CIAIAC

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

Informe técnico IN-020/2017

Incidente ocurrido el día 9 de septiembre de 2017, a la aeronave ATR 72-212A matrícula EC-KKQ, operada por Swiftair, a nivel de vuelo FL170 en las proximidades del punto de notificación NARGO (Albacete)

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ©

NIPO: 796-20-060-X

Diseño, maquetación e impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63 E-mail: ciaiac@mitma.es C/ Fruela, 6
Fax: +34 91 463 55 35 http://www.ciaiac.es 28011 Madrid (España)

Advertencia

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

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

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

Índice

Abreviaturas 4

Sinopsis 6

1. INFORMACIÓN FACTUAL 7

1.1. Antecedentes del vuelo 7
1.2. Lesiones personales 11
1.3. Daños a la aeronave 11
1.4. Otros daños 11
1.5. Información sobre el personal 11
1.6. Información sobre la aeronave 14
1.7. Información meteorológica 19
1.8. Ayudas para la navegación 23
1.9. Comunicaciones 23
1.10. Información de aeródromo 23
1.11. Registradores de vuelo 24
1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto 34
1.13. Información médica y patológica 34
1.14. Incendio 34
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 34
1.16. Ensayos e investigaciones 35
1.17. Información sobre organización y gestión 41
1.18. Información adicional 46
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces 49

2. ANÁLISIS 50

2.1. Vuelo en condiciones de engelamiento severo 50
2.2. Gestión del ascenso 51
2.3. Gestión de la pérdida 56
2.4. Gestión del vuelo posterior 58
2.5. Problemas con el timón de dirección 60
2.6. Gestión de la emergencia médica 60
2.7. Coordinación con la cabina de pasaje 61
2.8. Modificaciones en los procedimientos tras el incidente 61
2.9. Conclusiones generales 62

3. CONCLUSIONES 64

3.1. Constataciones 64
3.2. Causas/Factores contribuyentes 67

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL 68

Abreviaturas

ºC	Grado centígrado
ACC	Centro de control de área
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
APM	*Aircraft performance monitoring* - vigilancia de las características de la aeronave
AUPRTA	*Airplane Upset Prevention and Recovery Training Aid* - Ayuda para el entrenamiento en recuperación y prevención de posiciones anormales de aeronaves
ATC	Control de tráfico aéreo
CLB	*Climb* - potencia de ascenso
CRI	Habilitación de instructor de clase
CRZ	*Cruise* - crucero
CVR	*Cockpit voice recorder* - registrador de voces en cabina
EGPWS	*Enhanced ground proximity warning system* - sistema mejorado de aviso de proximidad al terreno
FCOM	*Flight crew operation manual - Manual de operación para la tripulación*
FI	Habilitación de instructor de vuelo
FL	Nivel de vuelo
fpm	Pie por minuto
ft	Pie
GS	*Ground speed* - velocidad respecto a tierra
h	Hora
IAS	Velocidad indicada
IEP	*Ice evidence probe* - sensor de evidencia de engelamiento
IMC	Condiciones de vuelo instrumental
IFR	Reglas de vuelo instrumental
IR	Habilitación para vuelo instrumental
IRI	Habilitación de instructor de vuelo instrumental
kg	Kilogramo
kt	Nudo
m	Metro
MAX PWR	*Maximum power* - máxima potencia
MCT	*Maximum continuous thrust* - Máximo empuje continuo
min	Minuto
N	Newton
NM	Milla náutica
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PRM	*Pilot reference manual* - manual de referencia del piloto

PWR MGT	*Power management* - gestor de selección de potencia
QRH	*Quick reference Handbook*
S/N	Número de la serie
SAT	*Static air temperatura* - temperatura estática del aire
seg	Segundo
SP	*Stick pusher* - empujador del mando
SW	*Stall warning* - aviso de pérdida
TACC	Centro de control de área terminal
TAT	*Total air temperature* - Temperatura total del aire
TLU	*Travel limitation unit* - Unidad limitadora de recorrido del timón de dirección
TO	*Take off* - potencia de despegue
TRI	Habilitación de instructor de tipo
TWR	Torre de control
VMC	Condiciones de vuelo visual
VS	*Vertical speed* - velocidad vertical

Sinopsis

Propietario y operador:	Swiftair
Aeronave:	ATR72-212A, matrícula EC-KKQ
Fecha y hora del incidente:	Sábado, 9 de septiembre de 2017, 20:26 hora local[1]
Lugar del incidente:	10 NM al norte del punto de notificación NARGO a FL170
Personas a bordo:	Tripulación: 4 (ilesos) Pasajeros: 22 (ilesos)
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial - regular- interior - de pasajeros
Reglas de vuelo:	IFR
Fase de vuelo:	En ruta - ascenso a nivel de crucero
Fecha de aprobación:	27 de noviembre de 2019

Resumen del incidente

El sábado 9 de septiembre de 2017, la aeronave EC-KKQ con indicativo de vuelo AEA4050, tras 16 min de vuelo en ascenso, ocho de los cuales fueron en condiciones de engelamiento, sufrió una pérdida de altura no comandada de 1661 ft durante 33 seg, junto con una serie de alabeos y cabeceos no comandados.

La aeronave había despegado del aeropuerto de Alicante a las 20:08 h con 26 personas a bordo (2 pilotos, 2 tripulantes de cabina de pasajeros y 22 pasajeros) con destino el aeropuerto Madrid-Adolfo Suárez. Tras el evento, recuperado a los 33 seg, la aeronave continuó el vuelo hasta el aeropuerto de destino, donde aterrizó haciendo contacto con la pista finalizando el primer tercio, tras realizar una aproximación no estabilizada a alta velocidad.

La investigación ha determinado que la causa probable de la pérdida de control en condiciones de engelamiento fue una deficiente gestión del vuelo por parte de la tripulación y una utilización inapropiada de los automatismos.

El informe contiene cuatro recomendaciones sobre seguridad operacional dirigidas a Swiftair, como operador de la aeronave EC-KKQ.

[1] La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El sábado 9 de septiembre de 2017 a las 20:08:41, la aeronave ATR72-212A, con matrícula EC-KKQ, despegó con 26 personas a bordo (2 pilotos, 2 tripulantes de cabina de pasajeros y 22 pasajeros) por la pista 10 del aeropuerto de Alicante con destino el aeropuerto Madrid-Adolfo Suárez. El perfil de vuelo planificado era un tramo inicial de ascenso hasta el punto de notificación NARGO y después una fase de ruta a FL170.

Las condiciones meteorológicas en el aeropuerto de salida eran de 28ºC, viento flojo y nubes escasas a 2000 ft. En el aeropuerto de Madrid se esperaban 20ºC y visibilidad superior a 10 km. Para las 80 NM iniciales del trayecto estaban previstas condiciones de engelamiento ligero a FL140 que, en el punto de notificación NARGO (a 35 NM de Alicante) empeoraban hasta engelamiento moderado. El copiloto era el piloto a los mandos.

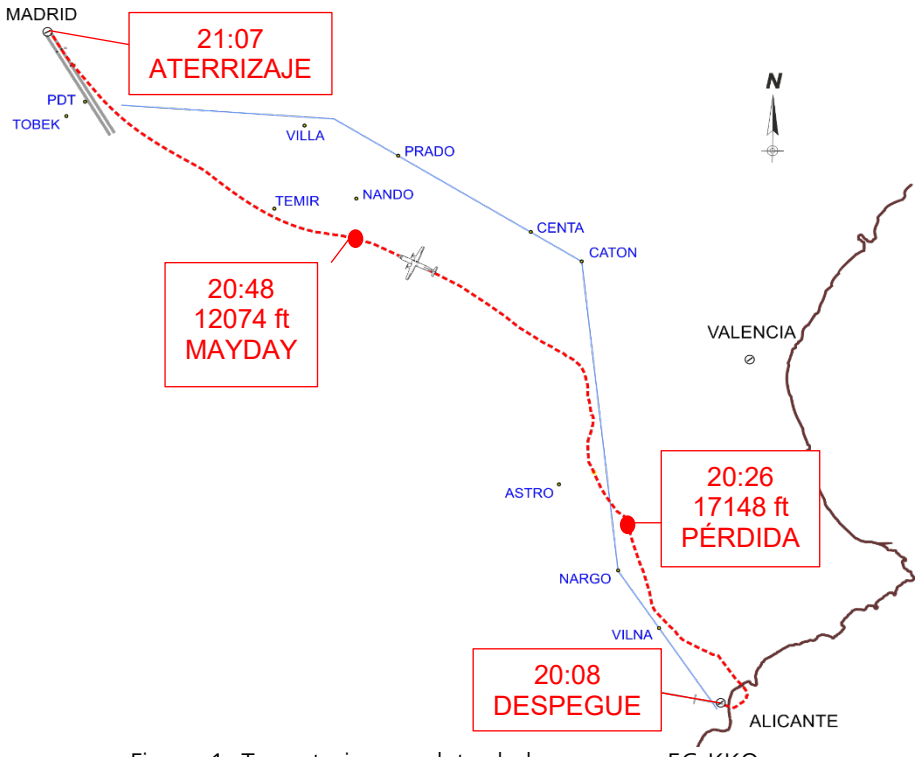

Figura 1. Trayectoria completa de la aeronave EC-KKQ

A los 8 min de vuelo, con la aeronave cruzando FL100 (10023 ft) y ascendiendo a FL170 (su nivel autorizado), la temperatura TAT alcanzó el valor de 7ºC[2]. Dos minutos después, cuando la TAT era de 2,7ºC y en ascenso a 175 kt de velocidad[3] y a 12516 ft, se

