

CIAIAC

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

Informe técnico A-003/2007

Aterrizaje en configuración de tren replegado ocurrido el 24 de enero de 2007, a la aeronave Bombardier CL 600-2B19, matrícula EC-IBM, operada por Air Nostrum, en el Aeropuerto de Barcelona



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-003/2007

**Aterrizaje en configuración de tren replegado
ocurrido el 24 de enero de 2007, a la aeronave
Bombardier CL 600-2B19, matrícula EC-IBM, operada
por Air Nostrum, en el Aeropuerto de Barcelona**



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: 161-10-059-9
Depósito legal: M. 23.129-2003
Imprime: Diseño Gráfico AM2000

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

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

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

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

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

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

Índice

Abreviaturas	vii
Sinopsis	ix
1. Información factual	1
1.1. Antecedentes del vuelo	1
1.2. Lesiones de personas	2
1.3. Daños a la aeronave	2
1.4. Otros daños	2
1.5. Información personal	2
1.5.1. Comandante	2
1.5.2. Copiloto	3
1.6. Información de la aeronave	4
1.6.1. General	4
1.6.2. Célula	4
1.6.3. Certificado de aeronavegabilidad	5
1.6.4. Registro de mantenimiento	5
1.6.5. Motores	5
1.6.6. Hoja de carga	6
1.6.7. Flaps	6
1.6.8. EGPWS	7
1.6.9. Avisos del tren de aterrizaje	8
1.6.10. Actuaciones de la aeronave («performances»)	8
1.6.11. Lista de equipo mínimo	8
1.7. Información meteorológica	9
1.8. Ayudas para la navegación	9
1.9. Comunicaciones	9
1.10. Información de aeródromo	10
1.11. Registradores de vuelo	10
1.11.1. Registrador de voces en cabina (CVR)	10
1.11.2. Registrador de datos de vuelo digital (DFDR)	12
1.12. Información sobre las huellas y los restos de la aeronave	13
1.12.1. Huellas	13
1.12.2. Estado de la aeronave: daños observados	14
1.12.3. Posiciones de los controles en cabina	15
1.13. información médica y patológica	15
1.14. Incendio	15
1.15. Aspectos de supervivencia	16
1.16. Ensayos e investigación	16
1.16.1. Inspección y desmontaje de los componentes del sistema de flaps	16
1.16.2. Historial de averías del sistema de flaps de la aeronave EC-IBM	18
1.16.3. Antecedentes, directivas de aeronavegabilidad y otros documentos	18
1.16.4. Acciones de seguridad emprendidas tras el accidente	19
1.17. Información sobre organización y gestión	20

1.17.1.	Procedimientos operativos en los manuales de la compañía	20
1.17.2.	Formación de los tripulantes técnicos	22
1.17.3.	Acciones correctivas internas tomadas por la compañía	24
1.18.	Información adicional	25
1.18.1.	Declaraciones de la tripulación	25
2.	Análisis	27
2.1.	Preparación y ejecución del vuelo. Fallo de flaps	27
2.2.	Maniobra de aproximación a Barcelona	28
2.3.	Recorrido de aterrizaje	30
2.4.	Fiabilidad del sistema de flaps	31
2.5.	Procedimientos operativos	33
2.6.	Aspectos de factores humanos	34
3.	Conclusión	37
3.1.	Conclusiones	37
3.2.	Causas	38
4.	Recomendaciones sobre seguridad	39
	Apéndices	41
Apéndice 1.	Hoja de carga y centrado	43
Apéndice 2.	Gráficos del DFDR	47
Apéndice 3.	Carta de aproximación ILS a la pista 25R de Barcelona	51
Apéndice 4.	Carta del Aeropuerto de Barcelona y huellas del aterrizaje	55

Abreviaturas

.DAT	Extensión de archivo informático
.FDT	Extensión de archivo informático
.WAV	Extensión de archivo informático
00°	Grado(s)
00 °C	Grados centígrados
AD	Directiva de aeronavegabilidad
AFM	Manual de vuelo de la aeronave preparado por el fabricante
AIP	Publicación de información aeronáutica
APP	Control de aproximación
ATC	Control de Tráfico Aéreo
ATIS	Servicio de información de tránsito del aeropuerto
BC	Board Concern (publicación del TSB de Canadá)
BPSU	Unidad de sensor de posición y freno de los flaps
CAVOK	Visibilidad, nubes y condiciones meteorológicas actuales mejores que los valores o condiciones prescritos
CDL	Lista de desviaciones de configuración
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil
cm	Centímetro(s)
CRJ	Canadair Regional Jet
CRM	Crew Resource Management
CVR	Registrador de voz en cabina
DFDR	Grabador de datos de vuelo digital
DME	Equipo de medición de distancia
EGPWS	«Enhanced ground proximity warning system»
EFIS	Electronic Flight Instrumentation System
EICAS	«Engine Indication and Crew Alerting System»
FAA	Agencia Federal de Aviación de EE.UU.
FAF	Punto fijo de aproximación final
FECU	Unidad electrónica de control de flaps
FIM	«Fault Isolation Manual»
FLAP FAIL	Aviso del EICAS de fallo de flap
ft	Pie(s)
ft/min	Pies por minuto
g	Aceleración de la gravedad
GPWS	«Ground Proximity Warning System»
GS	Velocidad respecto al suelo
h	Hora(s)
hPa	Hectopascal(es)
IAS	Velocidad indicada
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
ILS-CAT III	ILS de categoría 3
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
lb	Libra(s)
m	Metro(s)
MEL	Lista de equipo mínimo
MTOW	Máximo peso al despegue
NM	Milla(s) náutica(s)
OFF	Fuera, sin energizar
ON	Puesto, energizado
OPS	Operaciones (organización dentro del operador o de los servicios ATS)
P/N	Número de parte
PAPI	Ayuda visual de senda de planeo
PDU	Unidad de potencia de movimiento de flaps
PF	Piloto a los mandos

Abreviaturas

PNF	Piloto no a los mandos
PRM	Pilots Reference Manual, de Air Nostrum
QNH	Ajuste de la escala de presión para hacer que el altímetro marque la altura del aeropuerto sobre el nivel del mar en el aterrizaje y en el despegue
QRH	Quick Referente Handbook
RA	Radioaltura
RCA	Reglamento de Circulación Aérea
RWY	Pista de vuelo («Runway»)
S/N	Número de serie
SAIB	Boletín de información especial de aeronavegabilidad
SB	Boletín de servicio
SEI	Servicio de extinción de incendios
SR	Recomendación de Seguridad
TAT	Temperatura total o dinámica del aire
TCP	Tripulantes de cabina de pasajeros
TDZ	Zona de toma de contacto
TEM	Gestión de amenazas y errores
THRS	Umbral de pista («Threshold»)
TSB	Buró de seguridad del transporte
TWR	Torre de control de aeródromo
UTC	Tiempo Universal Coordinado
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF

Sinopsis

Propietario y operador:	Air Nostrum
Aeronave:	Bombardier CL 600-2B19, matrícula EC-IBM
Fecha y hora del accidente:	24 de enero de 2007; a las 14:06 h (UTC)
Lugar del accidente:	Pista 25R del Aeropuerto de Barcelona
Personas a bordo y lesiones:	Piloto, copiloto, 2 tripulantes de cabina (TCP) y 40 pasajeros. Dos heridos leves entre los pasajeros
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial – Regular – Interior – De pasajeros
Fecha de aprobación:	21 de diciembre de 2009

Resumen del accidente

La aeronave se disponía a aterrizar en configuración de cero flaps, por fallo del sistema de extensión. En el aterrizaje, al entrar en contacto con la pista, se puso de manifiesto que no se había desplegado el tren de aterrizaje. La aeronave deslizó sobre la panza hasta que paró dentro de la pista donde se evacuó el pasaje. Todas las personas a bordo resultaron ilesas salvo dos que sufrieron contusiones leves en la evacuación.

La investigación considera que la omisión del accionamiento de la palanca de extensión de tren, antes de iniciar la toma, fue la causa directa del accidente lo cual condujo a un aterrizaje de la aeronave sobre su panza, con el tren replegado.. Se ha estimado como factor contribuyente la presencia de ciertas anomalías técnicas en el funcionamiento del sistema de flaps que captaron la atención de la tripulación.

El informe incluye cuatro (4) recomendaciones sobre seguridad. Adicionalmente, por parte de fabricante y la autoridad aeronáutica de Canadá, Estado de diseño de la aeronave, se han adoptado medidas dirigidas a evitar que se reproduzcan anomalías en el funcionamiento del sistema de flaps en las aeronaves de este tipo.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El día 24 de enero de 2007, la aeronave Bombardier CL 600-2B19, matrícula EC-IBM, realizaba el vuelo regular de pasajeros operado por la compañía Air Nostrum con indicativo ANS-8665, desde Valladolid a Barcelona. A bordo de la aeronave viajaban 40 pasajeros y estaba tripulada por un equipo de 4 personas: piloto, copiloto y dos tripulantes de cabina de pasajeros (TCP). El comandante actuaba como piloto a los mandos.

Era el primer vuelo de la tripulación ese día y el cuarto de la aeronave. En los dos vuelos anteriores se habían presentado dificultades para extender los flaps antes del aterrizaje, primero en París y después en Valladolid, donde la aeronave tuvo que aterrizar con los flaps retraídos.

En las pruebas en tierra que la tripulación hizo en Valladolid los flaps se extendieron y retrajeron con normalidad por lo que el comandante decidió continuar con los vuelos programados.

Durante el vuelo la tripulación repasó los procedimientos anormales que deberían seguir en la eventualidad de que volviera a reproducirse el fallo del sistema de flaps.

Después de despegar en Valladolid, los flaps se retrajeron normalmente y permanecieron retraídos durante las fases de crucero y descenso hasta la aproximación inicial a Barcelona. En dicha fase, al seleccionar posición de flaps de 8 grados, éstos no se extendieron y apareció el anuncio de fallo de flaps, «flap fail», en el sistema de avisos EICAS («Engine Indication and Crew Alerting System») de la cabina. La copiloto comprobó la discrepancia que había entre la posición seleccionada de la palanca de flaps de 8° y la indicación de posición que se mantenía en 0°. Estaban en esos momentos fuera de nubes y bajo control ATC con seguimiento radar.

En la configuración de flaps a cero grados, la velocidad durante la aproximación ILS, de conformidad con el correspondiente procedimiento, tuvo que mantenerse por encima de los 180 kt. Control autorizó la aproximación a la pista 25R y comunicó que el viento tenía una componente cruzada con la pista y era de intensidad moderada, 320°/14 kt.

La aeronave descendió hasta tocar la pista con velocidad de 172 kt IAS, momento en el que la tripulación advirtió que no se había extendido el tren de aterrizaje. Tras un largo deslizamiento sobre la panza, la aeronave se detuvo dentro de ella y a 240 m de su final.

No se declaró ningún incendio generalizado, aunque se detectaron trazas de altas temperaturas y fugas de keroseno. Un vehículo del servicio de extinción de incendios que se encontraba en la plataforma, acudió inmediatamente y roció la zona de la aeronave en contacto con el suelo con espuma ignífuga. Se procedió a la evacuación de la aeronave,

varada en mitad de la pista, utilizando las dos puertas delanteras 1L y 1R, y la puerta 2R sobre el ala derecha. No se abrió la ventana de emergencia del lado izquierdo.

Dos pasajeros resultaron con contusiones de carácter leve durante la evacuación. El resto de los ocupantes del avión resultó ileso.

1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Graves				
Leves		2	2	No aplicable
Ilesos	4	38	42	No aplicable
TOTAL	4	40	44	

1.3. Daños a la aeronave

La aeronave recibió daños importantes por la abrasión de la superficie inferior del fuselaje con la superficie asfáltica de la pista.

1.4. Otros daños

Se encontraron dañadas 5 balizas empotradas de la zona de toma de contacto en la pista 25R debido al roce del fuselaje.

1.5. Información personal

La tripulación se componía de dos tripulantes técnicos y dos tripulantes auxiliares.

La tripulación técnica hacía su primer vuelo de ese día. Se había hecho cargo de la aeronave en la escala de Valladolid, relevando a la tripulación que hizo los saltos anteriores hasta París y de París a Valladolid.

1.5.1. Comandante

Edad: 45 años
Sexo: Varón
Nacionalidad: Española

Licencia:	Piloto de transporte de línea aérea
Horas de vuelo totales:	5.102 h
Horas de vuelo en el tipo:	2.969 h
Antigüedad como comandante:	Octubre 2006
Horas de vuelo como Cte.:	202:02 h
Ultimo curso de refresco:	Octubre 2006
Descanso previo al vuelo:	14:55 h
Actividad de vuelo en últimas 24 h:	07:50 h
Actividad de vuelo en últimos 5 días:	37:20 h

El piloto había dispuesto de la habilitación de tipo de ATR 72 actuando como copiloto y con una experiencia de 890 horas de vuelo.

Recibió la suelta en el tipo CRJ-200 en abril de 2003 como copiloto, después de haber obtenido la habilitación de Tipo. En octubre de 2006 superó el curso de progresión a piloto-al-mando en este tipo de aeronave; el 24 de noviembre de 2006 obtuvo la habilitación y quedó suelto para el vuelo como piloto-al-mando en la flota de CRJ-200, tras realizar el entrenamiento en ruta y los vuelos en línea bajo supervisión.

En junio de 2005 no superó un curso de progresión a piloto al mando para el tipo de aeronave ATR 72.

1.5.2. Copiloto

Edad:	29 años
Sexo:	Mujer
Nacionalidad:	Española
Licencia:	Piloto comercial de avión
Horas de vuelo totales:	2.000 h (aproximadamente)
Horas de vuelo en el tipo:	200 h
Ultimo Curso de Refresco:	Septiembre 2006
Descanso previo al vuelo:	14:55 h
Actividad de vuelo en últimas 24 h:	07:50 h
Actividad de vuelo en últimos 5 días:	37:20 h

La piloto realizó el curso de habilitación de tipo como copiloto en el avión ATR-72/500 en junio de 2003, obtuvo la habilitación de tipo como copiloto y quedó suelta para vuelo en línea en octubre de 2003. En agosto de 2006 realizó el curso de habilitación de tipo en el avión CRJ-200, hizo el entrenamiento en ruta y vuelo en línea bajo supervisión y en noviembre de ese año quedó suelta como copiloto en la flota de CRJ-200.

