECM	AMX002 EN ESTE MOMENTO ESTAMOS CAMBIANDO A CONFIGURACIÓN SUR, ESPERE LA PISTA 18... R
13:42:29	AMX002	... 18R Y, ¿PODEMOS INICIAR EL DESCENSO?
13:42:10	LECM	NO, MANTENGA ONCE MIL HASTA QUE SALGAN LOS DESPEGUES, TIENE QUE HACER ESPERAS SOBRE EREMA... 002
13:42:36	AMX002	PATRÓN DE ESPERAS SOBRE EREMA. ES QUE YA PASAMOS EREMA, ¿REGRESAMOS DE... PRESENTE POSICIÓN?

13:42:42	LECM	NO, PUEDE HACER ESPERAS SOBRE SU POSICIÓN, PUEDE HACER ESPERAS SU POSICIÓN, INICIE UN TRES SEIS CERO A SU IZQUIE... A SU DERECHA, Y PUEDE... SERÁN UNO O DOS TRES SEIS CEROS HASTA QUE PUEDA PROCEDER A... A LA APROXIMACIÓN
13:42:55	AMX002	OK, PATRÓN ESPERAS SOBRE LA DERECHA, Y PRESENTE POSICIÓN AMX002
13:48:50	LECM	AMX002 ESPERE PISTA 18L, POR PROBLEMAS EN LA 18R
13:48:57	AMX002	18L AMX002

*Resto de comunicaciones no relevantes sin novedad en las instrucciones para autorización a descenso y aproximación ILS.*