[2] 7ºC y humedad visible son los criterios de referencia para la identificación de condiciones de engelamiento.
[3] Las referencias de velocidad utilizadas en este informe corresponden a velocidad indicada (IAS).

conectaron los sistemas antihielo (ANTI ICING ON). A los 28 seg se activó el aviso de acumulación de hielo en la aeronave (la luz ámbar de ICING se iluminó en el panel central: luz ICING ON) y, como consecuencia, a los 5 seg la tripulación puso en funcionamiento los sistemas de deshielo (DEICING ON). Transcurridos dos minutos desde la activación de los sistemas de deshielo, a las 20:20:58, con la aeronave a 14883 ft y todavía en ascenso, se registró la desactivación del detector de hielo (luz ICING OFF) que, 42 seg después, volvió a activarse (luz ICING ON).

La aeronave continuó el ascenso y dos minutos después, a las 20:22:45, a 16067 ft y 169 kt, se activó el aviso de características degradadas (DEGRADED PERF). Durante este periodo, la velocidad vertical se había reducido de 1100 fpm a 500 fpm[4].

Alcanzando 16200 ft, la velocidad vertical era de 0 fpm y la aeronave, incapaz de ascender, mantuvo esa altitud durante un minuto y medio. Con la intención de superar la capa de nubes y conseguir el ascenso, el comandante seleccionó el modo VS (*vertical speed*) con una velocidad vertical de 1100 fpm. Al mismo tiempo, a las 20:25:41 (16852 ft) la tripulación solicitaba a TACC Valencia ascender a FL190 para "librar" de las condiciones meteorológicas.

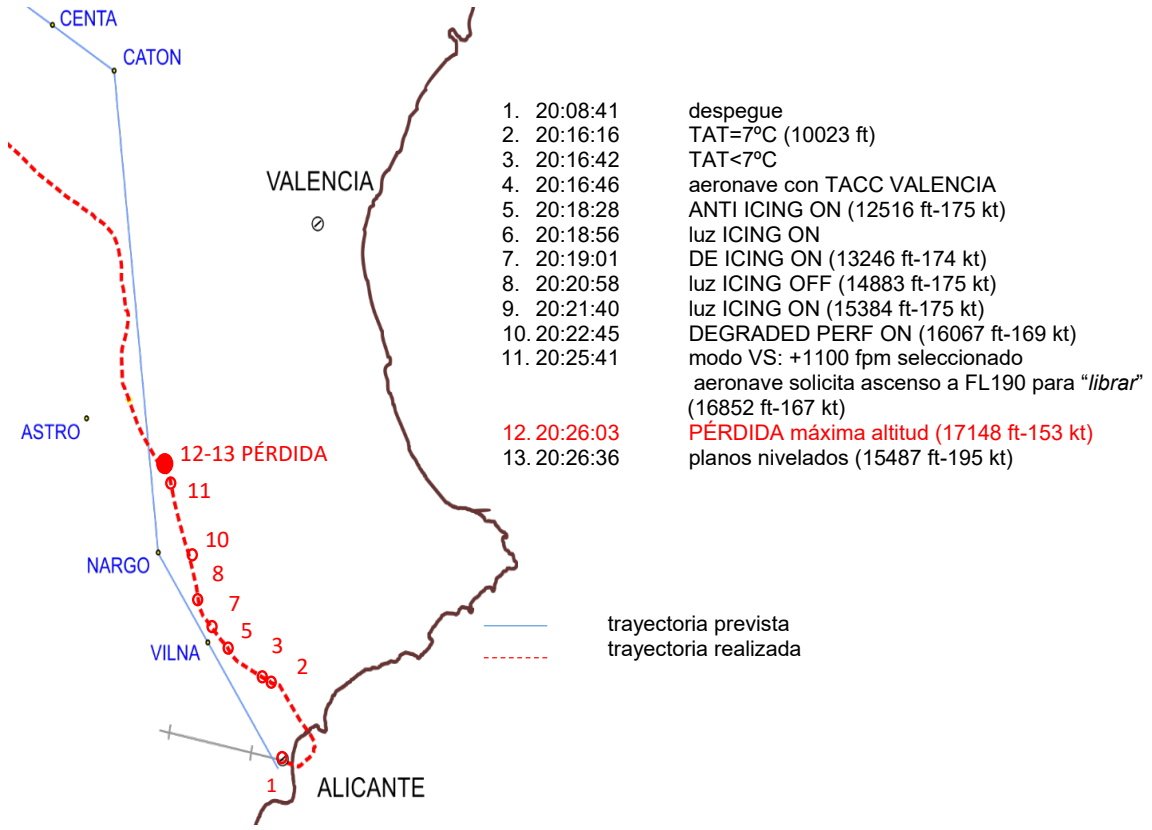

Figura 2. Trayectoria hasta el evento (18 min de vuelo)

[4] La velocidad vertical calculada para las condiciones del vuelo debía haber sido superior a 600 fpm.

Como consecuencia de estas actuaciones, a las 20:26:03 la aeronave había perdido velocidad y con 153 kt entraba en pérdida. Durante 33 seg la aeronave se mantuvo en descenso desde 17148 ft hasta 15487 ft. Durante este descenso se registró la velocidad mínima de 151 kt, ángulos de ataque de hasta 19,6º, ángulos de asiento de hasta -11º y movimientos de alabeo a la izquierda y derecha de 58º y 39º, respectivamente.

La pérdida estaba recuperada a las 20:26:36, a 15487 ft y 195 kt.

A las 20:26:26, todavía en descenso a 15980 ft, la aeronave solicitaba a TACC Valencia *"descenso inmediato"*. El controlador le autorizó el descenso a discreción informando que el mínimo radar en la zona estaba en FL70. La aeronave mantuvo el descenso y a las 20:28:04 informaba a TACC Valencia que descendían a FL70, que mantenían rumbo y solicitaban al controlador información sobre la presencia de algún fenómeno meteorológico reseñable, con respuesta negativa. En este momento ATC preguntó por el motivo del descenso y la aeronave informaba sobre el suceso: *"hemos sufrido una pérdida debido a engelamiento"*. La aeronave se encontraba a 14932 ft en descenso (20:28:38 h).

Tras esta información el controlador le preguntaba por sus intenciones y le informaba sobre la ubicación del aeropuerto de Valencia respecto a su posición (20:28:58).

A las 20:31:32, a 13826 ft, la aeronave informaba a TACC Valencia que ya estaban libres de nubes y que procedían a CENTA. Esta comunicación fue entendida por el controlador como que ya habían solucionado el problema del engelamiento y así lo transmitió al controlador colateral de ACC Madrid al que transferiría poco después la aeronave.

A las 20:31:47, la aeronave se encontraba a 13752 ft y detenía el descenso.

A las 20:33:23, con la aeronave a 13778 ft, el copiloto tomó fotos de los cristales de cabina y del plano derecho que evidenciaban la presencia de hielo en la aeronave (apartado 1.7.4). Un minuto después, la aeronave solicitaba a TACC Valencia continuar directo a PRADO para evitar nubes, por lo que inició un viraje hacia la izquierda. A las 20:35:25 se desactivó el aviso de características degradadas (DEGRADED PERF) que había estado activado durante 12 min 50 seg. Tres minutos después ATC solicitó ascenso a FL150 debido a la mínima altitud del sector en ACC Madrid, nivel de vuelo que fue aceptado por la tripulación. A las 20:41:27 la aeronave era transferida a ACC Madrid.