1.6. Información de la aeronave

1.6.1. General

La aeronave Bombardier CL-600-2B19, también denominada CRJ 200, es un avión birreactor con capacidad para 50 pasajeros concebido para su uso en el transporte aéreo regional y de corto alcance.

La compañía Air Nostrum opera 35 unidades de este tipo en los vuelos domésticos e interregionales con países vecinos europeos.

Tiene tren triciclo convencional con dos ruedas gemelas en cada pata; las patas principales se retraen bajo el fuselaje y las alas girando sobre dos goznes alineados con el eje del avión. La pata de morro se abate hacia delante para retraerse y alojarse en el pozo de tren de morro.

Las alas disponen de superficies hipersustentadoras de borde de salida o *flaps* y no tienen dispositivos hipersustentadores de borde de ataque o *slats*. La instrumentación EFIS comprende seis pantallas de rayos catódicos; dos de ellas presentan la información del sistema de EICAS.

Dispone de dos puertas en el fuselaje delantero, una a la izquierda usada normalmente en el embarque de los pasajeros, y otra puerta en el lado derecho, o puerta de servicio. Ambas puertas tienen su umbral a una altura del suelo de 1,61 m cuando la aeronave está en tierra apoyada en su tren de aterrizaje. La propia puerta de pasajeros, al abrir hacia abajo, forma los peldaños de escalerilla de acceso. Una tercera puerta de equipajes se sitúa en el lado izquierdo del fuselaje trasero. Dos ventanas en el fuselaje central y a cada lado, se pueden usar como salidas de emergencia.

1.6.2. Célula

Marca:	BOMBARDIER
Modelo:	CL-600-2B19 «CRJ-200»
Núm. de fabricación:	7591
Año de fabricación:	2001

Matrícula:	EC-IBM
MTOW:	23.133 kg
Propietario:	AIR NOSTRUM
Explotador:	AIR NOSTRUM

1.6.3. *Certificado de aeronavegabilidad*

Número:	5.038
Clase:	Normal
Fecha de expedición:	11-12-2004
Fecha de caducidad:	09-02-2007

1.6.4. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo:	14.643 h
Ciclos totales:	11.776
Ultima revisión C (4.000 h):	19-11-2005 con 11.410 h
Ultima revisión A1 (500 h):	07-08-2006 con 13.386 h
Ultima revisión A2:	05-10-2006 con 13.852 h
Ultima revisión A3:	01-12-2006 con 14.298 h
Ultima revisión A4:	07-06-2006 con 12.883 h
Cambio de motores:	18-05-2006 con 12.713 h de aeronave

El día previo al del accidente la aeronave pernoctó en Barcelona. Al despacho del primer vuelo de ese día la aeronave tenía tres averías diferidas que no guardan relación con el sistema de flaps ni el sistema de avisos de fallos. Al finalizar los tres vuelos anteriores al del accidente no se anotó ningún defecto nuevo en los partes de vuelo.

1.6.5. *Motores*

Marca:	General Electric
Modelo:	CF-34-3B1
Número de serie:	GE-E873222 y GE-E873224

1.6.6. Hoja de carga

Para el despacho de la aeronave en Valladolid se confeccionó una hoja de carga y centrado que establecía para ese vuelo los siguientes datos.

Peso real al aterrizaje: 19.850 kg	Peso max aterrizaje: 21.200 kg
Peso real al despegue: 21.050 kg	Peso max despegue: 23.133 kg

Combustible total («take off fuel»):	2.600 kg
Consumo de combustible en el vuelo («trip fuel»):	1.200 kg

Número de pasajeros embarcados: 40

1.6.7. Flaps

Dos superficies de flaps articuladas en el borde de salida de cada ala componen el dispositivo hipersustentador que la aeronave debe utilizar en la operación normal en las fases de despegue y aterrizaje. En caso del fallo del sistema, no existe procedimiento alternativo de extensión de los flaps, debiéndose entonces aterrizar en la configuración de flaps en la que hayan quedado posicionadas las superficies. Si los flaps se bloquean en 0° las velocidades de aterrizaje pueden ser altas, limitadas por los neumáticos que están diseñados para una velocidad máxima («max tire speed») de 182 kt.

El movimiento de extensión y retracción de los flaps se realiza mediante 8 actuadores de husillo, dos por cada panel, accionados por ejes flexibles que transmiten el giro de dos motores eléctricos, PDU («Power Drive Unit»). Una unidad de control electrónico de los flaps, FECU («Flaps Electronic Control Unit»), hace el seguimiento de las sucesivas posiciones de los flaps, a través de los BPSU («Brake and Position Sensor Unit»), y gobierna las PDU. En el caso de asimetría en los abatimientos de los flaps, o de bloqueos y agarrotamientos, dispone de un subsistema de detección de torsión («Skew detection system») que a través del FECU hace parar los PDU y acciona los frenos que bloquean ulteriores movimientos de las superficies que quedan retenidas en la posición que hubieran alcanzado al presentarse el problema.

En cabina de vuelo, una palanca permite seleccionar la posición deseada de flap para la operación. Asociada con ella, una indicación de la posición real que adquieren las superficies puede verse en la pantalla del EICAS, tanto en forma digital como gráfica.

Cuando se produce un fallo de FECU o cuando se produce una asimetría en el funcionamiento de los flaps aparece en el EICAS, en la página primaria, un aviso de «FLAP FAIL».

Para ayudar a las labores de mantenimiento la memoria interna del FECU registra los

eventos de fallo con codificación del tipo de fallo, de los componentes afectados y las causas que lo pudieron originar.

El registro del mantenimiento programado del sistema de flap fue el siguiente:

Lubricación e inspección visual de actuadores interiores y exteriores de ambos lados (500 h)	El 07-06-2006 con 12.883 h de aeronave, el 07-08-2006 con 13.386 h, el 05-10-2006 con 13.851 h y el 01-12-2006 con 14.298 h.
Test operacional del sistema de detección de torsión y test funcional (500 h)	El 05-10-2006 con 13.851 h de aeronave y 01-12-2006 con 14.298 h.
Inspección detallada del eje flexible de transmisión en sus tramos interiores de ambos lados (1.000 h)	El 30-03-2006 con 12.387 h de aeronave, el 07-08-2006 con 13.386 h y el 01-12-2006 con 14.298 h.
Inspección detallada del eje flexible de transmisión en sus tramos exteriores de ambos lados (1.000 h)	El 07-06-2006 con 12.883 h de aeronave y el 05-10-2006 con 13.851 h.

1.6.8. EGPWS

En el CRJ200 se dispone de un sistema de avisos de los peligros que entraña el vuelo a baja altura a fin de evitar una colisión con el terreno, EGPWS («Enhanced Ground Proximity Warning System»). El Modo 4 – Proximidad insegura a tierra (Unsafe terrain clearance), que se subdivide en los Modos 4A y 4B, provee determinados avisos en relación con la configuración de la aeronave, en cuanto al tren de aterrizaje y la posición de los flaps. Se describen a continuación los modos que pudieron afectar a este vuelo.

- **Modo 4A.** Se activa durante el crucero y la aproximación cuando los flaps y el tren no están en configuración de aterrizaje y la velocidad es inferior a una determinada en función de la altura, (190 kt a 1000 ft sobre el terreno o una velocidad inferior, a 500 ft). Si se alcanzan esas condiciones límite, se enciende un aviso luminoso intermitente 'GND PROX' y una alerta acústica, 'TOO LOW, GEAR'. Si la velocidad es superior a 190 kt el aviso acústico es 'TOO LOW TERRAIN' y se mantiene el luminoso 'GND PROX'.
- **Modo 4B.** Se activa durante el crucero y la aproximación cuando el tren está bajado pero los flaps no están en configuración de aterrizaje. La frontera de actuación del Modo 4B comienza a 245 ft de radioaltura y se incrementa linealmente con la velocidad, hasta un máximo de 1.000 ft RA. Si la frontera se atraviesa a menos de 159 kt, la luz intermitente de aviso «GND PROX» se enciende y la señal acústica «TOO LOW, FLAP» se hace oír. La tripulación puede anular el aviso sonoro «TOO LOW, FLAP» seleccionando el botón «FLAP OVRD» en el panel de EGPWS. Si la frontera se penetra a mayor velocidad que 159 kt el aviso acústico es «TOO LOW, TERRAIN» y se mantiene el luminoso «GND PROX».

1.6.9. Avisos del tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje tiene un subsistema de sensación aire/tierra que le permite al avión conocer su situación, si está en tierra o si está en el aire, y reconocer la posición extendida o replegada de las patas del tren.

En la pantalla EICAS, página primaria, se indica la posición de cada pata de tren de aterrizaje:

- UP arriba.
- DN, abajo.
- (Amarillo), pata en transición.
- (Intermitente amarillo), se desconoce su posición.
- (Rojo), la pata en cuestión no está segura.

En vuelo, a partir de dos minutos tras el despegue, se puede oír una bocina de aviso de tren, que se activa en diversas condiciones; en particular, cuando el tren no está abajo y bloqueado en las tres patas, si alguna de las dos palancas de gases se pone en la posición de ralentí, y la velocidad es inferior a 185 kt, con posiciones de flaps de menos de 5 grados, la bocina suena continuamente. Se puede acallar la bocina apretando un botón situado en la palanca de tren, pero no se puede acallar si son ambas palancas de gases las que se ponen al ralentí. También suena la bocina de aviso de tren inseguro en la condición de falta de señal de bloqueo en posición abajo, cuando la altura radioeléctrica es inferior a 1.000 ft y el régimen de descenso es mayor de 400 ft/min. En la pantalla EICAS la señal ámbar de una o más patas se encenderá intermitentemente

1.6.10. Actuaciones de la aeronave («performances»)

La longitud mínima de aterrizaje (distancia de aterrizaje real-ALD) de acuerdo con las características del avión, en condiciones de flaps de 0 grados, presión normal a nivel del mar y peso de 19.850 kg (estimado al aterrizaje), es de 1.439 m. La distancia requerida y por tanto disponible en el aeródromo (distancia de aterrizaje disponible LDA) debe ser el 167% de la anterior, es decir de 2.400 m. La longitud de pista usada por la aeronave durante el aterrizaje fue de 3.100 m.

La velocidad de aproximación con 0° de flaps y 20.000 kg de peso es de 167 kt.

La máxima velocidad de operación de los neumáticos es de 182 kt.

1.6.11. Lista de equipo mínimo

En la lista de equipo mínimo (MEL) se indica que con el fallo de flap en la pantalla del EICAS la aeronave no puede iniciar un vuelo.

Con otros fallos parciales de los subsistemas (canales del FECU, sistema de detección de torsión, potenciómetros de posición de flap, y los flap PDU motores) puede ser operada con ciertas condiciones especificadas en la MEL.

1.7. Información meteorológica

Los propios registros de datos de vuelo de la aeronave permiten conocer que la temperatura a la salida en Valladolid era de unos 5 °C.

La información meteorológica de la autorización de salida, facilitada por Control, era de pista en servicio 23, viento 320/11 kt, CAVOK, temperatura 4 °C, punto de rocío -5 °C y QNH 1.015 hPa.

En Barcelona, según la información ATIS, el viento en la zona de toma de contacto de la pista 25R era de orientación 310° y de intensidad 14 kt. La temperatura era de unos 10° C, con pocas nubes a 3.500 ft y nubes dispersas a 9.000 ft..

En altura de crucero la temperatura media era de 35 grados bajo cero.

1.8. Ayudas para la navegación

Las ayudas electrónicas a la navegación con las que la aeronave siniestrada contaba en la aproximación a la pista 25R eran: ILS CAT-III y VOR/DME, las cuales funcionaban correctamente.

Bajo control radar la aeronave recibió guía vectorial desde la entrada en el área de control, viento en cola derecha, y en base y final dentro de una secuencia de cinco aeronaves que en esos momentos se encontraban en la aproximación a Barcelona. Las trazas radar confirman que el vuelo ANS-8665 interceptó el localizador a 8 NM de la cabecera 25R en una trayectoria normal de aproximación.

1.9. Comunicaciones

Se mantuvieron las comunicaciones en todo momento entre la aeronave y las dependencias de control de aproximación y de control de torre. Se ha dispuesto de las transcripciones de las grabaciones de esas comunicaciones apreciándose en general la coincidencia con la información grabada en CVR.

En las copias de las comunicaciones se ha podido constatar también una elevada concentración de transmisiones en los dos minutos y medio que dura el contacto radio con TWR. Se hicieron en ese intervalo unas 36 transmisiones entre TWR y los cinco aviones que estaban en frecuencia.

1.10. Información de aeródromo

El Aeródromo de Barcelona-El Prat tiene una elevación de 12 ft y dispone de 2 pistas paralelas, 07L-25R y 07R-25L, utilizadas normalmente en las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves. Una tercera pista, la 02-20, cruza a las dos anteriores.

La pista utilizada por el vuelo del incidente, ANS-8665, era la pista 25R de 3.352 m de longitud y 60 m de anchura. La elevación de la cabecera es de 10 ft. Tiene la superficie de la pista un perfil convexo con ligera pendiente hacia arriba en los primeros 250 m, pendiente nula en 2.175 m de su parte central y pendiente suave hacia abajo en los 250 m finales.

La pista 25R dispone de ayuda visual PAPI de pendiente de aproximación y ayuda instrumental ILS. Tanto la pendiente visual del PAPI como la senda de planeo (GS) del ILS CAT III, tienen una pendiente de 3°.

La pista 25R no tiene obstáculos en el área de aproximación y estando prácticamente a nivel del mar, las alturas barométricas deben coincidir con las radioalturas (RA). Al mismo tiempo deben ser iguales las alturas de vuelo y las altitudes de un avión cuando éste se encuentra en aproximación.

En los Apéndices 3 y 4 se reproduce la Carta de Aproximación por Instrumentos a la pista 25R y el Plano del Aeródromo de Barcelona, del AIP-España.