### ATERRIJAJE

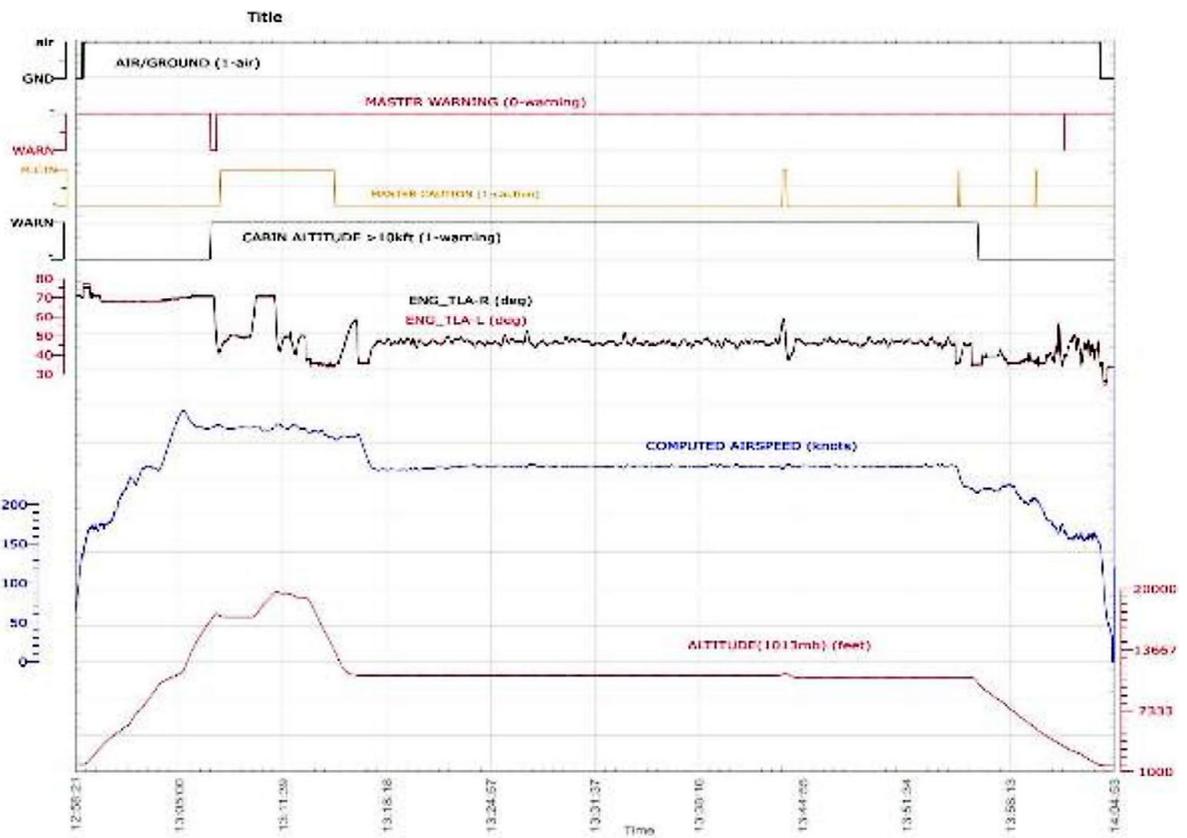
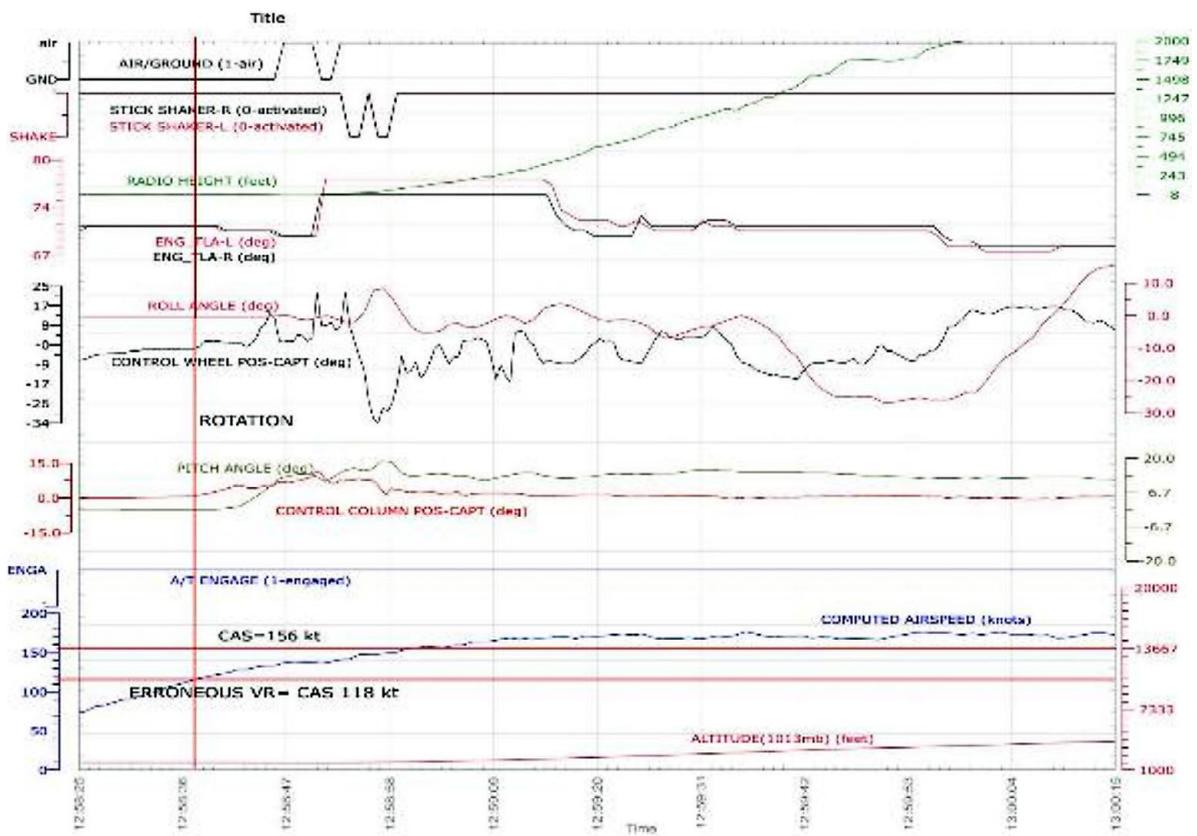
14:01:55	AMX002	Torre de Barajas. AMX002, final 18L
14:02:00	TWR	AMX002, buenas. Verifique tren bajado y bloqueado. Viento calma. Autorizado a aterrizar 18L.
14:02:08	AMX002	Autorizado a aterrizar 18L, AMX002