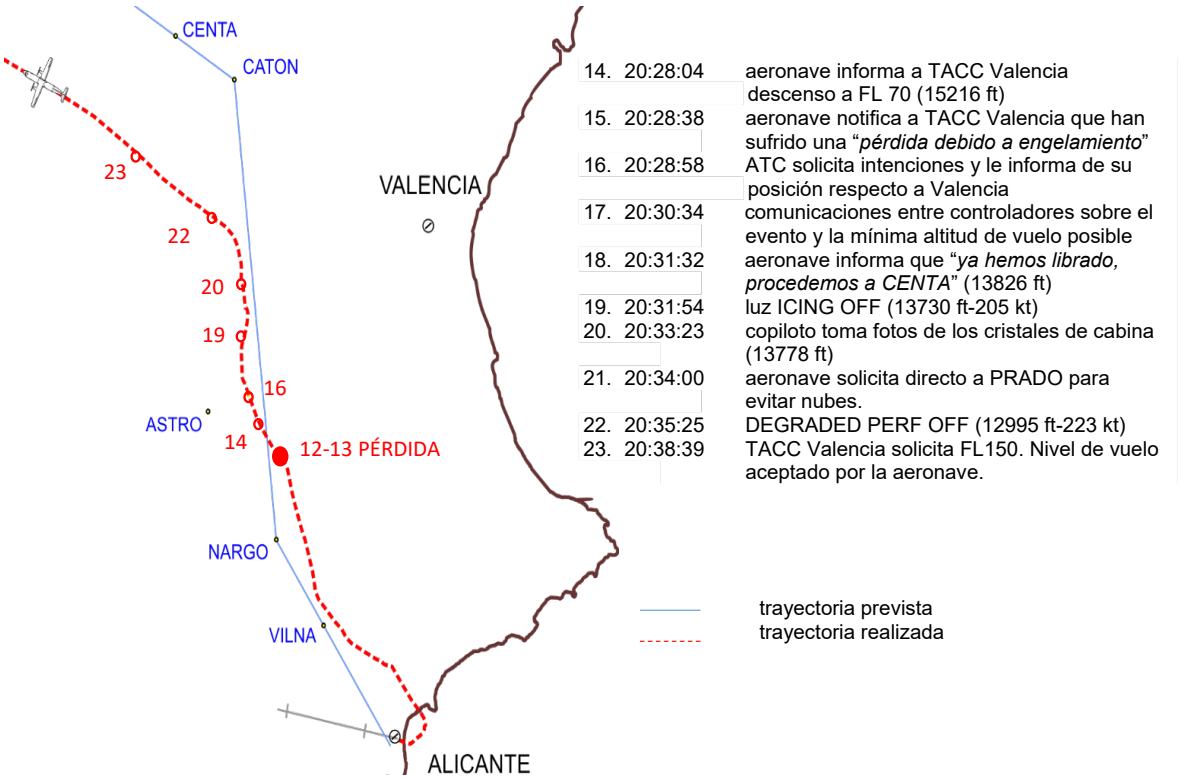

Figura 3. Trayectoria después del evento (10 min de vuelo)

A las 20:42:26 h, la aeronave, tras la pregunta del controlador sobre si el engelamiento estaba solucionado, informó que *"habían cargado bastante hielo, que había algo que no iba bien, que seguían manteniendo el problema pero que estaban estabilizados"*. Cinco minutos más tarde, a las 20:47:22, la aeronave informaba que no terminaban de solucionar el problema y solicitaban descenso. A las 20:48:25 notificaba MAYDAY y requería directo a Madrid por seguir *"con problemas de control de mandos"*.

A las 20:50:29 ATC preguntó si necesitaban ayuda en tierra, a lo que la tripulación contestó que no. Tras varias conversaciones sobre la pista a utilizar en Madrid, y teniendo en cuenta la petición de la tripulación de aterrizar por la pista 32R, se abrió esta pista, a pesar de que la pista operativa era la 32L. A las 20:57:31, ya en contacto con el controlador de aproximación, la tripulación preguntaba por reportes de turbulencia en la zona donde estaban volando, con respuesta negativa. La aeronave fue autorizada a la aproximación a la 32R.

A las 21:07:00 se registró la toma de contacto en la pista a 140 kt de velocidad, con 22ºC de temperatura y con la presencia de los bomberos. Durante la carrera de aterrizaje, se escuchó al comandante, a los mandos de la aeronave desde el evento: *"no va el pedal izquierdo, los pedales están agarrotados"*. Este problema no tuvo consecuencias sobre la carrera de aterrizaje ni sobre el rodaje y la aeronave abandonó la pista y rodó por sus propios medios.

Tras abandonar la pista, el sobrecargo solicitó a la tripulación una ambulancia para uno de los pasajeros al que se había proporcionado oxígeno durante el vuelo. La petición fue transmitida a la torre por el copiloto y se inició la solicitud de la asistencia médica.

La aeronave se detuvo tras 7 min de rodaje, a las 21:14:04, en el estacionamiento remoto número 4, donde desembarcó el pasaje. El pasajero para el cual se había solicitado la ambulancia fue atendido por el servicio médico del aeropuerto por un cuadro de ansiedad.

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	4	22	26	
TOTAL	4	22	26	

1.3. Daños a la aeronave

Ninguno.

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Comandante

El comandante tenía 55 años de edad y era de nacionalidad española. Contaba con una licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión emitida por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). Tenía en vigor[5] las habilitaciones de ATR42/72 y de vuelo instrumental (IR). Además tenía también en vigor[6] la habilitación de instructor de clase (CRI), de instructor de tipo (TRI), de instructor de vuelo instrumental (IRI) y de instructor de vuelo (FI).

Tenía una experiencia total de 18294 h. De ellas 4497 h en ATR72 de las cuales 3267 como copiloto. Estaba contratado por Swiftair desde septiembre de 2015.

[5] Válidas hasta 31/12/2017.
[6] Válidas, respectivamente hasta 31/10/2018, 31/07/2018, 30/04/2019 y 30/04/2019.

1.5.2. Copiloto

El copiloto tenía 33 años de edad y era de nacionalidad española. Contaba con una licencia de piloto comercial de avión emitida por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). Tenía en vigor[7] las habilitaciones de ATR42/72 y de vuelo instrumental (IR). Además tenía también en vigor[8] la habilitación de instructor de vuelo (FI) restringida a monomotor.

Tenía una experiencia total de 1431 h 24 min. De ellas 421 h 28 min en ATR42/72 realizadas con el operador. Estaba contratado por Swiftair desde octubre de 2016.

1.5.3. Formación

La formación de Swiftair estaba descrita en la parte D del *Manual de Operaciones* aprobado por la AESA. La parte D de este MO, con una extensión de 984 páginas, contenía el programa de instrucción, entrenamiento y verificación de todo el personal implicado en las operaciones (tanto de tierra como de vuelo) aprobadas de Swiftair. Los medios materiales usados en la instrucción también estaban descritos. El entrenamiento en tierra se realizaba en las instalaciones del operador y para el entrenamiento práctico se utilizaban simuladores contratados a terceros aprobados por la autoridad.

Todo el contenido de la formación de Swiftair cumplía con los requisitos establecidos en el Reglamento 965/2012 de la Unión Europea, dedicado a las operaciones de transporte aéreo comercial con aviones.

Cumpliendo con la normativa de referencia, se describía el entrenamiento inicial a recibir por cualquier miembro de la tripulación de vuelo de nueva incorporación al operador, así como la formación recurrente periódica. Las actividades formativas cubrían aspectos referentes a cada una de las flotas y aspectos generales (aplicables para varias flotas). De toda la formación recibida se consideran de interés para la investigación las actividades formativas relacionadas con el vuelo en condiciones de engelamiento y la recuperación de aproximación a la pérdida.

Dentro de la formación general, se incluía entrenamiento para las operaciones en tiempo frío que incluía tres módulos, los dos primeros de aplicación en el incidente:

- Entrenamiento sobre deshielo y antihielo: tenía una duración de 50 min (inicial) y de 30 min (recurrente). Los contenidos comprendían (entre otros) conocer el impacto del hielo en el vuelo y la utilización de documentación meteorológica. Además de la verificación teórica, se realizaba una verificación en simulador de esta formación como parte de la verificación de competencia del operador dentro de la campaña de operación invernal.
- Entrenamiento sobre el vuelo en condiciones de hielo: tenía una duración de 50 min (inicial) y de 30 min (recurrente). Los contenidos del curso comprendían (entre

[7] Válida hasta 30/09/2018.
[8] Válida hasta 31/05/2018.

otros) formación en meteorología y procedimientos a aplicar en condiciones de hielo (normales, de emergencia, entrada en pérdida de ala, cola, degradación de performance, etc.). Se realizaba una verificación teórica y, además, una verificación en simulador en la verificación de competencia del operador.

- Entrenamiento en pistas contaminadas.

Respecto a la pérdida, el programa de instrucción incluía formación inicial y recurrente en tierra y en simulador centrada en la recuperación de aproximación a la entrada en pérdida que, además, se repetía en el entrenamiento de recuperación de posiciones anormales. La formación en esta materia cubría, entre otros, los conceptos relacionados con el ángulo de ataque, la identificación de la pérdida, los procedimientos de recuperación, los sistemas de *stick pusher* y *stick shaker,* y los efectos del engelamiento.