1.11. Registradores de vuelo

1.11.1. Registrador de voces en cabina (CVR)

La aeronave disponía de un registrador de voces de cabina (CVR) de L3 Communications, de estado sólido, con capacidad para 120 minutos de grabación, P/N: S200-0012-00 y S/N: 000147189.

Este registrador se desmontó del avión y se envió a los laboratorios de la Junta de Investigación de Accidentes de Canadá (Transport Safety Board, TSB), donde se leyó, y de él se obtuvieron cuatro archivos digitales tipo WAV correspondientes a la entrada del micrófono ambiente, las comunicaciones a pasajeros y a los puestos de comandante y copiloto. Las comunicaciones correspondientes a los puestos de la tripulación no eran nítidas porque los micrófonos de los cascos de vuelo no estaban ubicados cerca de la fuente del sonido, por lo que se entiende que ambos tripulantes no llevaban puestos los cascos de vuelo con auriculares y micrófono.

El periodo grabado de 120 minutos abarca todo el vuelo e incluso la llegada del vuelo anterior y los tiempos de escala durante los que estuvo energizado el sistema.

Por las conversaciones grabadas se sabe que:

- El comandante del vuelo anterior comunica a operaciones de la compañía que la aeronave tiene un problema de flaps y que no sabe si podrá realizar el vuelo siguiente.
- En el relevo, el comandante que hace entrega del avión comunica al nuevo comandante que le ha fallado el flap en dos ocasiones. Que a la salida de París le advirtieron de que probablemente le ocurriría lo mismo, de nuevo en Valladolid, a causa del frío. Pronostica que en tierra es posible que funcione correctamente. Informa de que ha hecho gestiones con la compañía, Operaciones y Mantenimiento, y que conocen el problema.
- Se realiza la prueba de bajar los flaps con éxito y el comandante entrante se hace cargo del avión pidiendo al cesante que no anote la anomalía en parte de vuelo, para llevar el avión hasta Barcelona, donde existe servicio de mantenimiento.
- Se hacen otros comentarios relativos a las performances del avión, como que a plena carga se debe entrar a 180 kt pero sin pasar de 182 kt que es la velocidad máxima del neumático. Reconocen que en pistas cortas, Bolonia ó Pamplona, por ejemplo, sería imposible aterrizar sin flaps.
- El coordinador de la compañía en Valladolid especula con que ese avión dio problemas el día anterior.
- El comandante y la copiloto hacen un briefing de la maniobra de despegue e informan a la tripulación auxiliar. Autorizan el embarque. Deciden que el piloto a los mandos (PF) sea el comandante.
- El comandante le dice a la copiloto que él ya ha aterrizado antes sin flap; ella en simulador.
- Antes del despegue y durante el crucero repasan las maniobras, las velocidades en las distintas posiciones de flaps y los procedimientos según el QRH («Quick Referente Handbook»). Prevén que el avión a 180 kt va a flotar mucho en la recogida previa a la toma de tierra, pero confían en que la pista de Barcelona es larga.
- El vuelo transcurre sin otra incidencia y unos 25 minutos antes de la llegada entra en contacto radar con ATC Barcelona que le anuncia que la pista en servicio es la 25R.
- Escuchan la información ATIS, en particular, viento 310°/14 kt y visibilidad mayor de 10 km.
- A las 14:00:30 después de pasar por 3.500 ft, a 190 kt, seleccionan 8° de flaps pero los flaps no bajan, encendiéndose el mensaje de aviso «FLAP FAIL». Comunican el fallo a ATC-APP y que, en consecuencia, mantendrán una velocidad mayor de 170 kt durante la aproximación.
- Pasan a Control-TWR, que está informado ya de la situación, y éste le avisa de la longitud de 3352 m que tienen disponible para el aterrizaje.
- Control-TWR avisa también de que el tráfico precedente comunicó la aparición de «windshear» detectada por sus instrumentos.
- En comunicación entre PF y PNF, antes de las 14:04:00, dos minutos antes de la toma, el PF dice: «Entonces está todo hecho, ¿Verdad?».
- No se ha escuchado en las grabaciones, que hicieran las comprobaciones de la «lista de chequeo» previa al aterrizaje.

- Control pregunta al vuelo ANS-8665 si requieren alguna ayuda, y este contesta que no, que está todo correcto. TWR autoriza el aterrizaje a las 14:04:36.
- Suenan a continuación varios avisos del EGPWS:

TOO LOW - MINIMUMS
TOO LOW, GEAR
TOO LOW, TERRAIN
SINK RATE
GEAR DESAGREE

El aviso «TOO LOW, GEAR» se repite en 15 ocasiones.

- Se escucha la bocina de tren inseguro ó no desplegado desde dos minutos antes del contacto con la pista, al principio con varias intermitencias y luego durante un minuto de modo continuo.
- Se escucha en la grabación un arrastre de 40 segundos de duración.
- A las 14:06:01 el vuelo ANS-8665 comunica a ATC que tienen una emergencia.

1.11.2. *Registrador de datos de vuelo digital (DFDR)*

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos de vuelo digital del fabricante L3 COMMUNICATIONS, con P/N: S800-2000-00 y S/N: 000147154; su velocidad de grabación de datos es de 64 palabras por segundo. Fue desmontado de la aeronave y leído en las instalaciones del operador. Los datos en bruto se obtuvieron en formato comprimido con extensión FDT y en formato descomprimido tipo DAT y posteriormente fueron procesados y transformados en unidades físicas de ingeniería bajo el control de la CIAIAC.

De la información examinada se puede destacar lo siguiente:

- La duración del vuelo desde Valladolid a Barcelona fue de una hora aproximadamente y la fase de crucero duró unos 25 minutos.
- La aeronave estuvo volando en crucero a altitudes de 30.000 ft con temperaturas TAT (Total Air Temperature) de -35°C .
- Se mantuvo la velocidad de 175 kt GS, 180 kt IAS, durante toda la aproximación con régimen de descenso de 1.000 ft/min.
- Se inició la recogida (flare) con 6° de ángulo de asiento ó cabeceo (morro arriba). El ángulo de asiento disminuyó en pocos segundos quedando el avión prácticamente nivelado durante la carrera de aterrizaje.
- La orientación del avión era de unos 4 grados a la derecha del eje de la pista en la aproximación final, que se redujeron a un solo grado en el momento del toque de la panza del fuselaje con la pista. En la carrera de deceleración hasta la detención de la aeronave fue orientándose progresivamente a la derecha, hacia el viento, hasta alcanzar un ángulo de 14° grados con la pista en la posición final de parada.
- Se hizo una recogida muy suave. La máxima aceleración vertical en los momentos de la toma fue de 1,16 g. En el instante en el que se registra esa aceleración la velocidad era de 172 kt IAS, 168 kt GS.

- 12 segundos después de alcanzarse el máximo de aceleración vertical en la toma se encendió el aviso de «GEAR DISAGREE» y permaneció encendido durante 28 segundos.
- A los 40 segundos del instante de máxima aceleración se anuló la velocidad GS.
- La integración de la velocidad GS durante los últimos 40 segundos posteriores al instante de máxima aceleración vertical dio como resultado una distancia de 1.825 m.
- La integración de la velocidad en los 14 segundos anteriores al instante de máxima aceleración vertical arrojó un valor de distancia recorrida de 1.270 m. En ese instante de -14 s, la altura RA de la aeronave era de unos 50 ft. Por tanto el recorrido de aterrizaje fue de 3.095 m.
- A partir del instante 41 los datos grabados corresponden al periodo en el que se inician los trabajos de recuperación del avión energizando de nuevo los sistemas.

1.12. Información sobre las huellas y los restos de la aeronave

1.12.1. Huellas

Las primeras huellas del roce de la panza del avión con la superficie de la pista 25R se encontraron a 8 m a la izquierda de su eje, una vez rebasado el cruce de la pista con la pista 02/20 y a la altura de la salida rápida B-A. Las huellas continúan hasta el punto de su parada definitiva sobre la línea del borde marginal izquierdo, a la altura de la calle V3. La aeronave se deslizó sobre la pista una distancia de unos 1.900 m.

La distancia del umbral de pista 25R al punto del primer roce es de 1.200 m.

La distancia desde el punto de parada final al extremo de la pista en cabecera 7L es de 250 m.



Figura 1. Condición de la aeronave después del evento

1.12.2. Estado de la aeronave; daños observados

La célula de la aeronave conservaba su integridad observándose daños de abrasión en su panza y en las compuertas de tren principal y en las carenas de los actuadores de los flaps en las alas.

Se comprobó que las compuertas del tren de morro estaban cerradas y que las superficies de los flaps no estaban deflectadas.

La aeronave se deslizó sobre la pista descansando sobre el cajón central del ala y las carenas inferiores de ala-fuselaje y sufrió daños de impacto en la estructura del fuselaje posterior afectando a revestimientos, larguerillos y cuadernas. El rozamiento con la pista produjo daños adicionalmente en las carenas, en los husillos de los actuadores y en las cajas de las articulaciones de flaps de las dos alas, izquierda y derecha.

Al levantar la aeronave sobre eslingas se procedió a desbloquear el tren de aterrizaje y las tres patas de este bajaron, se ayudó a su bloqueo y luego se apoyó la aeronave sobre ellas. No aparecieron indicios de anomalías en su extensión y bloqueo abajo del mismo.

Una vez izada la aeronave se comprobó que las ruedas exteriores de ambas patas principales habían sufrido daños, estaban desinfladas y sus frenos bloqueados, lo que supuso dificultades para la retirada de la aeronave. El depósito ventral de combustible estaba perforado y había fuga de combustible. La sección de flap interior del plano izquierdo se descolgó por los daños producidos en su carriles.

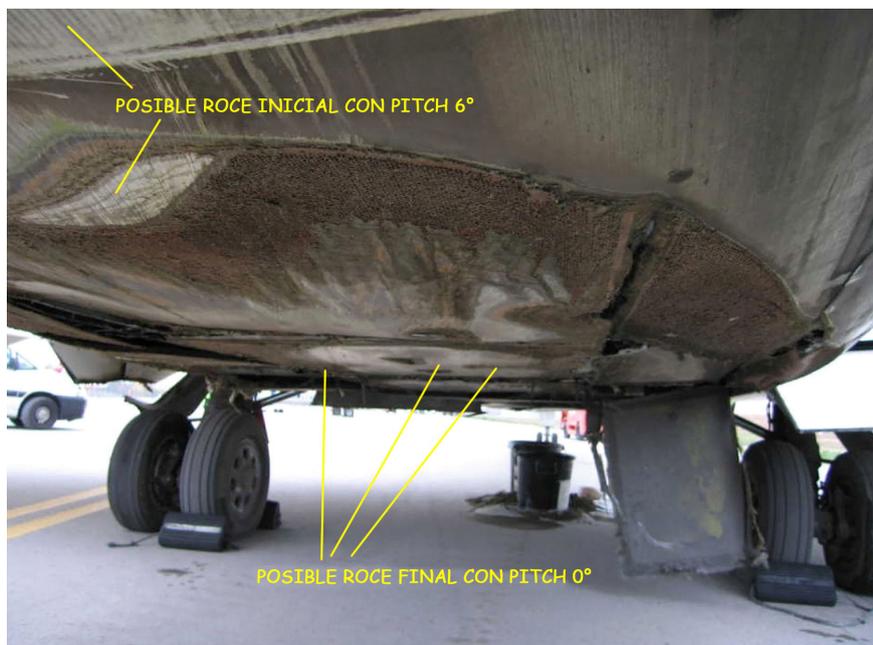


Figura 2. Deformaciones y rasponazos en la parte inferior del fuselaje

Se encontraron abiertas la puerta de pasajeros 1L, la salida delantera del lado derecho 1R y la salida de emergencia 2R, por las que se efectuó la evacuación. Tras acceder al interior de la aeronave no se observaron daños en la cabina de pasajeros.

En cabina de vuelo, al energizar la aeronave se comprobó que en el EICAS había quedado grabado, del vuelo previo, un mensaje de «FLAP FAIL», es decir, un aviso de fallo del sistema de flap. Inmediatamente se observó que las superficies de flap se ponían en movimiento y se extendían hasta la posición de 8°, posición en la que se había dejado la palanca de selección de flaps.

1.12.3. Posiciones de los controles en cabina

Se hallaron los siguientes controles, en la cabina de vuelo, en condición de desacuerdo con los sistemas de la aeronave:

- Palanca de tren abajo (el tren retraído y las compuertas de la pata delantera accesible a la vista cerradas).
- Palanca de flaps en posición 8° (flaps de ambos lados en posición retraídos, 0°).

Otros controles se encontraron en la siguiente condición:

- Palanca de extensión de tren en emergencia en su posición de reposo normal (no usada).
- Antiskid en posición armado.
- Palancas de corte de motores por emergencia activadas, palancas de gases en posición de cierre y botón de fuego pulsado.
- Reversas armadas.
- Bombas de hidráulico todas en ON.
- Luces de aterrizaje quitadas.
- Luces de emergencia puestas.

1.13. Información médica y patológica

No es relevante.

1.14. Incendio

No se produjo incendio aparente. Sin embargo la inspección del piso presurizado de la cabina e instalaciones a él adosadas, a través del pozo de tren derecho, evidenció la existencia de señales de fuego y de alta temperatura que afectaron a elementos estructurales, al haber ardido el sellante, líquidos hidráulicos y cables eléctricos. Un contenedor de hidráulico resultó deformado al haberse fundido y derretido.

1.15. Aspectos de supervivencia

Puesto que no hubo incendio generalizado ni deformaciones estructurales, y dado que la deceleración fue paulatina durante 40 segundos, no hubo grandes amenazas para la integridad física de los ocupantes de la aeronave. En la evacuación, facilitada por una posición normal del avión y un fuselaje a muy baja altura sobre el suelo. Se produjeron, no obstante, ligeras contusiones en dos pasajeros motivadas por la celeridad de la operación de desembarque, que no había sido avisada al no tener conciencia la tripulación de las condiciones de tren replegado en las que se ejecutaba.