*Resto de comunicaciones no relevantes sin novedad aeronave en curso al stand es informada de los daños en el fuselaje.*



**APÉNDICE C**  
**Gráficas de los parámetros**  
**del DFDR**

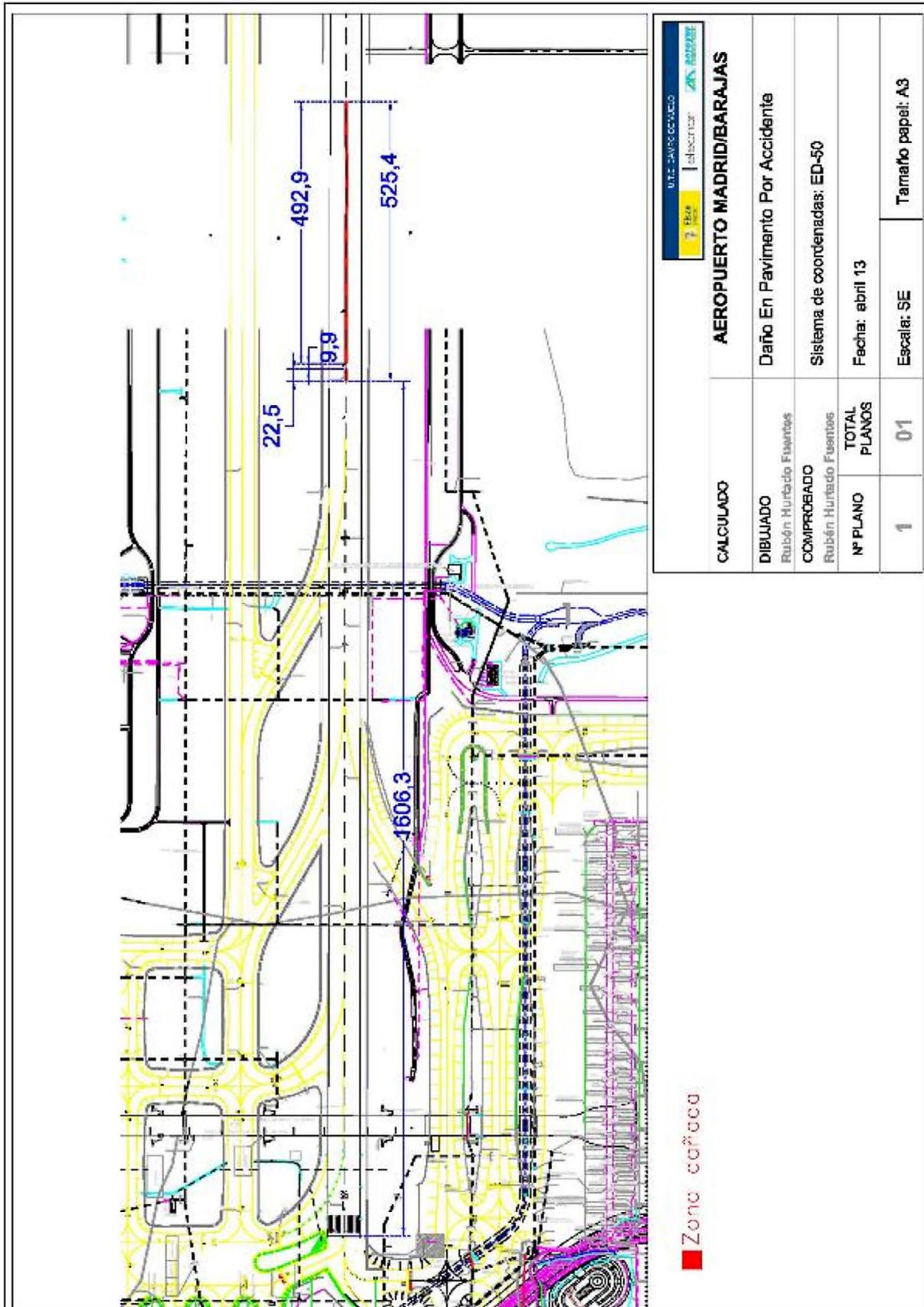






**APÉNDICE D**  
**Zona de la pista dañada durante  
el impacto de la aeronave con la cola**







**APÉNDICE E**  
**Cálculos en formato en «T»**  
**del OPT para TOW y ZFW**



**Peso de despegue TOW**

```

AIRPORT : HAD / BARAJAS
RUNWAY : 36L
CONDITION : DRY
WIND : 0 KT
DAY : 23 C
QNH : 1023.0 HPa
REGISTER : _____
FLT. NO. : _____
FLT. LEG : _____
SUP. RWY : _____
ZFW : _____

A/C : On
ANTI-ICE : OFF
MEL ITEMS : None
CDL ITEMS : None
TOW : 171687 KG
IMPROVED CLIMB : None or Fixed
C.G. LIMIT : FWD LIMIT

THRUST RATING: D-PW4060
POWER SETTING: 1.55
ASSUMED TEMP: 35 C
    
```

	NORMAL	767-200 PW	REDUCED
	1.58	D-PW4060	1.55 (35 C)
		EPR	EPR
15		V <sub>1</sub> 152 KT	167 KT
FLAPS		V <sub>R</sub> 156 KT	V <sub>REF</sub>
STAB TRIM		V <sub>2</sub> 161 KT	C.G.

CAPTAIN SIGN : \_\_\_\_\_ LOAD PLANNER SIGN : \_\_\_\_\_

ADDITIONAL INFORMATION:

**ZFW en lugar de TOW**

```

AIRPORT : HAD / BARAJAS
RUNWAY : 36L
CONDITION : DRY
WIND : 0 KT
DAY : 23 C
QNH : 1023.0 HPa
REGISTER : _____
FLT. NO. : _____
FLT. LEG : _____
SUP. RWY : _____
ZFW : _____

A/C : On
ANTI-ICE : OFF
MEL ITEMS : None
CDL ITEMS : None
TOW : 105087 KG
IMPROVED CLIMB : None or Fixed
C.G. LIMIT : FWD LIMIT

THRUST RATING: D-PW4060
POWER SETTING: 1.38