La revisión del programa completo de formación del comandante y el copiloto desde su incorporación a la compañía mostró cumplimiento con la periodicidad y contenidos definidos en el *Manual de Operaciones* parte D de Swiftair. Cada una de las actividades formativas fueron superadas con resultado satisfactorio por parte de ambos miembros de la tripulación. De interés para la investigación se muestra toda la formación recibida por la tripulación sobre el vuelo en condiciones de engelamiento y la recuperación de aproximación a la pérdida, desde la incorporación de cada miembro hasta el momento del incidente.

Respecto al entrenamiento en simulador, el empleado por Swiftair (simulador clase D con certificación ES-1A-028 de GTA) no tuvo implementado el APM (ver apartado 1.6.5) hasta el 4 de agosto de 2017. Por lo tanto, todos los entrenamientos en simulador en entorno engelante realizados por el comandante y el copiloto no incluyeron este sistema, aunque sí habían recibido la formación teórica correspondiente.

<u>Entrenamiento del comandante</u>:

- Septiembre 2015: instrucción sobre operación en tiempo frío (*cold weather operation*): entrenamiento sobre deshielo y antihielo, entrenamiento sobre el vuelo en condiciones de hielo y entrenamiento en pistas contaminadas.
- Octubre 2015: entrenamiento en simulador sobre recuperación de aproximación a la pérdida y prevención y recuperación de posiciones anormales.
- Abril 2016: entrenamiento en simulador sobre recuperación de aproximación a la pérdida, prevención y recuperación de posiciones anormales y operación en entorno engelante.
- Mayo 2016: instrucción sobre operación en tiempo frio.
- Septiembre 2016: instrucción sobre prevención y recuperación de posiciones anormales.

- Octubre 2016: entrenamiento en simulador sobre prevención y recuperación de posiciones anormales.
- Marzo 2017: instrucción sobre operación en tiempo frio.
- Abril 2017: entrenamiento en simulador sobre operación en entorno engelante.

Entrenamiento del copiloto:

- Octubre de 2016: instrucción sobre operación en tiempo frío (*cold weather operation*) compuesto por tres cursos: entrenamiento sobre deshielo y antihielo, entrenamiento sobre el vuelo en condiciones de hielo y entrenamiento en pistas contaminadas.
- Octubre de 2016: entrenamiento en simulador sobre recuperación de aproximación a la pérdida y prevención y recuperación de posiciones anormales.
- Febrero y marzo de 2017: instrucción sobre operación en tiempo frio.
- Marzo 2017: entrenamiento en simulador sobre operación en entorno engelante.
- Agosto 2017: instrucción sobre prevención y recuperación de posiciones anormales.

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave, modelo ATR-72-500 (212A) S/N 763, con matrícula EC-KKQ había sido construida en el año 2007. Estaba equipada con dos motores Pratt & Whitney PW127F, tenía un peso máximo al despegue de 22800 kg y un peso operativo en vacío de 14062 kg. Acumulaba 10590 h y 12940 ciclos. Contaba con un certificado de aeronavegabilidad en vigor en el momento del incidente (válido hasta 27/07/2018).

La carga y centrado de la aeronave en el momento del despegue estaba dentro de los límites establecidos por el fabricante. En el vuelo del evento la aeronave despegó con un peso de 18415 kg.

1.6.1. Certificación para la operación en condiciones de engelamiento

La certificación de todas las aeronaves comerciales certificadas de acuerdo a CS/JAR25 permite el vuelo en entornos de engelamiento definidos en el Apéndice C[9]. La aeronave puede volar en estas condiciones, pero se deben de realizar una serie de acciones sobre la aeronave (como activar medidas de protección contra el hielo o establecer ciertas velocidades) y se definen un conjunto de procedimientos a realizar para que el vuelo se realice de forma segura en este entorno.

[9] Esta aeronave está certificada de acuerdo al FAR/JAR part 25.1419 *(ice protection)* apéndice C y DGAC *Special Condition* B6 (SCB6). Estos apartados de la norma requieren a los fabricantes que demuestren que la aeronave puede operar de forma segura en las condiciones de engelamiento máximo continuo y máximo intermitente definidas. Estas condiciones de engelamiento, para las cuales la aeronave es capaz de volar de forma segura, se definen en el apéndice C mediante tres parámetros: diámetro de la gota de agua, contenido de agua y rango de temperaturas.

La monitorización constante, por parte de la tripulación, del comportamiento de la aeronave permitirá que el vuelo se mantenga dentro del entorno certificado. En caso de que la aeronave se encuentre, de forma inadvertida, en condiciones fuera del entorno certificado (condiciones de engelamiento severo), el fabricante ha publicado procedimientos operacionales para detectar y escapar de las condiciones de engelamiento severo.

1.6.2. Detección de condiciones atmosféricas de engelamiento

Los procedimientos establecen criterios para detectar si se está volando en condiciones de engelamiento y cuándo el engelamiento es severo (y, por lo tanto, no se debe continuar el vuelo en esa zona):

- Condiciones atmosféricas de engelamiento (*icing conditions*):
  - TAT ≤7ºC y
  - Humedad visible (nubes, niebla, lluvia, visibilidad reducida, hielo o nieve en cristales).
- Condiciones atmosféricas de engelamiento severo *(severe icing conditions*):
  - Hielo cubriendo toda o parte de la zona no calefactada de las ventanas laterales, y/o
  - Decremento de la velocidad y/o del régimen de ascenso, y/o[10]
  - Otras indicaciones visuales secundarias (agua en el parabrisas, acumulación de hielo en zonas de la aeronave donde habitualmente no se acumulan, hielo en la parte inferior de los planos detrás de las zonas protegidas o hielo en el spinner más extenso de lo habitual).

1.6.3. Protección de la aeronave contra el hielo

Para operar en condiciones atmosféricas de engelamiento, el ATR-72 dispone de sistemas eléctricos y neumáticos de protección. Esta protección se produce a tres niveles:

1. Protección antihielo permanente (ANTI ICING): se activa tras el arranque del motor. Consiste en un sistema de calefactado, a través del sistema eléctrico, del parabrisas y sondas.
2. Protección antihielo (ANTI ICING): se activa por la tripulación cuando aparecen condiciones de engelamiento. Consiste en un sistema de calefactado, a través del

[10] Como se describe en el apartado 1.18.2, después del evento de Swiftair entraron en vigor nuevos procedimientos de operación en condiciones de engelamiento. Los nuevos procedimientos tenían un nuevo enfoque basado en el comportamiento (*performance*) de la aeronave. La detección de las condiciones de engelamiento severo se realiza, en los nuevos procedimientos, en base al comportamiento de la aeronave: la tripulación debe monitorizar el nivel de energía total de la aeronave, y en vuelo esto se realiza a través del régimen de ascenso y de la velocidad. Por lo tanto, estos parámetros han pasado a ser los primeros parámetros a valorar antes de la observación visual de la formación de hielo.

sistema eléctrico, de las ventanas laterales, de las partes extremas de controles de vuelo y del borde de ataque interior de las palas de las hélices[11].

3. Protección de deshielo (DE ICING): se activa por la tripulación cuando comienza la acumulación de hielo. Consiste en un sistema de inflado y desinflado de botas, a través del sistema neumático, ubicadas en bordes de ataque del ala, del estabilizador horizontal y entradas de aire al motor.

1.6.4. Detección de formación de hielo en la aeronave

Los elementos que detectan la presencia de hielo en la aeronave son dos:

- Un sensor de detección de hielo (*ice detector probe*) localizado bajo la semiala izquierda, que, cuando se produce una acumulación de hielo en él, activa en cabina la luz ámbar de ICING.
- Un sensor de evidencia de engelamiento (*ice evidence probe* IEP), localizado cerca de la ventana izquierda de la cabina de vuelo, que es visible por los dos pilotos. El IEP tiene forma de perfil y en él se facilita la acumulación de hielo, por lo que es el mejor indicador de presencia de hielo en la aeronave. El IEP es el primer lugar donde se acumula el hielo y el último sitio en desaparecer[12].

1.6.5. Vigilancia de las características de la aeronave (sistema APM)

La aeronave cuenta con un sistema denominado APM (*Aircraft Performance Monitoring*) que:

- monitoriza la resistencia aerodinámica de la aeronave en condiciones de engelamiento en relación con la teórica que debería tener según parámetros medidos en vuelo, y
- alerta al piloto si la velocidad disminuye de la velocidad mínima cuando el sistema ha detectado un incremente de resistencia anormal.