1.16. Ensayos e investigación

1.16.1. Inspección y desmontaje de los componentes del sistema de flaps

Se enviaron a taller los componentes FECU, PDU(2), actuadores de husillo (8) y los tramos del eje flexible (10). Aparte de los daños secundarios ocasionados en el arrastre por la pista en los actuadores, la inspección descubrió las anomalías y los detalles de la condición y estado de los componentes examinados, que se enumeran a continuación:

Ejes flexibles

- En la inspección de transmisión de flap en el plano derecho se observan indicios claros de existencia de agua mezclada con la grasa en todos los tramos de ejes. La presencia de agua es muy evidente en el tramo n.º 4, donde la grasa llegaba a gotear.
- En la inspección en el plano izquierdo solo se observan indicios de existencia de agua en la grasa en el tramo n.º 1.



Figura 3. Eje flexible de transmisión a las superficies de flaps

- La cantidad de grasa puede considerarse normal en todos los ejes, siendo sensiblemente menor en los del plano izquierdo, aunque estando en ambos dentro de las recomendaciones del fabricante, que es una capa fina de grasa.
- Todas las juntas de los extremos de los ejes estaban colocadas correctamente y se encontraban en buenas condiciones, excepto la del extremo exterior del eje n.º 3 derecho (junto al actuador n.º 3), que aunque situada en su alojamiento, estaba erosionada.
- Todos los ejes se inspeccionan y están en buen estado, también pasan la prueba de fugas recomendada por Bombardier en la SL 27-089, no encontrándose fugas.

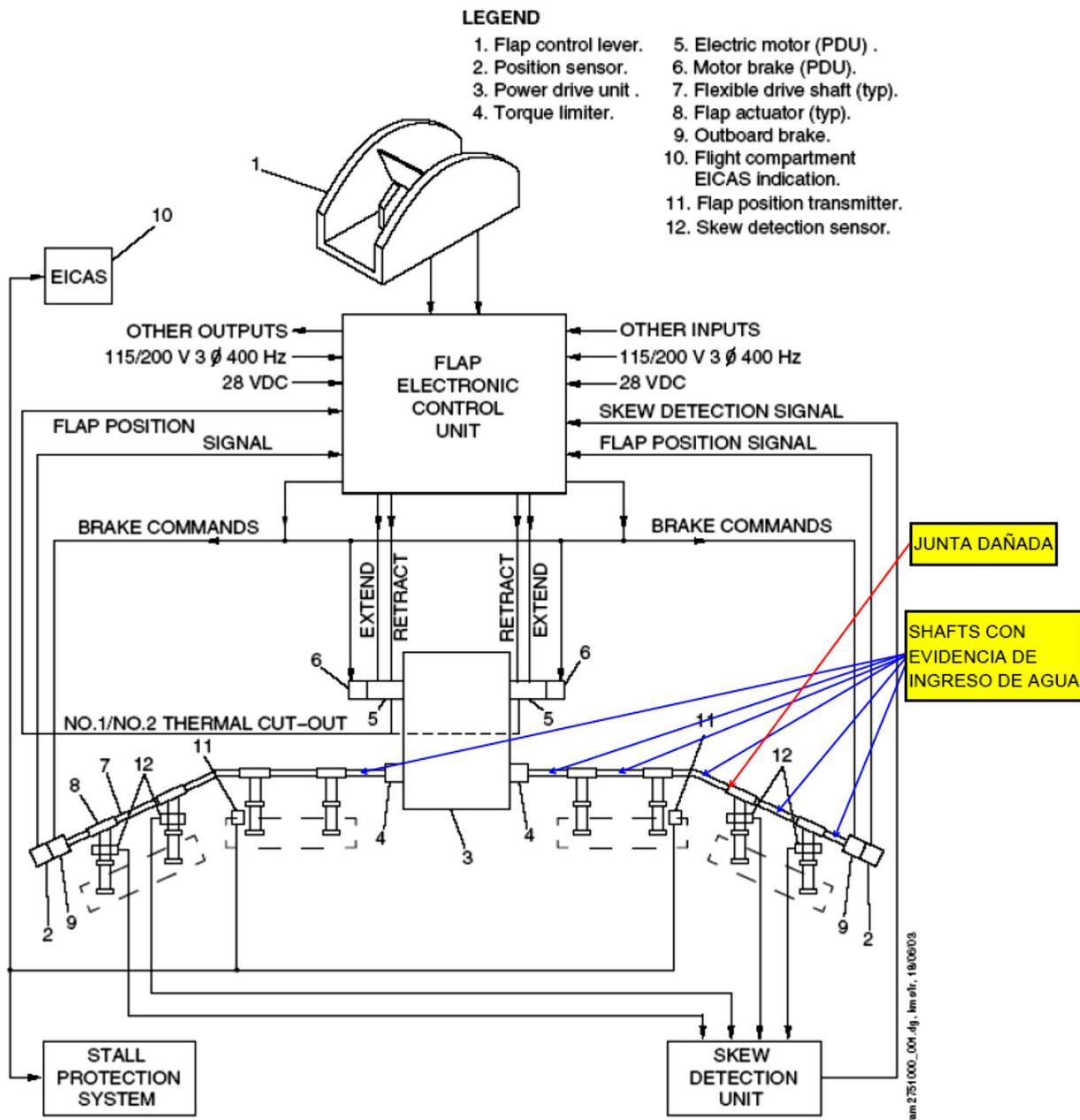


Figura 4. Esquema general del sistema de flaps

FECU

Se analizó la memoria interna del FECU de autodiagnóstico. Los códigos grabados en relación con el fallo del último vuelo se referían a una primera causa probable de «agarrotamiento», así como a una segunda y tercera causa posible de fallo citaba de los componentes BPSU del lado derecho y la PDU.

El fallo en sí se centraba en la diferencia entre la posición seleccionada de flaps en cabina y la posición real, a causa de un agarrotamiento progresivo de la transmisión del mecanismo en el lado derecho.

En la memoria del FECU, entre las 25 posiciones de memoria asignadas a este fin, había 25 registros de fallo correspondientes a 14 vuelos anteriores en los que el sistema detectó agarrotamiento de los ejes flexibles y de los PDU, entre ellos estaban los fallos que aparecieron en los dos vuelos anteriores.

1.16.2. *Historial de averías del sistema de flaps de la aeronave EC-IBM*

Los registros de mantenimiento de AIR NOSTRUM dan cuenta, en la primera quincena de mayo de 2002 de nueve (9) incidencias de «FLAP FAIL» con dos aterrizajes sin flaps. Después de esas averías se apuntaron otros quince (15) casos de fallo de flaps en esa matrícula hasta la víspera del día de este incidente. En el día 9 de de enero de 2007 se apuntó «FLAP FAIL» y se resolvió la avería tras limpiar, engrasar y comprobar el funcionamiento. Diez días después se volvió a anotar la anomalía que se dio por corregida tras comprobar el funcionamiento en tierra. Tras un nuevo apunte del mismo fallo el día anterior al del incidente se dio el sistema como operativo después de limpiar los husillos de los actuadores y de haber comprobado el funcionamiento de los flaps varias veces.

1.16.3. *Antecedentes, directivas de aeronavegabilidad y otros documentos*

En 1998 se publicó una Directiva de Aeronavegabilidad (CF-1998-14R4) con motivo de fallos en superficies de flaps que llegaban a retorcerse. En los años siguientes, tanto en Canadá como en Estados Unidos se observó que el elevado número de averías reportadas que afectaban al sistema de flaps del CRJ daba muestras incluso de que su frecuencia estaba aumentando.

Tras un incidente, en el que a un CRJ-100 se le bloquearon los flaps en posición de 45° en los momentos en los que la aeronave tuvo que frustrar un aterrizaje y proceder al alternativo, al que llegó con tan solo 500 lb de combustible, volvió la preocupación por las condiciones de este sistema en esta flota a nivel mundial. Ese incidente ocurrió el 21 de noviembre de 2006, dos meses antes del incidente que se estudia en este informe.

Como respuesta inicial a aquel incidente, mientras las investigaciones seguían su curso, el TSB del Canadá publicó un documento el 21 de febrero de 2007, el Board Concern A06Q0188-D1-C1. De igual manera la FAA en abril de 2007 publicó el documento SAIB (Special Airworthines Information Bulletin) NM-07-26. En este último se recoge que el ingreso de agua en los componentes del sistema de flap, con el posterior engelamiento, parece ser un factor considerable en los incidentes con fallo de flap durante las operaciones en tiempo frío.

El BC («Board Concern») del TSB Canada y el SAIB de la FAA advertían de los peligros impuestos por los posibles fallos de flaps al poderse incrementar la velocidad de aterrizaje y necesitarse pistas más largas, en caso de bloqueo de los flaps retraídos, así como de los peligros de un excesivo consumo de combustible en el caso de bloqueo en configuración de flaps abajo, que pudieran ocasionar un agotamiento del combustible. Se preveía la edición de una nueva AD antes de septiembre de 2007.

1.16.4. Acciones de seguridad emprendidas tras el accidente

Transport Canada emitió con fecha 18 de julio de 2007 la directiva de aeronavegabilidad CF-2007-10 en relación con los problemas en el sistema de flaps de este tipo de aeronave. Subsecuentemente la FAA publicó la directiva AD 2008-01-04.

Posteriormente, Transport Canada emitió una revisión de aquella directiva, CF-2007-10R1, con fecha 25 de agosto de 2008. En el preámbulo, se justifica la directiva en el hecho de que el Bombardier CRJ-200 tiene un amplio historial de fallos del sistema de flaps, pero la directiva no hace mención expresa al origen, por hielo, de algunas de las averías. La naturaleza de los fallos se relaciona con el diseño y la fiabilidad de algunos de los componentes del sistema de flap.

Con el objetivo de disminuir la exposición a los riesgos derivados de los posibles fallos en el sistema de flaps, las acciones de obligado cumplimiento introducidas por esta directiva conducen a mejorar la fiabilidad de los actuadores de flaps mediante el cambio de sellos internos, modificación de las limitaciones en las temperaturas y en las limitaciones en las velocidades de vuelo para la operación de los flaps.

Adicionalmente la directiva revisada introduce requisitos adicionales de mantenimiento después de que se hayan registrado eventos de fallo de flaps y requisitos de avisos en letreros en cabina asociados con las nuevas limitaciones operacionales.

Las acciones correctivas impulsadas por la directiva se agrupan en cuatro partes principales y otras dos más complementarias:

- La Parte I, incluye los cambios en el AFM con las nuevas limitaciones operativas temporales, las comunicaciones e instrucciones para las tripulaciones y despachadores de vuelos.

- La Parte II define los procedimientos operacionales, más restrictivos, impuestos por los posibles fallos del sistema de flaps. Entre los posibles fallos se considera el bloqueo de los mismos en posición retraídos, que conduce a un aterrizaje con cero flaps.
- La Parte III obliga al entrenamiento de las tripulaciones de vuelo en los procedimientos para enfrentarse a posibles fallos de flaps, y a la práctica anual en simulador del aterrizaje con cero grados de flaps.
- La Parte IV introduce determinadas modificaciones, pruebas de presión y de torsión de los actuadores así como procedimientos de mantenimiento nuevos de limpieza y engrase. Se hace referencia a los SB 601R-27-150 y SB 601R-27-151. Adicionalmente, la Parte V, establece los requisitos para el despacho de vuelos después de que se hayan registrado eventos de fallo de flaps. Después de un episodio de Flap Fail, la continuación de los vuelos esta sujeta a las siguientes condiciones:
 - A) Se deben realizar acciones apropiadas de mantenimiento de acuerdo con FIM (Fault Isolation Manual, 27-50-00), antes de proseguir con los vuelos comerciales.
 - B) Si no se dispone de medios de mantenimiento, pero se puede restaurar el funcionamiento normal del sistema de flaps, con un reseteo en tierra, se puede proseguir con el programa comercial de vuelos, sin acciones de mantenimiento durante diez vuelos más, sujetos a determinadas estrictas condiciones de despacho, entre las que se encuentran, que no se vuelva a reproducir el fallo, en cuyo caso, sólo se permite un vuelo más, no comercial, a una base de mantenimiento donde se pueda efectuar el mantenimiento de acuerdo con el primer apartado.
- Además la Parte VI define los avisos y letreros en cabina de vuelo de acuerdo con el SB 601R-11-090.

Con fecha de efectividad en abril de 2009 la FAA ha emitido la directiva de aeronavegabilidad AD 2009-06-12 que sustituye a la anterior directiva (AD 2008-01-04) emitida por ellos sobre este asunto.

Se ha modificado la MEL para el despacho de vuelos con fallo del subsistema de detección de torsión de acuerdo con la Directiva de Aeronavegabilidad, para determinar el origen de la posible avería antes de iniciar un nuevo vuelo y asegurar la no presencia de otros mensajes de fallo «Flap fail» anteriores.

1.17. Información sobre organización y gestión

1.17.1. Procedimientos operativos en los manuales de la compañía.

Fallo de flaps

El PRM (Pilots Reference Manual, de Air Nostrum), advierte de que en el caso de aterrizaje con flaps 0°, se recomienda establecerse en final antes de alcanzar el punto

fijo de 10 NM antes de la pista y se debe adoptar la configuración de aterrizaje antes de comenzar a descender en final. El toque con la pista ha de ser más firme que lo habitual, pues se necesitará una recogida corta para evitar que flote, y se debe esperar una actitud de morro más alto de lo normal.

Se indica que en caso de fallo de flaps debe dejarse en la posición que hayan adquirido éstos sin intentar otros movimientos.

Si los flaps no son extendidos, es decir que permanecen a 0°, se deben poner en ON las tres bombas hidráulicas y el sistema de control de sensibilidad en cabeceo no se ajustará para flaps extendidos. Debe pulsarse el botón de *GPWS Flaps Override*.

Aterrizaje

De acuerdo con la operación normal, en una aproximación ILS, el PF debe solicitar la extensión del tren de aterrizaje en una determinada posición de la senda de descenso (GS) y el PF debe seleccionar y anunciar «tren abajo y bloqueado». Al interceptar la senda el PF debe solicitar la lista de chequeo de aterrizaje y el PNF se lo recordará para su ejecución antes de sobrevolar el punto fijo de aproximación final (FAF).