ASSUMED TEMP: 55 C
    
```

	NORMAL	767-200 PW	REDUCED
	1.58	D-PW4060	1.38 (55 C)
		EPR	EPR
15		V <sub>1</sub> 118 KT	125 KT
FLAPS		V <sub>R</sub> 118 KT	V <sub>REF</sub>
STAB TRIM		V <sub>2</sub> 126 KT	C.G.

CAPTAIN SIGN : \_\_\_\_\_ LOAD PLANNER SIGN : \_\_\_\_\_

ADDITIONAL INFORMATION:



## **APÉNDICE F**

### **Procedimientos QRH**





<b>CABIN ALT</b>	<b>CABIN ALTITUDE or Rapid Depressurization</b>
----------------------	---

<b>CABIN ALTITUDE</b>	Messages: CABIN ALTITUDE Condition: A cabin altitude exceedance occurs.
---------------------------	--

- 1 Don the oxygen masks.
- 2 Establish crew communications.
- 3 Check the cabin altitude and rate.
- 4 **If** the cabin altitude is uncontrollable:

PASS OXYGEN switch ..... Push and hold  
for 1 second

Without delay, descend to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.

To descend:

Move the thrust levers to idle

Extend the speedbrakes

**If** structural integrity is in doubt, limit airspeed and avoid high maneuvering loads.

Descend at VMO/MMO

XA-APB, XA-MAT

**Caution!** Speedbrakes may automatically retract to the "50%" position when airspeed exceeds 320 KIAS. If this occurs, do not extend speedbrake lever beyond the "50%" position until airspeed is less than 315 KIAS.





**AUTO INOP**

**CABIN AUTOMATIC  
INOPERATIVE**

Messages: CABIN AUTO INOP

Condition: One of these occurs:

- The automatic pressurization control is failed.
- The cabin altitude mode selector is on manual.