El APM se activa en condiciones de engelamiento[13] y presenta tres indicaciones visuales en cabina, por orden de gravedad:

- CRUISE SPEED LOW (azul) "Baja velocidad de crucero": vigila la velocidad en crucero y se ilumina si un incremento anormal de la resistencia induce una reducción de la velocidad de más de 10 kt respecto a la esperada. Las acciones a realizar en este caso son:

[11] La parte exterior se deshiela por efecto de la fuerza centrífuga.

[12] Información incluida en la documentación del fabricante y operador (*FCOM ATR 72 – PROCEDURES AND TECHNIQUES – ADVERSE WEATHER*). El resto del contenido incluido en este apartado 1.6 está extraído de diversa documentación del fabricante y operador.

[13] APM solo funciona si se ha detectado hielo en la aeronave, cuando se ha activado algún sistema de deshielo o cuando se ha activado el sistema antihielo.

- Monitorizar las condiciones de engelamiento y la velocidad.

- DEGRADED PERF (ámbar) "Características aerodinámicas degradadas": se ilumina en crucero o en ascenso si se produce un incremento anormal de la resistencia aerodinámica pero la velocidad se encuentra por encima de la velocidad mínima de engelamiento severo[14]. Este fue el aviso que se encendió en el vuelo del incidente. Las acciones a realizar son:
  - Activar sistemas de deshielo.
  - Mantener la velocidad por encima de la de engelamiento severo.
  - Desconectar el piloto automático.
  - Aplicar, si se confirman las condiciones, el procedimiento de engelamiento severo.
- INCREASE SPEED (ámbar) "Incrementar la velocidad": se ilumina en crucero, ascenso o descenso si se ha producido un incremento anormal de la resistencia aerodinámica y la velocidad indicada IAS es inferior a la velocidad mínima de engelamiento severo. Las acciones a realizar son:
  - Actuar inmediatamente sobre la palanca para recuperar la velocidad.
  - Aplicar el procedimiento de engelamiento severo.

Para que el sistema APM genere estos avisos necesita el dato del peso de la aeronave, que debe ser introducido por la tripulación a través de un selector rotatorio de 12 posiciones. Este selector debe actuarse antes del despegue, después del arranque de los motores, y debe moverse incluso si el valor es el mismo que el del vuelo anterior. El valor del peso condicionará los umbrales de activación de cada aviso. En el vuelo del incidente, el valor introducido al sistema APM no correspondía con el real de la aeronave, sino que era 2 toneladas inferior (ver apartado 1.11.1).

1.6.6. Modos del piloto automático IAS, PITCH y VS

Existen varios modos del piloto automático que se utilizan en la descripción del incidente. Estos son:

- Modo IAS: mantiene la velocidad de la aeronave en el valor que la tripulación define e introduce al sistema como velocidad seleccionada. El piloto automático actuará para mantener siempre esta velocidad, por lo que, en entornos de turbulencia, por ejemplo, podrá producir "cabeceos". Es el modo de vuelo predeterminado para las fases de ascenso y obligatorio en condiciones de engelamiento.
- Modo PITCH: mantiene un ángulo de asiento de la aeronave en el valor que la tripulación define e introduce al sistema como ángulo de asiento seleccionado. El modo PITCH es más "cómodo" para el pasaje, pero deja expuesta a la aeronave

[14] Esta velocidad se define como la velocidad de engelamiento (*red bug*) +10 kt. Ver apartado 1.6.8.

en entornos atmosféricos de turbulencia, por ejemplo. Su uso está estrictamente prohibido en condiciones de engelamiento[15].

- Modo VS: mantiene un régimen de ascenso en el valor que la tripulación define e introduce al sistema como régimen de ascenso seleccionado. Este modo de operación no debe utilizarse en condiciones de engelamiento[16].

1.6.7. Gestión de la potencia

Para facilitar la compresión de la descripción del incidente en el apartado 1.11, se describe de una forma muy general la gestión de la potencia en esta aeronave. La selección de los regímenes de potencia se realiza mediante las palancas de potencia y de condición (situadas en el pedestal) y un selector de gestión de potencia PWR MGT (mediante el cual la tripulación adapta la potencia a cada fase de vuelo y que está situado en el panel central). El flujo de entrada de combustible al motor está condicionado por las posiciones del selector de gestión de potencia (PWR MGT) y de la palanca de potencia.

Con las palancas de condición en AUTO y la palanca de potencia en NOTCH, el gestor de potencia PWR MGT permite seleccionar:

- potencia de despegue TO
- máxima continua MCT
- ascenso CLIMB
- crucero CRZ

La palanca de potencia tiene varias posiciones:

- posición NOTCH, posición en la cual el motor se gestiona a través del PWR MGT.
- posición de máxima potencia MAX PWR, que se utiliza solo en casos de emergencia.
- Otras: reversa, ralentí de tierra, ralentí de aire, *go around* y modo manual.

1.6.8. Velocidad mínima de engelamiento (minimum icing speed o *red bug)*

Como parte de la preparación del vuelo, la tripulación debe identificar una serie de velocidades que, además, son marcadas en el anemómetro mediante indicadores (*bug*).

[15] En el *Manual de Referencia del Piloto* de la compañía Swiftair (PRM Rev. 08), en el punto 3.9 sobre ascenso final (FINAL CLIMB) se establece que, alrededor de nivel FL150 y/o cuando el piloto automático comience a cabecear arriba y abajo, con objeto de incrementar la comodidad, se puede seleccionar el modo básico PITCH HOLD. Como medida de seguridad no se seleccionará más de 4º de ángulo de cabeceo.

[16] *Manual de Operación para la Tripulación de Vuelo* (*Flight Crew Operation Manual* FCOM), capítulo de Procedimientos y técnicas, Meteorología adversa, Procedimientos en condiciones atmosféricas de engelamiento.

Entre ellas se encuentra la velocidad para condiciones de engelamiento[17] que, para el caso del vuelo del incidente era de 149 kt[18] (peso 18 t[19] y flap 0). Esta velocidad se marca con un indicador rojo, por lo que coloquialmente se la conoce como "*red bug*". En una de las fotografías tomadas por el copiloto en vuelo se aprecia que esta velocidad estaba correctamente marcada en el anemómetro.

1.6.9. Unidad limitadora de recorrido del timón de dirección (TLU)

La unidad limitadora de recorrido (TLU *travel limiter unit*) tiene como función restringir el recorrido de los pedales de dirección para prevenir daños que se puedan producir por desplazamiento del timón de dirección a alta velocidad. En actuación automática del TLU, que es la que habitualmente se realiza[20], cuando los computadores de datos de aire detectan 185 kt en aceleración o 180 kt en deceleración, el TLU se posicionará en el modo alta velocidad HI SPD o baja velocidad LO SPD, respectivamente. La posición de alta velocidad restringe el recorrido de los pedales y la posición baja velocidad lo amplía.

En cabina existe un indicador visual que permite comprobar antes del aterrizaje, por ejemplo, que el TLU ha transicionado de la posición de alta velocidad HI SPD que tendrá en vuelo, a la posición de baja velocidad LO SPD que necesitará para el control en tierra.

La comprobación de la posición del TLU (en LO SPD) está incluida en la lista BEFORE LANDING.

1.7. Información meteorológica

1.7.1. Información emitida por AEMET

La información meteorológica emitida por AEMET en el mapa significativo de baja cota de las 20:00 h pronosticaba que el vuelo se iba a desarrollar en una zona con tormentas embebidas en la masa nubosa del frente y en las posteriores líneas de inestabilidad. Además, la precipitación que se estaba registrando en la zona podría estarse produciendo en condiciones de engelamiento dado que la isoterma de cero grados (nivel en el que la temperatura exterior es de 0ºC) se encontraba próximo al nivel de vuelo FL100. Este mapa no fue facilitado a la tripulación ya que el operador no tenía incorporada esta información en sus despachos de vuelo, sino que proporciona a sus tripulaciones información de media-alta cota. En este caso, la información presentada en ambos mapas (baja cota y media-alta cota) era similar.

[17] Esta velocidad es la velocidad mínima de maniobra absoluta siendo la que proporciona el mejor gradiente de ascenso en configuración de flaps 0 y la que proporciona un margen de 1.40 sobre la velocidad de pérdida a 1g.

[18] El fabricante recalculó dicha velocidad para el peso de la aeronave en el momento de la entrada en pérdida teniendo en cuenta el combustible consumido y condiciones de ISA+10 con el resultado de 149,2 kt.

[19] Peso al despegue: 18415 kg. Peso en el momento del incidente: 18195 kg.

[20] Existe la posibilidad de actuar en manual el TLU.

1.7.2. Reporte previo de engelamiento dos horas antes

Dos horas antes del incidente, a las 18:35:33, una aeronave (RAM969C) notificó a la dependencia de control TACC Valencia engelamiento moderado en el punto ASTRO (marcado en la figura 3). Se encontraba a 16500 ft, estaba autorizado a FL190 y solicitó permanecer en FL170 debido a engelamiento. Esta información no era conocida por la aeronave EC-KKQ.