Utilización del interfono (cascos con auriculares y micrófono)

En la Normativa EU-OPS se establecía de forma obligatoria, hasta la fecha del evento, la instalación de un sistema de interfono para la tripulación en las aeronaves que requieren una tripulación de más de un solo miembro. Asimismo, se establece como obligatoria su instalación en la operación de aeronaves de Masa Máxima superior a 15.000 kg ó más de 19 asientos de pasaje.

En el Reglamento de las Comunidades Europeas de 20 de agosto de 2008 relativo a los requisitos técnicos y los procedimientos administrativos comunes aplicables al transporte comercial por avión, OPS parte 1, ya se requiere la utilización de cascos con auriculares y micrófono de acuerdo con el punto OPS 1.313: «Uso de auriculares».

- a) Cada miembro de la tripulación de vuelo que esté de servicio en la cabina de vuelo llevara puesto el juego de auriculares con micrófono de brazo ó equivalente establecido en los OPS 1.650 p) ó 1.652 s) y lo utilizará como equipo principal para la escucha de las comunicaciones vocales con los Servicios de Tránsito Aéreo:
 - En tierra,
 - Al recibir la autorización ATC de salida mediante la comunicación vocal,
 - Cuando los motores estén en funcionamiento,

- Durante el vuelo, por debajo de la altitud de transición ó 10.000 ft, si esta altura es superior, y
 - Cuando el comandante lo considere necesario.
- b) En las situaciones contempladas en el apartado a), el micrófono de brazo ó equivalente se encuentra en una posición que permita su uso en la comunicación bidireccional.»

En el Manual de Operaciones del operador se recomendaba, como medida de precaución, la utilización del interfono en todos los vuelos por debajo de 10.000 ft, incluyendo la puesta en marcha y apagado de los motores.

En julio de 2008 se incluyó en el MO(A) 8.3.0.C.6 el uso obligatorio de auriculares con micrófono de brazo ajustable durante todas las operaciones por debajo de 10.000 ft. También está incluido este uso obligatorio del interfono durante todas las operaciones por debajo de 10.000 ft incluyendo arranque y parada de motores, como medida de precaución, en el PRM 1.2.0 pág. 3 desde el 1 de noviembre de 2008.

1.17.2. *Formación de los tripulantes técnicos*

La formación continuada que el operador proporciona a los tripulantes técnicos consta de cursos de habilitación de tipo, de refresco o reentrenamiento periódico en el avión correspondiente y de progresión a comandante, para aquellos copilotos que vayan a cambiar a las funciones de comandante. Siempre teniendo en cuenta la flota en la que vuelan, la función que realizan en ésta y los períodos de tiempo que correspondan.

Los pilotos que componían la tripulación de esta aeronave habían superado la siguiente formación:

El comandante había hecho el curso de habilitación de tipo de CRJ-200 en enero de 2003, un curso de reentrenamiento periódico en CRJ-200 en noviembre de 2003, otro curso de reentrenamiento periódico en diciembre de 2004 para la revalidación de la habilitación de CRJ-200, curso de reentrenamiento periódico en noviembre y diciembre de 2005 y el curso de progresión a comandante en CRJ-200 en octubre de 2006.

La copiloto había hecho el curso de habilitación de tipo de ATR 72/500 en junio de 2003, un curso de reentrenamiento periódico en ATR 72 en mayo de 2004, otro curso de reentrenamiento periódico en mayo de 2005 y el curso de habilitación de tipo de CRJ-200 en agosto de 2006.

1.17.2.1. *Características de los cursos*

El curso de entrenamiento periódico o de refresco de ATR 72-500 se reparte en 4 ciclos de 6 meses, para completarlo en el plazo máximo de 2 años. El primero y tercero de

estos ciclos se complementan con un refresco de CRM impartido por el gabinete de psicología, pero no se disponía en detalle del contenido o syllabus sobre esta materia, ni del modo para su evaluación.

El curso de habilitación ATR 72-500 consta de dos fases: teórica y simulador. Incluye en cada sesión de simulador prácticas de CRM, sin embargo no se especifica cómo aplicar éstas y el instructor no dispone de unas normas que establezcan los criterios para su correcta valoración.

El curso de progresión a comandante se divide en cuatro fases: Entrenamiento en tierra, entrenamiento en simulador, entrenamiento en vuelo real y entrenamiento en vuelo bajo supervisión. En la fase de entrenamiento en tierra se enumera el syllabus de CRM con los siguientes aspectos generales del mismo:

- a) El liderazgo como estilo de gestión.
- b) Comunicación y coordinación.
- c) Cadena de errores.
- d) Efectos de la automatización sobre el CRM.
- e) Coordinación: La tripulación como grupo.
- f) Consciencia de la situación.
- g) Gestión de la carga de trabajo: Fatiga y estrés.

El curso de habilitación de CRJ-200 consta de dos fases: teórica y simulador. En ninguno de los objetivos especificados en el programa de entrenamiento se incluyen las prácticas de CRM en las sesiones de simulador y por tanto no se especifica cómo aplicar esta materia en el simulador, de forma que el instructor no dispone de una herramienta con los criterios para su correcta valoración.

El curso de refresco de CRJ-200 se había mejorado recientemente y había sido aprobado por la DGAC en agosto de 2006. Comprende cuatro fases: entrenamiento en tierra y refresco, entrenamiento en simulador de vuelo, entrenamiento en equipos de emergencia y seguridad, y CRM. Se reparte el programa en tres ciclos y cada ciclo se asocia a un refresco anual de forma que son repasados todos los sistemas del avión en un período de tres años. El syllabus de CRM incluye:

- a) Error humano y fiabilidad.
- b) Estrés, gestión del estrés, fatiga y vigilancia.
- c) Conciencia situacional.
- d) Toma de decisiones.
- e) Coordinación y comunicación dentro y fuera de la cabina de vuelo.
- f) Liderazgo y trabajo en equipo. Sinergia.
- g) Automatización y filosofía del uso de la automatización.
- h) Cultura de seguridad de la compañía, procedimientos operacionales y factores organizativos.
- i) Estudio de casos reales. Análisis de incidentes de la propia compañía.

1.17.3. *Acciones correctivas internas tomadas por la compañía*

El departamento de mantenimiento del operador ha difundido dos comunicados a los técnicos de mantenimiento recordando las pautas de actuación ante los problemas de fallo de flaps.

Se ha reducido el intervalo de las tareas de inspección, limpieza y lubricación de los ejes flexibles del sistema de flaps, a 2.500 horas de vuelo frente a las 4.000 que se establecían en el programa de mantenimiento del fabricante

Se siguen, en lo que se refiere a las anotaciones de los fallos en los partes de vuelo, los criterios de la Directiva de Aeronavegabilidad CF-2007-10R1. De igual manera se siguen los procedimientos de despacho, entrenamiento de tripulaciones en simulador definidos por la directiva, etc.

Se han hecho las acciones de mantenimiento y las modificaciones establecidas por la directiva CF-2007-10R1, o bien, se encuentran programadas dentro de los plazos requeridos.

El departamento de Instrucción adoptó entre los objetivos de instrucción para 2008 los siguientes puntos:

- General: medidas correctoras de incidentes ocurridos en operación en vuelo. Aumento de niveles de exigencia en todas las evaluaciones y CRM.
- Simulador: entrenamiento Flaps Fail a 0° después del despegue, y cálculo del actual landing distance. Respuestas de las tripulaciones a los avisos de GPWS.

Se incluyó en el PRM 2.2.0 la identificación de todos los avisos acústicos y luminosos así como las acciones requeridas en cada caso y la distribución de tareas a los tripulantes.

En el PRM 2.2.3 se recoge las «recommended responses to EGPWS alerts».

El operador indicó que es un requerimiento habitual para las tripulaciones el asegurar el contacto con la pista en el aterrizaje siempre dentro del TDZ durante todas las sesiones de entrenamiento en simulador así como en las inspecciones en línea.

Se ha incluido en el PRM 1.1.8 «expanded check list» (una lista de chequeo expandida con una guía para realizar un completo briefing prevuelo) y en el PRM 1.2.3 el concepto de identificar los «Primary hazards» durante los diferentes briefings operacionales.

En cuanto a formación CRM han indicado que se desarrolla un curso de comunicación en cockpit que recoge los siguientes requerimientos: fraseología estándar, comunicación explícita e implícita, preguntas directas e indirectas y análisis TEM de comunicaciones.

1.18. Información adicional

1.18.1. Declaraciones de la tripulación

Las declaraciones de los tripulantes después del accidente dan a conocer los siguientes detalles de cómo se desarrolló la operación:

Declaración de la anomalía

- Cuando seleccionaron la palanca de flap en su primera muesca, que corresponde a 8°, apareció el mensaje «EICAS» de “Flap Failure”.
- La PNF comprobó que había una discrepancia entre el selector de flap 8° y la indicación de posición, que se mantenía 0°.

Actuación de la tripulación técnica

- La copiloto comunicó al ATC el fallo del flap.
- El comandante pide al F/O que pulse el botón de flaps override del EGPWS para evitar los avisos automáticos de éste relativos a configuración de flaps, «TOO LOW, FLAP».
- La F/O lee el procedimiento en el QRH.
- El comandante decide continuar la aproximación. Considera que se debe seleccionar una velocidad superior y que la longitud de pista requerida es muy inferior a la disponible.

Aproximación final

- El comandante decide mantenerse como PF debido a que se trataba de una aproximación delicada ya que la velocidad debía mantenerse entre la de aterrizaje de 170 kt y por debajo de la máxima de los neumáticos de 182 kt.
- Se oye el aviso de «TOO LOW, GEAR». Ninguno de ellos lo identifica.

Aterrizaje

- Cuando se inicia el contacto con la pista ambos se dan cuenta que se les ha olvidado la extensión del tren de aterrizaje.
- El contacto con la pista es suave.
- El punto de contacto se encuentra ligeramente a la izquierda del eje de la pista e inmediatamente después de la intersección de la pista 02-20.
- El comandante comprueba que dispone de mando de timón de dirección para mantener razonablemente la dirección de la carrera de aterrizaje.
- La tripulación comprueba que hay una deceleración positiva que les va a permitir detenerse antes del final de la pista.

Declaración de emergencia

- No se declaró emergencia por desconocer que el tren de aterrizaje no estaba desplegado.
- Por la misma razón no se informa a las dos auxiliares de vuelo ni al pasaje.

Evacuación

- Al detenerse la aeronave la F/O leyó el procedimiento de evacuación y se abrieron las dos puertas delanteras.

La tripulación ayudó al pasaje a abandonar el avión y les obligó a alejarse.

2. ANÁLISIS

2.1. Preparación y ejecución del vuelo. Fallo de flaps

La aeronave había experimentado durante los vuelos precedentes diversos fallos intermitentes en el sistema de flaps que incluso obligaron en los dos vuelos anteriores a realizar una operación anormal de aterrizaje con 0° de flaps. La operación de aterrizaje sin bajar los flaps no se considera como una operación en emergencia; la aeronave tiene capacidad para realizar esa operación con seguridad si cuenta con una longitud de aterrizaje disponible suficiente, pero no se puede considerar una operación normal, pues en ella se introducen riesgos adicionales que se contemplarán más adelante. Consecuentemente la Lista de Equipo Mínimo (MEL), establece que para despachar el avión el sistema de flaps debe estar operativo.

En Valladolid, donde el operador no cuenta con servicio de mantenimiento, se hicieron pruebas en tierra por la propia tripulación, con resultado satisfactorio, lo que les animó a realizar el vuelo a pesar de la posibilidad de que el fallo, intermitente, se reprodujera una vez más. A favor tenían la larga pista de Barcelona, en el caso de que se reprodujera el fallo, con el cual contaban como posibilidad probable. La experiencia del comandante, que ya había pasado por el trance en una ocasión y la preparación y repaso de los procedimientos les determinó a iniciar el embarque y la operación.

El avión con 8° de flaps se fue al aire con normalidad, inició el ascenso y replegó los flaps que volvieron a funcionar con normalidad. El avión durante la escala en Valladolid, a 4 °C, no tenía problemas de engelamiento de las alas, pero en el interior de las vainas que alojan los ejes flexibles de transmisión de potencia a los flaps, la temperatura podía ser cercana a la de congelación del agua. En el ascenso a nivel de crucero, FL-300, encontró temperaturas de -35 °C registradas en el DFDR, durante unos 25 minutos.

La investigación sobre el sistema y la inspección de los componentes desmontados evidenció la presencia de agua que contaminaba la grasa que lubricaba los ejes flexibles e incluso mostró la junta defectuosa por la que pudo ingresar el agua por el tramo 4° de los ejes. Tras la exposición en la fase de crucero a las bajas temperaturas se formó hielo que agarrotó el giro del eje flexible que transmitía la potencia necesaria para la bajada de flaps.

Terminada la fase de crucero y cerca ya del destino, la aeronave descendió y comenzó la aproximación a Barcelona. Faltaban unos cuatro minutos para la toma y la aeronave iniciaba el viraje de interceptación del localizador ILS con ayuda de control bajo contacto radar. En esos momentos al accionar la palanca de flaps seleccionando 8° apareció el aviso «FLAP FAIL». Los flaps se habían agarrotado posiblemente a causa del hielo formado por el agua que contaminaba el sistema.

El sistema de protección de actuación asimétrica («skew detection system») o descoordinada de las cuatro superficies, entró en acción, frenando ulteriores

movimientos de esas superficies a través de los BPSU. De acuerdo con los procedimientos el vuelo se debería continuar en esas condiciones hasta el aterrizaje, sin intentar siquiera nuevas actuaciones de la palanca de flaps que pudieran dar lugar a asimetrías que afectaran al control de la aeronave.

El vuelo ANS-8665 estaba ya en aproximación final y se disponía a aterrizar autorizado por control que estaba informado del fallo; el cual obligaba a la aeronave a mantener una velocidad elevada de aproximación, por encima de 170 kt.

2.2 Maniobra de aproximación a Barcelona

Durante el vuelo, la tripulación, previendo una posible repetición del fallo del sistema de flaps, había comentado y valorado la avería y se había preparado para la operación de aterrizaje sin flaps repasando los procedimientos anormales. Sin embargo no tuvo la precaución de adelantar todo lo posible la extensión de flaps durante el descenso con el fin de disponer de un mayor tiempo para la ejecución de las acciones de los procedimientos normales y para la identificación de cualquier imprevisto.