- 1 CABIN ALTITUDE MODE SELECT .....MAN
- 2 CABIN ALTITUDE  
MANUAL control..... Move to CLIMB or DESCEND  
as needed to control  
cabin rate and altitude

**Note:** Recommended cabin rate is approximately 500 FPM for climbs and descents.

Recommended cabin altitude in cruise is:

FLIGHT LEVEL	CABIN ALTITUDE
Up to 230	Land File Elevation
260	2000
300	4000
350	6000
400 and above	8000

- 3 Checklist Complete Except Deferred Items

▼ **Continued on the next page** ▼



▼ **CABIN AUTOMATIC INOPERATIVE continued** ▼

**Deferred Items**

**Descent Checklist**

Pressurization ..... LDG ALT \_\_\_\_  
 Recall.....Checked  
 Autobrake .....\_\_\_\_  
 Landing data ..... VREF \_\_\_\_, Minimums \_\_\_\_  
 Approach briefing.....Completed

**Approach Checklist**

Altimeters .....\_\_\_\_

**When at pattern altitude**

CABIN ALTITUDE  
 MANUAL control.....Hold in CLIMB until the  
 outflow valve indication  
 shows fully open to  
 depressurize the airplane

**Landing Checklist**

Speedbrake..... ARMED  
 Landing gear.....Down  
 Flaps..... \_\_\_\_



▼ **Tail Strike continued** ▼

6 Do **not** accomplish the following checklist:

CABIN AUTOMATIC INOPERATIVE





## Tail Strike

Condition: The tail hits the runway.

**Caution! Do not pressurize the airplane due to possible structural damage.**

- 1 Cabin altitude MODE SELECT.....MAN
- 2 CABIN ALTITUDE  
MANUAL control.....Hold in CLIMB until the  
outflow valve indication  
shows fully open to  
depressurize the airplane

- 3 Level off at the lowest safe altitude.
- 4 Plan to land at the nearest suitable airport.

**XA-JBC, XA-MAT, XA-TOJ**

- 5 Choose one:

◆ Climb above 11,000 feet is **not needed**:

▶ ▶ **Go to step 6**

◆ Climb above 11,000 feet is **needed**:

PACK control selectors (both).....OFF

This ensures cabin will remain depressurized  
when outflow valve closes automatically at  
11,000 feet.

Do **not** accomplish the following checklist:

PACK OFF

▶ ▶ **Go to step 6**

▼ **Continued on the next page** ▼



### Approach to Stall or Stall Recovery

All recoveries from approach to stall should be done as if an actual stall has occurred.

Immediately do the following at the first indication of stall (buffet or stick shaker).

**Note:** Do not use flight director commands during the recovery.

PILOT FLYING	PILOT MONITORING
Initiate the recovery: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hold the control column firmly.</li> <li>◆ Disconnect autopilot and autothrottle.</li> <li>◆ Smoothly apply nose down elevator to reduce the angle of attack until buffet or stick shaker stops. Nose down stabilizer trim may be needed.*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Monitor altitude and airspeed.</li> <li>◆ Verify all required actions have been done and call out any omissions.</li> <li>◆ Call out any trend toward terrain contact.</li> </ul>
Continue the recovery: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Roll in the shortest direction to wings level if needed.**</li> <li>◆ Advance thrust levers as needed.</li> <li>◆ Retract the speedbrakes.</li> <li>◆ Do not change gear or flap configuration, except               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ During liftoff, if flaps are up, call for flaps 1.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Monitor altitude and airspeed.</li> <li>◆ Verify all required actions have been done and call out any omissions.</li> <li>◆ Call out any trend toward terrain contact.</li> <li>◆ Set the FLAP lever as directed.</li> </ul>
Complete the recovery: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Check airspeed and adjust thrust as needed.</li> <li>◆ Establish pitch attitude.</li> <li>◆ Return to the desired flight path.</li> <li>◆ Re-engage the autopilot and autothrottle if desired.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Monitor altitude and airspeed.</li> <li>◆ Verify all required actions have been done and call out any omissions.</li> <li>◆ Call out any trend toward terrain contact.</li> </ul>

The Approach to Stall or Stall Recovery maneuver calls for the crew to advance the thrust levers as needed. Under certain conditions, where high thrust settings are already applied such as during takeoff or go-around, it may be necessary to reduce thrust in order to prevent the angle of attack from continuing to increase. This is because airplanes with underwing-mounted engines have a nose-up pitch moment relative to increased thrust.