1.7.3. Información meteorológica proporcionada a la tripulación

La información meteorológica sobre engelamiento proporcionada a la tripulación antes del vuelo se encontraba en un mapa de fenómenos significativos de sección vertical y el mapa de tiempo significativo de media-alta cota (FL100-FL450). En estos dos mapas los pronósticos eran:

- Engelamiento y turbulencia moderados a FL150 y superior desde el despegue hasta Castejón (mapa significativo media-alta cota).
- Engelamiento ligero a FL140 desde Alicante hasta 22 NM antes de CATÓN (mapa de sección vertical). Engelamiento moderado a FL140 en NARGO (mapa de sección vertical).

El METAR de las 20:00 (18:00 UTC) que utilizó la tripulación para preparar el despegue, indicaba que en el aeropuerto de Alicante la temperatura era de 28ºC, viento flojo y variable, la visibilidad superior a 10 km y nubosidad escasa a 2000 ft. A la llegada a Madrid se esperaban condiciones CAVOK y 20ºC.

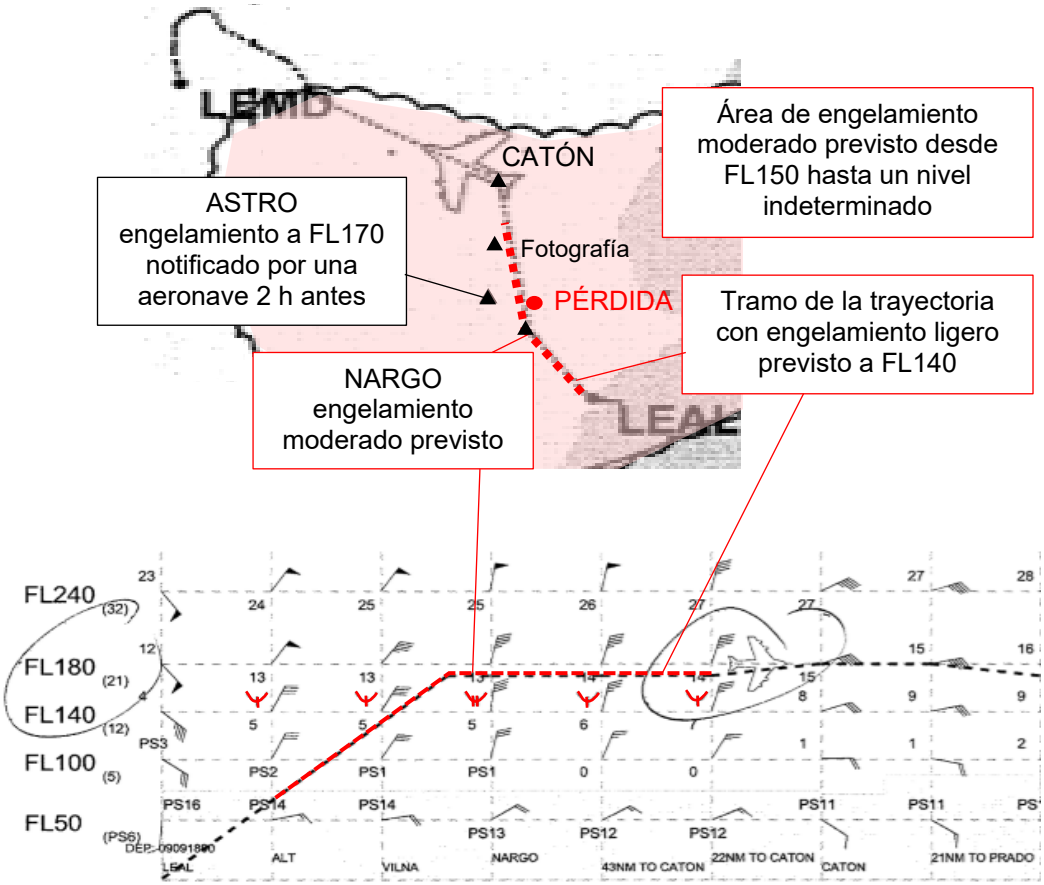

Figura 4. Información sobre engelamiento pronosticado

1.7.4. Fotografías tomadas por la tripulación 8 min después del incidente

La tripulación realizó unas fotografías desde la cabina 8 min (y 27 NM) después de ocurrir el evento (punto marcado en la figura 4). En estas fotografías[21]. se apreciaba:

- Hielo acumulado en los limpiaparabrisas, en los cristales laterales de cabina, en las zonas de unión de las botas del borde de ataque del plano derecho y en los carenados de los actuadores de los flaps.
- Bloque de hielo de unos 5 cm en el sensor de evidencia de engelamiento (IEP).

[21] Las fotografías se tomaron en un nivel inferior al que ocurrió el evento.

Figura 5. Fotografías tomadas por el copiloto

1.7.5. Análisis de AEMET sobre el incidente

El análisis de AEMET sobre el incidente indicó la presencia de un frente que fue desplazándose hacia Baleares a lo largo de la tarde, dejando tras de sí varias líneas de inestabilidad peninsular, afectando al principio a Cataluña y luego a la Comunidad Valenciana con tormentas localmente fuertes de rápido movimiento, para acabar saliendo al mar camino de Baleares. En principio, las imágenes de teledetección (satélite, descargas eléctricas y radar) no presentaron una gran actividad convectiva en el área del incidente, aunque un análisis de las imágenes radar sí daban (sobre todo en el radar de Murcia) precipitación significativa en la zona norte de Alicante.

Se aportaron datos de temperaturas (SAT y TAT) durante el incidente a AEMET con objeto de realizar una valoración y confirmar la presencia de engelamiento severo. La información disponible no permitió realizar este estudio. Las conclusiones de AEMET de este incidente fueron las siguientes:

"Las temperaturas reales (registradas por la aeronave) pudieron haber sido afectadas por procesos muy locales (por ejemplo, evaporación de gotas de agua líquida inestables fruto de la fragmentación de las gotas de agua por el impacto con la aeronave), o bien que el agua recogida en la fase de ascenso se acumulara y congelara localmente en determinadas zonas de la estructura de la aeronave.

En conclusión, aunque el engelamiento esperado en la situación analizada no debiera haber pasado de moderado, fenómenos locales pudieron favorecer la formación de engelamiento severo."

1.8. Ayudas para la navegación

No es de aplicación.

1.9. Comunicaciones

Del vuelo del incidente se han podido recopilar las comunicaciones de la aeronave con las siete dependencias ATC involucradas (TWR Alicante, 1 sector TACC Valencia, 1 sector ACC Madrid, 3 sectores TMA Madrid y TWR Madrid). Durante el despegue y el ascenso hasta un minuto antes de producirse el evento, las comunicaciones con ATC fueron realizadas por el comandante. Todas las posteriores fueron realizadas por el copiloto.

Las comunicaciones entre los pilotos, obtenidas del registrador de voces de cabina (CVR) tienen una duración de 31 min y comienzan a las 20:49:41, cuando la aeronave se encontraba en contacto con ACC Madrid, a 11575 ft, un minuto después de declarar MAYDAY. No se tienen, por lo tanto, las comunicaciones durante el evento.

Las comunicaciones (ATC y del CVR) más relevantes se han integrado con los datos de los registradores (apartado 1.11) para proporcionar una visión más completa del vuelo.

1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto internacional de Madrid-Adolfo Suárez pertenece a la red de aeropuertos nacionales gestionado por la empresa AENA y tiene una elevación de 1998 pies (609 metros). Para su operación está dotado de cuatro pistas paralelas dos a dos (32L/14R, 32R/14L, 36L/18R y 36R/18L). La pista 32R tiene una longitud declarada de 3000 m.

Tras la declaración de MAYDAY a las 20:48 h, se activó en el aeropuerto la alarma local y se iniciaron una serie de gestiones para poner en servicio la pista 32R (que había sido solicitada por la tripulación), que estaba cerrada debido a trabajos de mantenimiento:

- 20:50 h: solicitud de abandono del personal de obra que estaba trabajando en la pista 32R.
- 20:55 h: coordinación para desplazar un tractor.
- 20:55 h: coordinación con el servicio de pista y plataforma para una revisión de pista 32R.
- 21:00 h: personal de obra abandona la pista.
- 21:05 h: finaliza la revisión de pista.
- 21:07 h: aterrizaje de la aeronave EC-KKQ.