En la aproximación final se aprecia que la aeronave se mantuvo en la senda de planeo, con la velocidad adecuada, con gran precisión. Se había configurado el sistema hidráulico con todas las bombas en funcionamiento, según procedimiento, y se había seleccionado el botón «GPWS- FLAP OVRD». En esas condiciones se inhiben los avisos de «TOO LOW FLAP» que en una operación normal se activan si no se hubieran bajado los flaps para el aterrizaje.

El comandante (PF) en esos instantes preguntó si estaba todo hecho. No se ha percibido que hicieran las comprobaciones de la «lista de chequeo» previa al aterrizaje.

El viento estaba cruzado de intensidad moderada y la aeronave anterior había notificado windshear. La tripulación iba concentrada en sus procedimientos especiales, las condiciones del viento y el tráfico de comunicaciones entre control y los cinco aviones que en esos momentos estaban en fase de aproximación y aterrizaje. Segundos antes del instante de la toma sonaron avisos del EGPWS de TOO LOW MINIMUMS, TOO LOW GEAR, TOO LOW TERRAIN y SINK RATE.

El aviso de TOO LOW GEAR se repitió quince veces, de acuerdo con las grabaciones CVR, pero la tripulación no lo identificó, probablemente confundiéndolo con el aviso de «TOO LOW FLAP», que sería normal en la configuración de flaps que llevaban si no se hubiera inhibido apretando el botón de override (OVRD). Estos avisos coincidían con el aviso acústico de tren inseguro.

Aunque la tripulación hizo la preparación del vuelo antes del despegue en Valladolid, ante la previsión del probable problema de flaps en aproximación, no supo luego

reconocer que el aviso «TOO LOW, FLAPS» no se debía producir y por tanto no debería haberse confundido con el de «TOO LOW, GEAR». Este hecho se puede considerar como una deficiencia en la formación y destreza de la tripulación, específicamente en el conocimiento detallado de las indicaciones asociadas a alguno de los sistemas de la aeronave. Por ello se emite una SR al operador para que refuerce y mejore el entrenamiento de sus tripulaciones en el conocimiento y utilización de los sistemas de la aeronave y sus indicaciones asociadas en condición normal, anormal y en emergencia.

Efectivamente, en la configuración de FLAP retraído, el aviso normal de «TOO LOW FLAP» no podía producirse por dos razones: la primera, que ya ha sido comentada, porque previamente se había inhibido el aviso al pulsar el botón de «FLAP OVERRIDE» (OVRD), pero además en este caso, al mantenerse el tren de aterrizaje retraído, este aviso no podía aparecer puesto que, el modo 4B que lo genera, requiere tener el tren extendido.

Los avisos del GPWS, desde los 500 ft hasta la toma de contacto se repitieron hasta 15 veces, con el ruido de fondo permanente de la bocina de tren inseguro. Resulta evidente que, bien por exceso de concentración, o bien, por creer que los avisos no eran relevantes, la tripulación no consiguió identificar la configuración del avión de forma certera.

Los avisos de los sistemas a bordo deberían identificarse siempre con claridad. Si además se trata de avisos del EGPWS en la fase de aproximación final, sería imperativo que se tomaran acciones correctivas. Cuando los avisos y alarmas permanecen, o se repiten varias veces, o son de mayor rango, debería entonces considerarse, como lo más apropiado, una maniobra de aproximación frustrada (Missed Approach). Efectivamente, el concepto de aproximación estabilizada, además de los aspectos de desviaciones pequeñas respecto de la trayectoria y de la velocidad, incluye, entre otras, las condiciones de configuración correcta del avión y briefings y listas de chequeo completados. Por ello cuando aparecen avisos repetidos del EGPWS se debe entender que hay desviaciones continuadas que exceden los márgenes de la operación, o bien, una configuración equivocada de la aeronave; ambos casos implican la exigencia de abortar la aproximación ejecutando un go-around.

Se han dado situaciones en las que ante una sucesión de múltiples avisos acústicos y luminosos, como en este caso donde el conjunto de avisos TOO LOW GEAR y otros como TOO LOW TERRAIN ó SINK RATE, más la bocina de tren inseguro en este caso, se repiten un número de veces elevado, la tripulación aún cree controlar el vuelo de la aeronave y continúa con la secuencia de vuelo prevista. Por ello y a pesar de las medidas correctoras ya adoptadas por el departamento de instrucción del operador y enumeradas en el punto 1.17.3 se emite una SR al operador para que refuerce y mejore el entrenamiento para que en cualquier fase de vuelo y especialmente en aproximación cuando se presenta un carrusel de avisos acústicos y/o luminosos, las tripulaciones

reaccionen activamente rompiendo la secuencia del vuelo (en aproximación haciendo un go-around), para identificar de modo inequívoco todos los avisos y volver a retomar el control de la situación.

La tripulación debería identificar todos y cada uno de los avisos que se generan a lo largo de un vuelo y, muy en particular los del EGPWS porque normalmente aparecen en las fases de vuelo que entrañan más riesgos, como la aproximación. En estos casos siempre se debe considerar la realización de una maniobra de Aproximación Frustrada o Go Around y, una vez finalizada ésta, tratar de identificar el aviso analizando las condiciones previas. Si no se identifica claramente el aviso la tripulación queda desprotegida puesto que desconoce la causa del mismo. La causa no se debe presumir, se debe identificar.

Con casi total seguridad se puede afirmar que si en este caso hubiesen efectuado una maniobra de G/A (Go Around) se habrían dado cuenta de que el tren estaba retraído, ya que ese procedimiento pide limpiar aerodinámicamente el avión subiendo el tren de aterrizaje, para optimizar el gradiente de subida.

2.3. Recorrido de aterrizaje

El avión sobrevoló la cabecera de la pista 25R a 50 ft de altura y 180 kt de velocidad. Su ángulo de asiento era de 6° con una ligera guiñada a la derecha para contrarrestar el viento cruzado de 310° y 14 kt.

Tras recorrer 1.200 m desde la cabecera de pista (300 m más allá de la TDZ), 14 segundos después, la aeronave, que disminuía su ángulo de guiñada a solo un grado, alineándose con la pista, tocaba el suelo con su panza; no se había sacado el tren. La velocidad era de 168 kt GS, (172 kt IAS).

El primer punto de contacto con la pista fue muy suave, a 8 m a la izquierda del eje. Desde allí la aeronave continuó su desplazamiento y arrastre en una trayectoria rectilínea hasta quedar completamente parada sobre la línea del borde izquierdo de la pista, tras recorrer unos 1.900 m. Solo quedaban 250 m de superficie pavimentada por delante hasta el final de la pista.

La aeronave efectuó el contacto con la superficie de pista fuera de la zona de toma de contacto o TDZ, esta condición no afectó al accidente ya que la aeronave no rebasó el extremo de pista y se considera que en parte fue debido a la ausencia de tren de aterrizaje, ya que con él extendido el contacto con la pista se hubiera producido varios metros antes. Por otro lado, el operador ha confirmado que es un requerimiento habitual asegurar el contacto con la pista dentro del TDZ en todas las sesiones de simulador e inspecciones en línea por lo que no se considera necesario insistir en la mejora de este entrenamiento.

Durante el arrastre la guiñada del avión fue aumentando progresivamente hasta los 12° que adoptó en la posición final. La larga carrera de frenada se explica por la alta velocidad inicial del arrastre, 168 kt, y por el efecto suelo extraordinario debido a la ínfima altura del ala sobre el suelo. Al principio de la carrera, con el avión sustentado, el coeficiente efectivo de rozamiento es de apenas 0,1. Después, con todo el peso del avión sobre la pista, el coeficiente de rozamiento sube hasta $\mu = 0,3$ que debe ser representativo de la fricción entre el aluminio y el asfalto.

También en la aeronave se puede distinguir el primer roce, con el fuselaje posterior cuando el ángulo de asiento era de 6° y la guiñada era pequeña, y el roce posterior, final, con el fuselaje central cuando la guiñada era de 12° y el avión estaba nivelado longitudinalmente.

La aeronave no llegó a salirse de la pista lateralmente, a pesar incluso de la presencia de un viento cruzado. Los ground spoilers no se desplegaron en automático al no haberse producido giro de las ruedas y al parecer las reversas de los motores no se llegaron a utilizar, posiblemente para no complicar el control lateral en esas condiciones de viento cruzado. En un determinado instante durante la carrera, al advertir la tripulación que no se había extendido el tren, accionó la palanca de bajada ocasionando el roce de las compuertas y de las ruedas exteriores de las patas principales que resultaron dañadas. Por supuesto, el contacto con la pista y el propio peso del avión impedían que el tren se desplegara.

La evacuación se hizo con celeridad gracias a que las puertas se abrieron enseguida y sin problemas, y a que estaban a muy poca altura sobre el suelo. Se utilizaron las dos puertas delanteras y la de emergencia del ala derecha. La escasa altura del umbral de las puertas sobre el suelo, unos 80 cm, se debía a la ausencia del tren y a que el avión se apoyara directamente sobre la panza.

Las marcas de fuego y de calor en la zona del pozo de tren de aterrizaje derecho, al haber ardido restos de sellante y de hidráulico, junto con las pequeñas fugas de combustible detectadas, alertan de una condición peligrosa, que pudo haber sido más grave si se hubiera propagado y generalizado el incendio.

2.4. Fiabilidad del sistema de flaps

Aunque la causa inmediata del incidente fue el olvido de sacar el tren de aterrizaje se debe reparar en que fue un fallo técnico el que desvió la atención de los tripulantes en los momentos cruciales. Ese fallo técnico —funcionamiento anómalo del sistema de flaps y agarrotamiento de los mismos— era bien conocido por el fabricante y el conjunto de operadores. El Board Concern A06Q0188-D1-C1, publicado poco menos de un mes después del accidente, reconocía que el fallo del sistema podía inducir una distracción y un olvido que originaran equivocaciones con potenciales efectos negativos.

Combinadas estas posibles consecuencias con una alta frecuencia de los fallos aumentaba el potencial de posibles accidentes o incidentes. Efectivamente, en el documento citado, se reconocía a posteriori del incidente de 26 de noviembre de 2006 que las averías de flaps eran frecuentes, sobre todo en tiempo frío.

Aún más, se debe apreciar el influjo que provoca una situación mantenida de elevada frecuencia de averías. Las circunstancias que rodean esta incidencia, hacen recapacitar sobre los siguientes detalles:

- El operador conocía el tipo de fallo, tratándose de un operador importante con 35 aviones del tipo en operación desde hacía muchos años.
- Las organizaciones de Operaciones y Mantenimiento del operador estaban informados de las dificultades que se presentaban en la realización de los vuelos en este caso concreto.
- La aeronave, en su historial de vuelos, ya había tenido que aterrizar sin flaps en otras ocasiones.
- El mismo comandante ya había aterrizado sin flaps en otra ocasión.
- En algunos otros vuelos se pudo haber estado aterrizando sin flaps, sin haberse comunicado y anotado, como demuestran los casos del último aterrizaje en Valladolid y París, por lo que los registros históricos de mantenimiento pueden ser incompletos. Corrobora esta apreciación el hecho de que la memoria del FECU había registrado muchos eventos de agarrotamiento que los historiales de mantenimiento desconocen.
- Las acciones de mantenimiento de los días precedentes, cuando la avería intermitente empezaba a mostrarse, no acertaron a encontrar la acción correctiva, denotando posiblemente una superficialidad en el intento de solucionar un problema recurrente.

Se puede intuir que entre las tripulaciones se aceptaba con un cierto grado de resignación la aparición de las anomalías de flaps, dada la frecuencia de los fallos. En este ambiente la tripulación se sintió con capacidad para hacer el vuelo aunque se presentara como probable la repetición del fallo. Y al considerarlo como una situación normal se multiplicaban las ocasiones en las que se podía iniciar el vuelo con esa deficiencia, aumentando potencialmente el riesgo en la operación.

Una mayor concienciación de la importancia y adherencia a los procedimientos hubiera hecho que se apuntaran las anomalías, que se hubieran considerado esas anomalías como defectos que impidieran el despacho de la aeronave y que se hubieran realizado acciones efectivas de mantenimiento. Posiblemente este modo de actuación hubiera reportado mayores costes en la operación y un número mayor de informes de deficiencias notificados que hubieran estimulado al fabricante a adoptar soluciones técnicas apropiadas.

Consecuentemente, se debería recomendar al fabricante que busque las medidas de diseño u operativas que recuperen y restituyan la fiabilidad del sistema. Transport Canada, autoridad de origen en el diseño y fabricación de este tipo de aeronave, ha

emitido ya una Directiva de Aeronavegabilidad CF-2007-10 en julio de 2007 y revisada en agosto de 2008 CF-2007-10R1 (véase punto 1.16.4 Directivas recientemente publicadas), con el objetivo de disminuir la exposición a los riesgos derivados de los posibles fallos en el sistema de flaps. Por ello no se emite una SR a este efecto.

En segundo lugar, el operador ha informado (punto 1.17.3 Acciones correctivas internas tomadas por la compañía) de las acciones adoptadas por mantenimiento y operaciones que van incluso más allá de la Directiva de Aeronavegabilidad: Se han difundido dos comunicados a los técnicos de mantenimiento recordando las pautas de actuación ante los problemas de fallo de flaps. Se ha reducido el intervalo de las tareas de inspección, limpieza y lubricación de los ejes flexibles del sistema de flaps, que Air Nostrum realiza cada 2.500 h de vuelo frente a las 4.000 HV del programa de mantenimiento de Bombardier. Y en cuanto a las anotaciones de los fallos en los partes de vuelo, se siguen los nuevos criterios de la Directiva. En este punto, cabría extender este progreso al resto de anomalías e incidencias técnicas que es posible que se produzcan en el desarrollo de las operaciones. La experiencia de este caso ha demostrado cierta laxitud a la hora de incorporar a los partes de vuelo esas anotaciones, por lo que se dirige una SR al operador para que mejore su sistema de detección y conocimiento interno de averías.

2.5. Procedimientos operativos

No se debe dejar de considerar que la causa inmediata del incidente de aterrizaje sin tren fue el olvido de accionar la palanca de bajada del tren. Se trata de un fallo humano; la atención focalizada, canalizada y concentrada en la avería y en los procedimientos específicos de combatir la avería, propiciaron el olvido de los procedimientos normales.