**APÉNDICE G**  
**Normativa sobre registradores  
de vuelo**



Según Anexo 6, en el apartado de 6.3.4 Registradores de vuelo — Generalidades se establece lo siguiente:

6.3.4.2 Funcionamiento

6.3.4.2.1 Los registradores de vuelo no deberán ser desconectados durante el tiempo de vuelo.

6.3.4.2.2 Para conservar los registros contenidos en los registradores de vuelo, éstos se desconectarán una vez completado el tiempo de vuelo después de un accidente o incidente. Los registradores de vuelo no volverán a conectarse antes de determinar lo que ha de hacerse con ellos de conformidad con el Anexo 13.

Según la normativa europea EU-OPS (EU-OPS 1.085):

f) El comandante deberá:

10. no permitir:

(i) inhabilitar, apagar o borrar el registrador de datos de vuelo durante el vuelo ni permitir que los datos grabados sean borrados tras un vuelo en caso de un accidente o incidente sujeto a una investigación obligatoria.

(ii) inhabilitar o apagar el registrador de datos de cabina durante el vuelo a no ser que crea que los datos grabados, que de otra forma se borrarían automáticamente, deberían ser preservados para una investigación de un incidente o accidente, ni permitir que los datos grabados sean borrados manualmente durante o después del vuelo en caso de un accidente o incidente sujeto a una investigación obligatoria.

Según la normativa aplicable en España, EU OPS, OPS 1.085 Responsabilidades de la tripulación, el comandante:

10) *no permitirá:*

*i) que se inutilice o apague durante el vuelo ningún registrador de datos de vuelo, ni que se borren los datos grabados en él durante el vuelo ni después del mismo, en caso de accidente o incidente que esté sujeto a notificación obligatoria,*

*ii) que se inutilice o apague durante el vuelo ningún registrador de voz de la cabina de pilotaje, a no ser que crea que los datos grabados, que de lo contrario se borrarían de forma automática, deben conservarse para la investigación de incidentes o accidentes; tampoco permitirá que los datos grabados se borren manualmente, durante o después del vuelo, en caso de accidente o incidente que esté sujeto a notificación obligatoria,*

Por otro lado, el anexo 6, PARTE 1, de OACI recoge en el capítulo 3 que:

*3.1 Observación de leyes, reglamentos y procedimientos*

*3.1.1 El explotador se cerciorará de que los empleados estén enterados de que, mientras se encuentren en el extranjero, deben observar las leyes, reglamentos y procedimientos de aquellos Estados en los que se realizan operaciones.*

*3.1.2 El explotador se cerciorará de que los pilotos conozcan las leyes, los reglamentos y procedimientos, aplicables al desempeño de sus funciones, prescritos para las zonas que han de atravesarse y para los aeródromos que han de usarse, y los servicios e instalaciones de navegación aérea correspondientes. El explotador se cerciorará asimismo de que los demás miembros de la tripulación de vuelo conozcan aquellas leyes, reglamentos y procedimientos aplicables al desempeño de sus respectivas funciones en la operación del avión.*

En la información recogida en el Manual General de Operaciones. Capítulo 10 Operaciones Internacionales se recoge lo siguiente:

*Actualmente la reglamentación europea no tiene requisitos equivalentes al FAR 129 para operadores extranjeros, ni los países operados por Aeroméxico expiden especificaciones de operación.*

*Para operar el espacio aéreo europeo es requisito apegarse a:*

- Anexo 6 de la OACI,*
- Los requisitos y procedimientos de operación publicados en este manual y en el manual Jeppesen, en forma de revisiones especiales, para operaciones aplicables en el espacio aéreo europeo, como son; RVSM Europeo, Comunicación con separación de 8.33 Khz, B-RNAV, Categoría III/III, ACAS II, Falla de comunicaciones, entre otros.*
- Los requisitos de ruido en los aeropuertos de Madrid y Charles de Gaulle, durante la ejecución de los procedimientos SID, mismos que deben ser seguidos meticulosamente para evitar invadir áreas sensibles al ruido y las subsecuentes multas a la Compañía.*
- Cualquier otro requisito que en su oportunidad señale la autoridad aeronáutica europea.*