- 21:08 h: aeronave abandona pista.
- 21:09 h: aeronave solicita ambulancia.
- 21:09 h: solicitud de la TWR de asistencia del servicio médico de la T4. Por estar ocupado, acude el servicio médico de la T123.
- 21:28 h: servicio médico del aeropuerto acude a la zona.
- 21:33 h: fin de la emergencia.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave contaba con un registrador de datos de vuelo y de voces en cabina[22] que proporcionaron información sobre el vuelo. Como se ha indicado en el apartado 1.9, la información de comunicaciones ATC, de voces en cabina y de datos de vuelo se presenta integrada en este apartado.

El vuelo se presenta según las distintas fases del mismo:

- ascenso en cinco tramos hasta la altitud máxima
- el evento: la pérdida
- vuelo en ruta tras el evento
- descenso inicial hasta los 8500 ft
- aproximación y aterrizaje

En la descripción del vuelo se utilizan los parámetros de ángulo de asiento y ángulo de alabeo como más indicativos de la actitud de la aeronave durante el evento. El criterio de signos es:

- ángulo de alabeo: + alabeo derecho / - alabeo izquierdo
- ángulo de asiento: + morro arriba / - morro abajo

El parámetro del ángulo de ataque se utiliza, únicamente, en los momentos en que debieron actuar los sistemas de protección ante la pérdida: el *stall warning*[23] (SW) y el *stick pusher*[24] (SP), ya que su activación está condicionada por el valor del ángulo de ataque.

[22] Del CVR se pudo obtener información de las comunicaciones en cabina después del evento.
[23] Aviso precursor a la pérdida que produce vibración en la palanca de control.
[24] Actuador automático de la aeronave sobre la palanca de control, empujándola hacia delante para conseguir disminuir el ángulo de ataque, el de cabeceo y, por tanto, aumentar la velocidad.

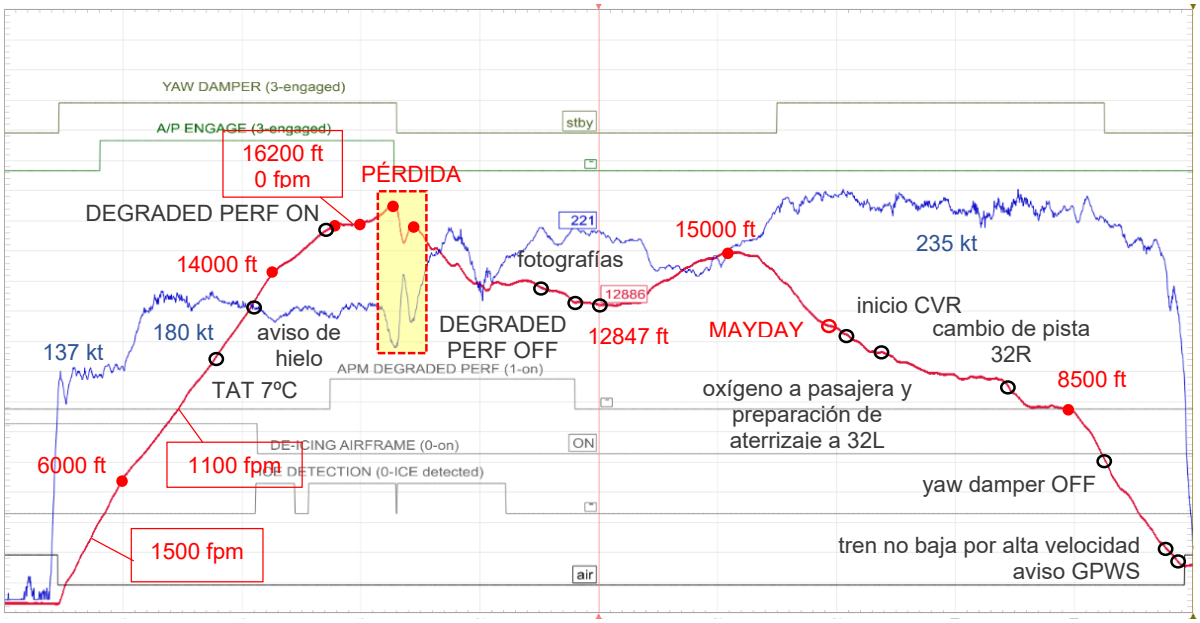

Figura 6. Perfil completo del vuelo

1.11.1. Despegue y ascenso hasta 6000 ft (4 min)

A las 20:08:41, se realizó el despegue desde Alicante con una configuración de flap 15. El peso de la aeronave era de 18 toneladas, pero el valor que introdujo la tripulación a través del selector rotatorio en el APM fue de 16 toneladas.

Esta primera fase de ascenso duró 4 min (hasta las 20:12:24) y se realizó a una velocidad media de 137 kt, con un régimen de ascenso medio de 1500 fpm y con una altitud seleccionada de 6000 ft que, más tarde se modificó a 14000 ft. Tras el despegue se realizó la primera reducción de potencia y el piloto automático fue conectado con los modos de vuelo LNAV y PITCH.

1.11.2. Ascenso desde 6000 ft a 14000 ft (7 min)

Durante siete minutos de vuelo la aeronave ascendió a un régimen medio de 1100 fpm y aumentó su velocidad hasta valores entorno a los 180 kt. En este periodo, ocurrieron los siguientes eventos:

- A las 20:16:16, con la aeronave a 10023 ft y a 180 kt, la temperatura TAT era de 7°C (según la declaración de la tripulación, había nubosidad desde los 6000 ft aproximadamente). Un minuto después, sería transferida a TACC Valencia que le autorizaría a FL170, altitud que la tripulación introdujo como altitud seleccionada.
- A las 20:18:28, la tripulación activó los sistemas antihielo de la aeronave (ANTI ICING ON), que se mantuvieron activados hasta el aterrizaje.
- A las 20:18:56, a 13111 ft, se registró la activación de formación de hielo en la aeronave (luz ICING ON). La TAT era de 2°C y 5 seg después la tripulación activó los sistemas de deshielo (DE ICING ON).

La aeronave alcanzaba 14000 ft a las 20:19:42, con los sistemas de deshielo y antihielo conectados y a 167 kt. Los modos del piloto automático seguían manteniéndose en LNAV y PITCH.

1.11.3. Ascenso desde 14000 ft a 16200 ft (3,5 min)

Durante tres minutos y medio la aeronave continuó con el ascenso, pero a un régimen menor que durante los siete minutos previos: la velocidad vertical disminuyó de 1100 fpm a 500 fpm al final de este tramo. La velocidad se mantuvo entorno a los 170 kt[25]. En estos tres minutos se produjeron tres eventos:

- A las 20:20:58: la desactivación del aviso de formación de hielo en la aeronave (luz ICING OFF).
- A las 20:21:40: la activación de nuevo del aviso de hielo (luz ICING ON) que se mantendría activo 10 min más (hasta las 20:31:54).
- A las 20:22:45: poco antes de alcanzar los 16200 ft se activó el aviso de DEGRADED PERF del sistema APM. La aeronave se encontraba a 16067 ft y 169 kt, 23 seg más tarde la tripulación apagó el MASTER CAUTION que se había encendido como parte del aviso de DEGRADED PERF.

A las 20:23:01 la aeronave alcanzaba 16200 ft a 170 kt. Estaba activo el aviso de performance degradadas del APM DEGRADED PERF y el aviso de acumulación de hielo (luz ICING) en la aeronave.

1.11.4. Mantenimiento de la altura en 16200 ft (1,5 min)

A las 20:23:01 la aeronave alcanzaba 16200 ft y se mantendría durante un minuto y medio (hasta las 20:24:29) a esta altitud sin ser capaz de seguir ascendiendo. La velocidad vertical durante este periodo era de 0 fpm[26] alcanzando incluso valores negativos y la velocidad media era de 176 kt. Durante este tiempo, se produjeron las siguientes actuaciones en cabina:

- A las 20:23:14 se modificó el modo de vuelo de PITCH a IAS, seleccionando una velocidad de 176 kt. El modo LNAV se mantuvo.

1.11.5. Último ascenso desde 16200 ft a 17148 ft (1,5 min) (t=-93 seg[27])

Se produjo un primer tramo (16200 ft a 16700 ft), de 1 min (20:24:30 a 20:25:28) en el que se mantuvo la velocidad alrededor de 174 -176 kt. Para conseguir este ascenso, se realizaron las siguientes actuaciones:

[25] 170 kt es la velocidad de ascenso en condiciones de engelamiento. Esta velocidad se calcula como el mayor valor de 170 kt (velocidad de ascenso) y 159 kt (la velocidad de engelamiento + 10 kt).
[26] La velocidad vertical teórica para las condiciones del vuelo debería haber estado por encima de 600 fpm.
[27] t= 0 seg es la pérdida.