La secuencia de la operación normal, extensión del flap gradualmente hasta 20° durante la aproximación inicial, seguida de la bajada del tren de aterrizaje con la senda ya capturada, se rompió al aparecer el aviso de «FLAP FAIL». La aproximación proseguía sin haber bajado el tren y sin que se echara en falta esa omisión. A partir de ese momento la atención de la tripulación se centraba en la gestión de la anomalía que se había presentado.

El aterrizaje sin flaps obliga a preparar el avión especialmente para evitar avisos superfluos del GPWS y para contar con una reserva de potencia hidráulica para ayudar en los mandos de control. Dicen los procedimientos que aterrizando a la velocidad correspondiente a 0° de flaps se debe esperar unas fuerzas en los mandos mayores que las normales. Así mismo, la actitud del avión en cabeceo cambia respecto a la que adopta en una aproximación con 45° de flaps. La velocidad que el piloto a los mandos debe mantener y el PNF monitorizar, es muy superior, un 25% más, a la de un aterrizaje normal.

Resulta necesario establecer procedimientos operativos para evitar los olvidos, entre los que se pueden enumerar los siguientes:

- Adelantar la extensión de flap, en caso de fallo probable del mismo, para disponer de más tiempo para llevar a cabo el correspondiente Procedimiento Anormal, efectuar la preparación de la Aproximación y dar un «briefing» completo considerando todos los aspectos.
- Distinguir las etapas subsiguientes a la aparición de una avería: Identificación y reparto de funciones, finalización del tratamiento y recuperación de las funciones correspondientes a la Operación Normal.
- Retrasar la aproximación hasta no haber finalizado el Procedimiento Anormal y haber recuperado el reparto de funciones de la Operación Normal.

Por todo lo anterior se considera que la tripulación, después de aplicar el procedimiento anormal por fallo de flaps, no consiguió recuperar la secuencia de las listas de chequeo normales, dejando sin ejecución puntos de configuración y comprobación previos al aterrizaje. Después, al aparecer los correspondientes avisos y alarmas de los sistemas, ambos tripulantes siguieron dedicando la mayor parte de su atención a la anomalía del sistema de flaps y erróneamente ligaron todos los avisos al fallo técnico sin prestar atención al significado de cada uno de ellos. Perdieron entonces la capacidad de visión de conjunto de la situación y del monitoreo de la maniobra de aproximación y aterrizaje, apartándose de los procedimientos. Por ello se considera necesario emitir una SR a la compañía operadora para que refuerce y mejore el entrenamiento de sus tripulaciones en este sentido.

2.6. Aspectos de factores humanos

Concentrados en el pilotaje no se hizo la lista de chequeo previa al aterrizaje, aunque el comandante preguntara, «entonces está todo hecho, ¿verdad?» refiriéndose a la preparación del avión para el aterrizaje inminente. Esta pregunta es ambigua a la vez que tiene una respuesta guiada implícita y no transmite ninguna exigencia o interés en conocer y precisar la respuesta.

Ciñéndose con mayor rigor a la fraseología estándar, hubiese sido preferible una pregunta referida a aspectos concretos, y a la vez directa, como por ej. «¿Está terminado el procedimiento de flap fail?, ¿Está hecha la lista de Landing?...».

En los cursos y textos de CRM se introduce el concepto de «comunicación efectiva» que se define como: «Aquella que consigue transmitir íntegramente el mensaje que el emisor ha pretendido». Se indica también que ésta consiste en el escrupuloso uso de los CALL OUT y de la fraseología aeronáutica normalizada, leer los avisos exactamente como aparecen, nombrar a los procedimientos, etc.

Por ello y aunque el operador ya ha desarrollado un curso de comunicación en cockpit tal como se indicaba en el punto 1.17.3, se emite una SR al operador para que refuerce y mejore el entrenamiento de las tripulaciones en el uso de fraseología y comunicación en cabina de vuelo estándar, de modo que las preguntas sean concisas y directas que obliguen a respuestas claras y contundentes.

La formación CRM que el operador imparte a sus tripulaciones parece estar poco reconocida en cuanto a la valoración de su peso e importancia en el ámbito del personal de vuelo. El CRM es una materia, que por su más reciente implantación, necesita incluso mayor énfasis e hincapié por parte del operador para que sus efectos calen con hondura en las tripulaciones. En la documentación examinada de los cursos, tanto de Habilitación como los de Refresco, las actuaciones de CRM parecen temas de prácticas poco valorados que se superan con la simple asistencia y sin embargo deberían convertirse en prácticas determinantes para la superación de aquellos cursos.

Se ha comprobado que el operador incluye un temario amplio de CRM en algunos cursos de formación, pero aún es más importante la fuerza que se dé a esta materia y el modo de evaluarla, reclamando para ella la importancia que se merece, aspecto este en el que se echa en falta una guía detallada para el instructor y unos criterios claros de evaluación. Por ello y unido a que varios aspectos de CRM se han comprobado como posibles factores de influencia en la cadena de fallos, se emite una Recomendación de Seguridad para que el operador refuerce la formación CRM que imparte a sus tripulaciones y mejore su valoración, considerando las prácticas CRM al mismo nivel que los exámenes teóricos y/o las maniobras esenciales en simulador.

La carga de trabajo en cabina estaba complementada por un número relativamente alto de comunicaciones radio y la preocupación de un posible «windshear» transmitido por un avión precedente. Precisamente las listas de chequeo están para que en los momentos de stress, cuando la facultad de la memoria puede estar disminuida, no se pasen por alto acciones que deben ser realizadas. El entrenamiento debería asegurar que cuando se está en situaciones extraordinarias es cuando más se necesita seguir los procedimientos establecidos, como el de realizar y utilizar la lista de chequeo.

Al margen de que no se hiciera la lista de chequeo, la tripulación no oyó o confundió el repetido aviso de «TOO LOW GEAR» con el de «TOO LOW FLAP». Tampoco identificó la bocina de aviso de que el tren no estaba bajado y bloqueado. Surge la duda acerca de que el uso de cascos de vuelo por la tripulación hubiera permitido la identificación de alguno de estos avisos al aislarlos del resto del ruido ambiente de cabina y escucharse con mayor nitidez al entrar directamente a la fuente de audición a través del sistema de interfono para la tripulación de vuelo.

Por otro lado hay que mencionar que la tripulación estaba compuesta por un piloto de suelta reciente como Comandante y un copiloto con poca experiencia en el avión. Si se hubiera contado con la presencia, en la cabina de vuelo de esta aeronave, de un

miembro de la tripulación con experiencia sobrada en su puesto, quizá se hubiera alterado la secuencia de los eventos, bien a través del reparto de tareas, bien por la comunicación entre ambos, bien en la asunción de la operación normal tras la corrección de la anomalía, o bien a través de la identificación de los avisos acústicos. Como quiera que la experiencia representa un gran recurso contra los fallos y olvidos, se estima que una tripulación más experta podría haber roto la cadena de fallos contemplada en este suceso. Por ello se emite una SR al operador para que revise y mejore la programación de sus tripulaciones de vuelo con el fin de que su composición sea compensada en la experiencia conjunta.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- El vuelo ANS-8665 se despachó en Valladolid con ciertas anomalías intermitentes en el accionamiento de los flaps, con destino a Barcelona.
- La aeronave encontró durante el vuelo temperaturas del orden de los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo cero, normales para la estación y los niveles de vuelo en que volaba.
- Al tratar de extender los flaps para el aterrizaje, éstos no se desplegaron.
- Se descubrió en los desmontajes posteriores al aterrizaje la presencia de agua mezclada con la grasa dentro de las vainas de los ejes de transmisión del accionamiento de los flaps, por lo que se intuye que el agarrotamiento fue producido por el hielo que impedía el giro de los ejes flexibles.
- Ese problema del sistema de flaps era conocido por el fabricante, la autoridad de certificación y el operador, e incluso se daba con cierta frecuencia en la operación en tiempo frío con el modelo CRJ-200.
- La aeronave afrontó un aterrizaje con flaps 0° , que implicaba altas velocidades de aproximación y aterrizaje y configuración de sistemas específicas.
- Había alta densidad de tráfico y de comunicaciones en el aeropuerto de destino.
- La componente del viento era de la derecha y había una comunicación de windshear, del avión precedente. Por lo demás, la pista estaba seca, el cielo sin nubes y la visibilidad era superior a 10 km.
- No se hizo la lista de chequeo previa al aterrizaje y no se bajó el tren de aterrizaje.
- Durante el último tramo de la aproximación final se produjo una cascada de avisos sonoros del EGPWS y bocina acústica del tren de aterrizaje retraído ante los que la tripulación no logró identificar las anomalías y no tomó acciones correctoras.
- El avión aterrizó con la panza en una toma muy suave, alineada con la pista y a 8 metros a la izquierda del eje central.
- El primer contacto se hizo a unos 1.200 m de la cabecera de la pista 25R y la aeronave arrastró durante unos 1.900 m, por tanto la distancia real de aterrizaje fue de 3.100 m.
- La aeronave se detuvo dentro de la pista en su margen izquierdo a 250 m del final.
- No se produjo incendio visible en el exterior de la aeronave y la estructura conservó su integridad.
- Se produjo incendio en el pozo de tren, confinado a este recinto y autoextinguido.
- El pasaje y la tripulación desembarcaron en evacuación de emergencia en mitad de la pista. Dos personas sufrieron contusiones leves en la evacuación.
- Los servicios contra incendios acudieron inmediatamente y rociaron con espuma ignífuga la panza del avión.
- La aeronave sufrió daños producidos por la abrasión con la pista, de las guardas de los flaps, de las puertas de tren principal y de los revestimientos de su panza que llegaron a afectar a la estructura primaria.

3.2. Causas

Se considera que la omisión del accionamiento de la palanca de extensión de tren antes de iniciar la toma fue la causa directa del accidente , lo cual condujo a un aterrizaje de la aeronave sobre su panza, con el tren replegado.

Se estima que un factor contribuyente fue la presencia de ciertas anomalías técnicas en el funcionamiento del sistema de flaps que captaron la atención de la tripulación.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

El fabricante de la aeronave, Bombardier, emprendió a raíz de varios fallos de flaps y un incidente grave que ocurrió el 21 de noviembre de 2006 una revisión general de los sistemas de flaps de los aviones CRJ en colaboración con la autoridad aeronáutica de Canadá. En julio de 2007, se emitió la Directiva de Aeronavegabilidad CF-2007-10, que posteriormente fue modificada en agosto, estableciendo diversas actuaciones en las áreas documentales, operacionales, de mantenimiento y de entrenamiento de tripulaciones. Se considera que esa medida trata de abordar las deficiencias continuadas que había presentado ese sistema, haciendo disminuir los riesgos debidos a los fallos de los flaps, que en este accidente se han considerado como factor contribuyente, y por eso no se emite una recomendación de seguridad al respecto. A resultados del accidente se formulan las siguientes recomendaciones sobre seguridad:

REC 33/09. A la vista de las deficiencias encontradas en la operación de la aeronave, se recomienda a la compañía operadora que refuerce y mejore el entrenamiento teórico y en simulador de sus tripulaciones de forma que les permita responder activa y condicionadamente en situaciones críticas de vuelo, cuando se pueden presentar una concurrencia de avisos acústicos y luminosos, reaccionando de tal manera que:

- Puedan romper e interrumpir la secuencia de sus procedimientos normales.
- Sean capaces de identificar de modo inequívoco los avisos y condición de vuelo.
- Emprendan las acciones y procedimientos específicos relativos a las anomalías.
- Puedan retomar la secuencia, interrumpida anteriormente, de procedimientos normales.

En las situaciones críticas en fase de aproximación, en las que son de aplicación los conceptos de aproximación estabilizada, se debe tener presente la conveniencia, e incluso, necesidad, de abortar la aproximación emprendiendo un go-around para facilitar que se pueda retomar el control óptimo de la situación antes de llegar al suelo.

El entrenamiento debe abarcar y extenderse en el conocimiento y utilización de los sistemas de la aeronave, y del conjunto de indicaciones y avisos asociados, en las condiciones de utilización normal, anormal y en emergencia.

REC 34/09. Debido a la contribución que varios aspectos de CRM han mostrado en el desarrollo del evento y al déficit que se ha apreciado en la valoración

de esas materias de CRM en la formación que imparte el operador, se recomienda a la Compañía operadora que reconozca, refuerce y perfeccione la valoración y peso que se otorgue a las materias de CRM en los programas de entrenamiento de forma general y, singularmente en los siguientes aspectos:

- a) La recuperación y reparto de tareas normales una vez que los procedimientos anormales o de emergencia se hayan abordado y resuelto, para evitar que ambos pilotos focalicen su atención en la anomalía y pierdan la capacidad de monitorización y visión de conjunto.
- b) El uso de fraseología y comunicación en cabina estándar, evitando la ambigüedad y fraseología coloquial.

REC 35/09. Se recomienda a la compañía operadora que revise y mejore la composición y organización de sus tripulaciones con el fin de que se asegure un alto nivel en la experiencia conjunta de comandante y copiloto.

REC 36/09. Se recomienda a la compañía operadora que revise y mejore los sistemas que tiene implementados para la detección, seguimiento, corrección y control de las averías, malfunciones y defectos que se presentan en el transcurso de las operaciones.

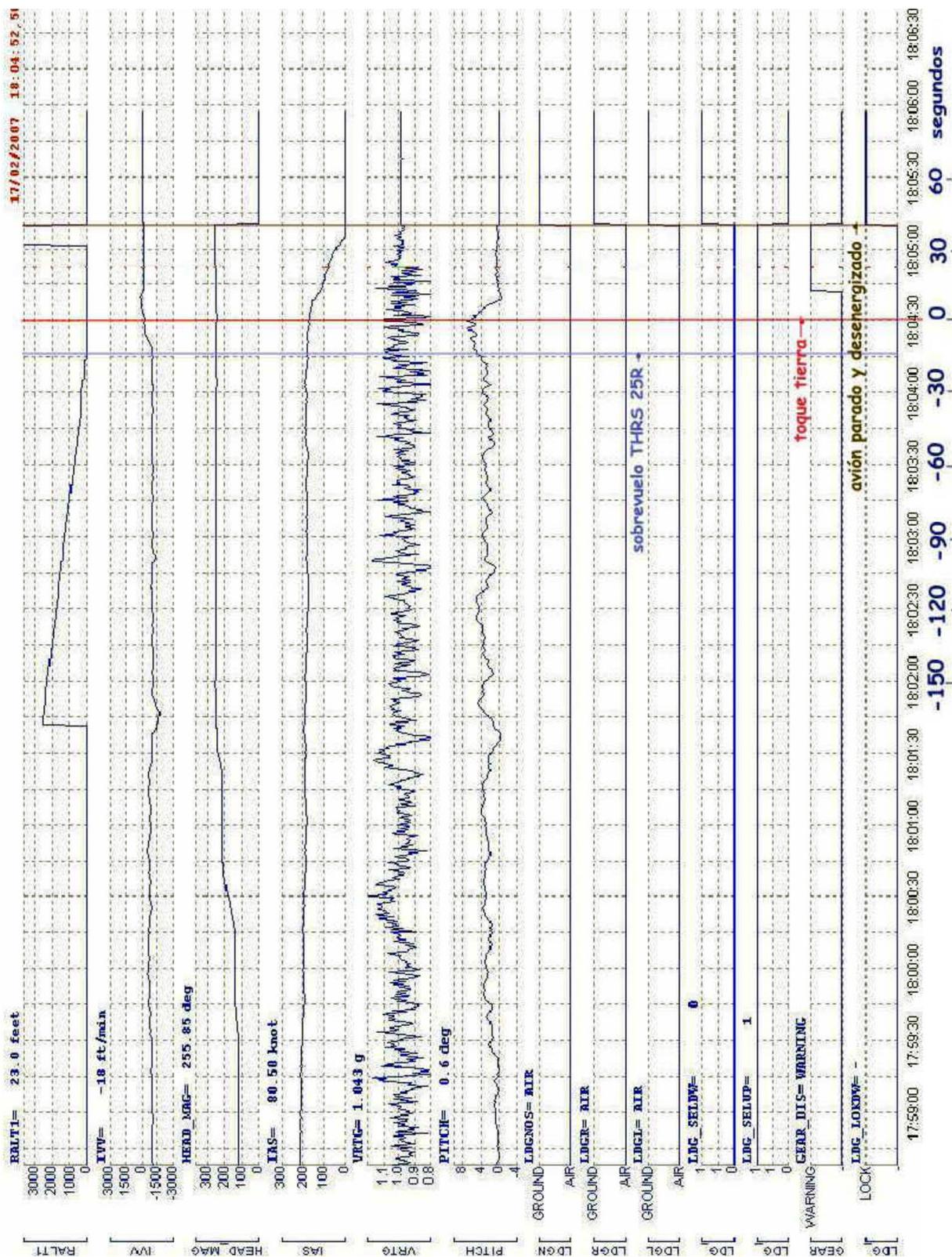
APÉNDICES

APÉNDICE 1

Hoja de carga y centrado

APÉNDICE 2

Gráficos del DFDR



APÉNDICE 3
Carta de aproximación ILS
a la pista 25R de Barcelona

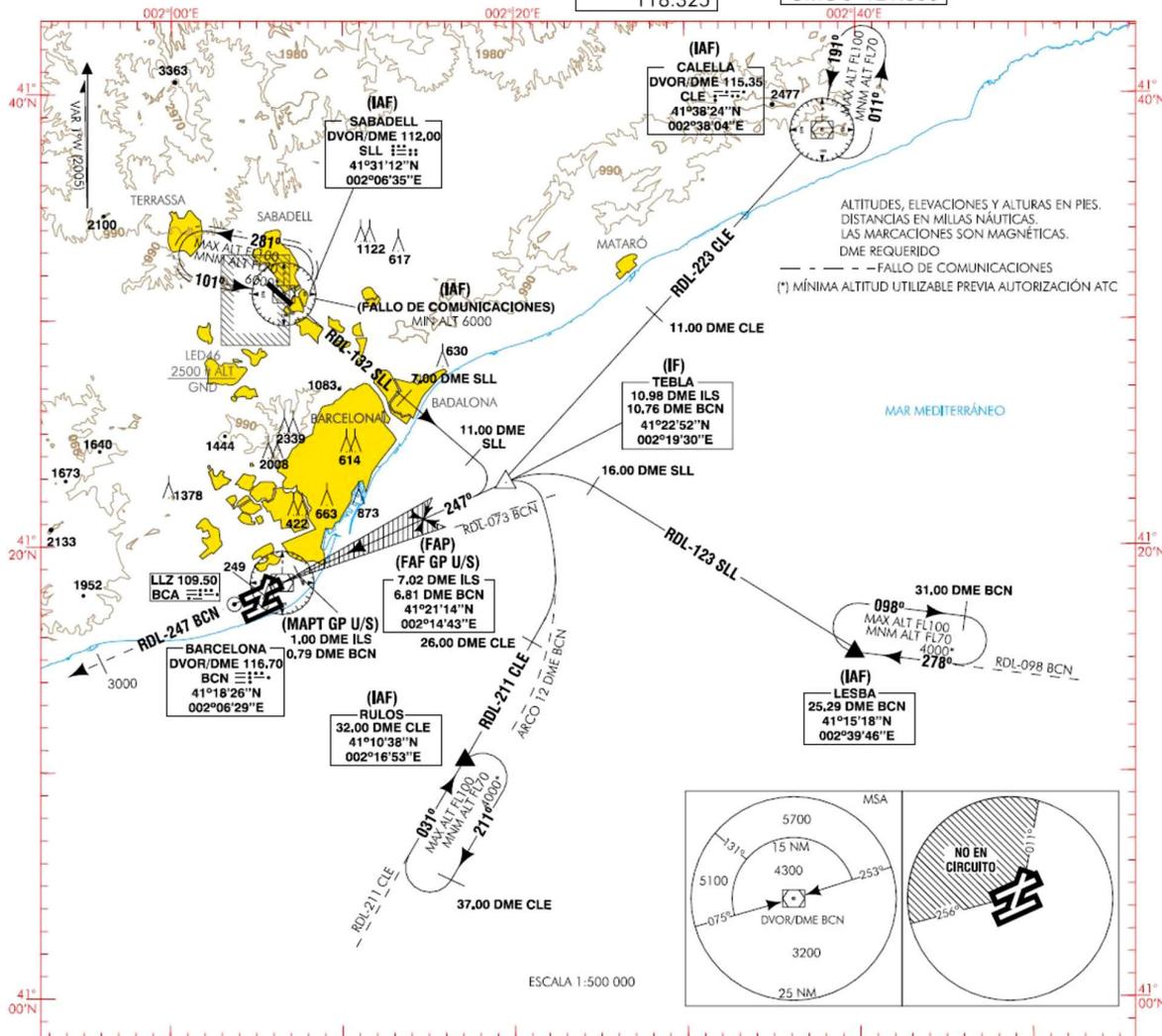
CARTA DE APROXIMACIÓN
POR INSTRUMENTOS-OACI

ELEV AD
14

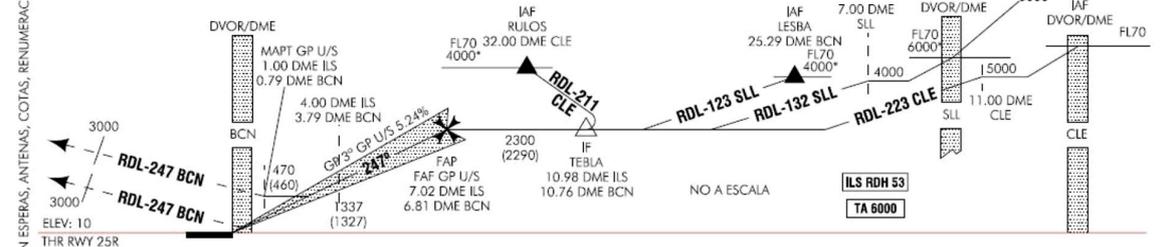
APP 119.100
ATIS 118.650
TWR 118.100
118.325

GMC E 121.850
GMC W 121.700
GMC S 121.650

BARCELONA
ILS
RWY 25R



FRUSTRADA: SUBIR EN RDL-247 BCN HASTA ALCANZAR 3000 ft Y ESPERAR AUTORIZACIÓN ATC.
FRUSTRADA FALLO DE COMUNICACIONES: SUBIR EN RDL-247 BCN HASTA ALCANZAR 3500 ft. VIRAR
A LA DERECHA DIRECTO AL DVOR/DME SLL ASCIENDIENDO A 6000 ft PARA INTEGRARSE EN LA ESPERA.



CAMBIO: ALTITUD MIN ESPERAS, ANTENAS, COTAS, RENUMERACIÓN.

OCA/H	A	B	C	D	
STA	CAT I	215 (205)	227 (217)	235 (225)	246 (236)
	CAT II	(97)	(114)	(125)	(140)
	CAT III	APPROVED			
	GP U/S	470 (460)			
En circuito (H) sobre 14	580 (570)	700 (690)	890 (880)	1300 (1290)	

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAP-THR: 7.03 NM	mins	5:16	4:13	3:31	3:01	2:38	2:21
FAF-MAPT: 6.02 NM	mins	4:31	3:37	3:01	2:35	2:15	2:00
ROD: 5.24 %	ft/min	425	531	637	743	849	955
ALT/HGT DME (ILS) FNA GP U/S							
13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME
						5 DME	4 DME
						3 DME	2 DME
						1 DME	
						2300 (2290)	1980 (1970)
						1660 (1650)	1340 (1330)
						1020 (1010)	700 (690)

WEF 22-NOV-07 (AIRAC AMDT 14/07)

AIP-ESPAÑA

AD 2-LEBL IAC/9

APÉNDICE 4
Carta del Aeropuerto de Barcelona
y huellas del aterrizaje

AD-2-LEBL ADC 1.1
10-VPP-28

AIP
ESPAÑA

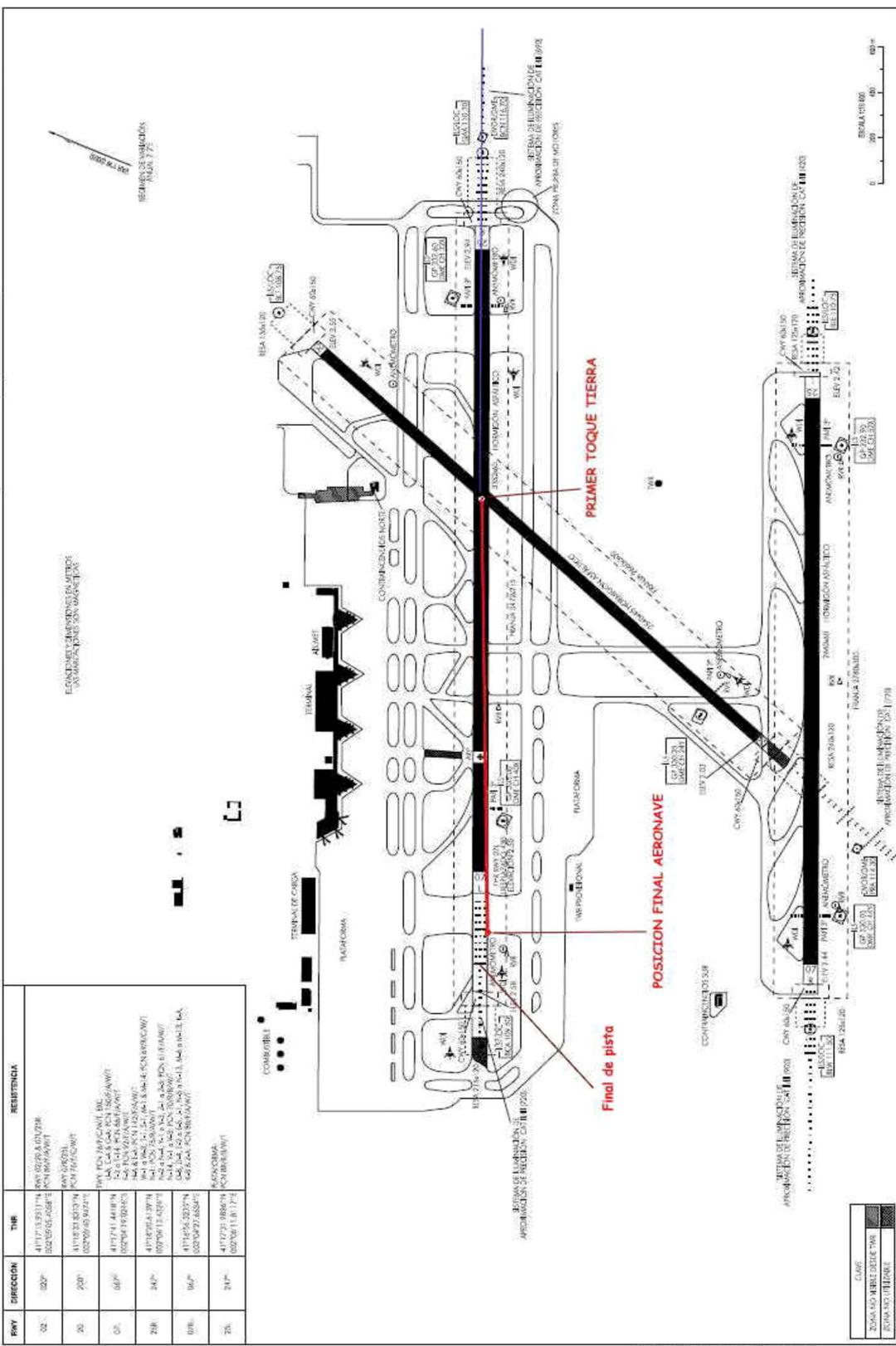
BARCELONA

41°17'49"N
002°04'42"E

PLANO DE AEROPROMIO-OACI

ELEV. 4.32 m

TWR 118.100
GMC E 121.65
GMC W 121.70
GMC S 121.65
CLR 121.800



AMDT 169/08

AIS-ESPAÑA