- A las 20:24:30 se modificó la potencia de CLIMB a MCT[28].
- A las 20:24:44 se modificó el modo de vuelo de IAS a VS seleccionando un régimen de ascenso de 500 fpm. La aeronave estaba a 16372 ft y 175 kt.
- A las 20:25:19, la aeronave había ascendido hasta los 16598 ft pero la tripulación inició la modificación del régimen de ascenso aumentándolo de 500 fpm a 1100 fpm[29], coincidiendo esta acción con la solicitud a TACC Valencia de dos niveles más (FL190) para *"librar"* (de las condiciones meteorológicas) y con una nueva altitud seleccionada de 19000 ft. El ángulo de asiento aumentó hasta los 8º.
- A las 20:25:26, se modificó de nuevo la potencia de MCT a CLIMB[30].

El último tramo del ascenso duró medio minuto, se inició a las 20:25:28 (t=-35 seg) y se caracterizó por:

- Una disminución de la velocidad de la aeronave desde los 174 kt hasta los 151 kt que se registraron durante la pérdida.
- A las 20:25:46 (t=-17 seg) la velocidad descendió de los 161 kt.
- Un aumento del ángulo de asiento hasta los 8º, del ángulo de ataque y fluctuaciones en el ángulo de alabeo hacia la izquierda de entre 0 y 5º.
- Variación de la aceleración vertical entre 1 y 0,9 g.

La aeronave consiguió alcanzar su mayor altitud de 17148 ft a las 20:26:03, con una velocidad de 153 kt y un ángulo de asiento de 6º. Seis segundos antes de alcanzar el punto más alto, se inició una modificación de la velocidad vertical, primero a 800 fpm y luego a -200 fpm.

[28] Modificación confirmada por la tripulación en su declaración: palanca de potencia en NOTCH y selector del gestor de potencia (PWR MGT) en MCT.

[29] La velocidad vertical publicada de ascenso en condiciones normales (aeronave en configuración limpia) en condiciones similares de altitud y temperatura está en el entorno de 800 fpm.

[30] Modificación confirmada por la tripulación en su declaración: palanca de potencia en NOTCH y selector del gestor de potencia (PWR MGT) en CLB.

1.11.6. Pérdida (20:26:03 h, t=0 seg)

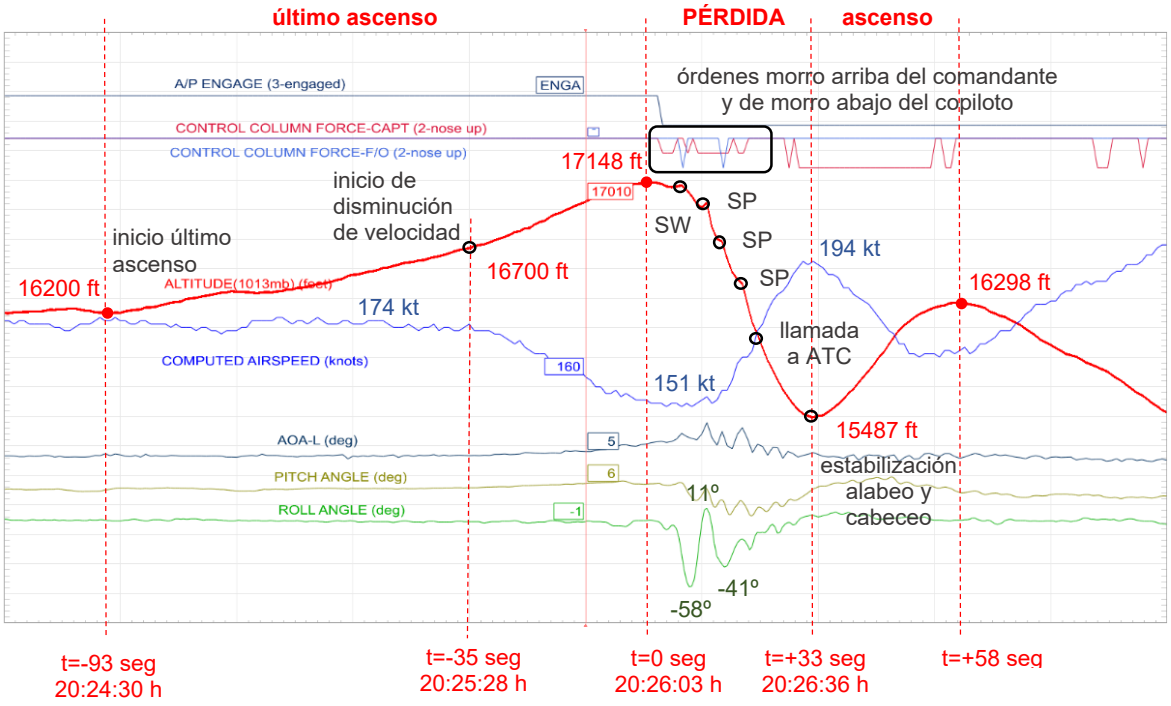

Figura 7. Detalle de la pérdida

Tras haber alcanzado el punto más alto (t=0 seg, 17148 ft, 20:26:03), la aeronave inició un descenso durante el cual quedaron registrados los siguientes eventos:

t=0 seg: (20:26:03) Aeronave en el punto más alto. 17148 ft, 153 kt y ángulo de asiento de 6º y 0º de ángulo de alabeo.

t=+1 seg: La velocidad vertical seleccionada era de -200 fpm.

t=+3 seg: (20:26:06) Primera actuación (de un total de cuatro) sobre el mando del comandante en sentido de "morro arriba" (de más de 10 daN) y desconexión del piloto automático. La aeronave estaba a 17137 ft y 152 kt. Alabeo de -6º y asiento de 6º. Durante 3 seg se mantuvieron las órdenes de "morro arriba".

t=+4 seg: Aeronave a 151 kt, 17119 ft, alabeo de -8º y ángulo de asiento de 5º. Se aplicaron órdenes de alabeo hacia la derecha.

t=+7 seg: El ángulo de ataque alcanzó los 14º debiendo activarse el *stall warning* (SW)[31]. Se registró la actuación del copiloto sobre su mando en sentido "morro abajo" durante 1 seg. Alabeo de -42º, ángulo de asiento de 6º y 151 kt.

[31] El umbral de activación del *stall warning*, según la información del fabricante de la aeronave, para las condiciones de ese momento (sin flap, engelamiento y crucero) es de 11,2º.

t=+8 seg: (20:26:11) 17095 ft, alabeo de -58º, ángulo de asiento de 0º y 152 kt. Se volvió a registrar durante un segundo la segunda orden del comandante de "morro arriba". Se aplicaron órdenes de alabeo hacia la derecha.

t=+10 seg: Tercera actuación (la de mayor duración) sobre el mando del comandante de "morro arriba" durante 7 seg. Aeronave a 16997 ft, 152 kt, -39º de alabeo y -3º de asiento. Desconexión del *yaw damper*.

t= +12 seg: 17003 ft, 154 kt, alabeo de 11º y ángulo de asiento de 2º. El ángulo de ataque alcanzó 19,6º y se activó el stick pusher (SP)[32] por primera vez.

t= +15 seg: 16611 ft, 156 kt, alabeo de -41º y ángulo de asiento de -11º. Se produjeron actuaciones manuales contrarias sobre los mandos: el comandante actuaba en sentido de "morro arriba" mientras que el copiloto durante 1 seg actuaba en sentido "morro abajo". El ángulo de ataque superó los 15º y se activó por segunda vez el *stick pusher*.

t=+19 seg: El ángulo de ataque era de 16,9º y se activó por tercera vez el *stick pusher*.

t= +20 seg: 16293 ft, 166 kt, alabeo de -26º y el máximo ángulo de asiento alcanzado durante el evento: -12º. Finalización de las órdenes de "morro arriba" del comandante.

t= +23 seg: Alabeo de -10º y ángulo de asiento de -9º. El copiloto solicitó descenso inmediato a ATC.

t= +26 seg: Alabeo de -11º, ángulo de asiento de -7º, 15753 ft y 185 kt. Primera actuación del comandante sobre su mando en sentido de "morro abajo".

t=+33 seg: (20:26:36) Fin del descenso y aeronave con planos nivelados. Se encontraban a 15487 ft y 195 kt. Ángulo de asiento 4º y ángulo de alabeo de 5º.

La pérdida total de altitud durante estos 33 seg fue de 1661 ft (3020 fpm) y se registraron valores de aceleración vertical de 1,5 g. La configuración de flaps se mantuvo en 0º durante el suceso. El rumbo de la aeronave pasó de 330º a 298º.

A partir de este momento (t=+33 seg), la aeronave inició un ascenso en el que volvió a perder velocidad:

- Durante este tramo de ascenso se siguieron registrando órdenes del comandante de "morro abajo" a pesar de que la tendencia de la aeronave era a ganar altura al no modificar la compensación e incrementar la potencia de los motores. Durante este ascenso el ángulo de asiento alcanzará los 10º.

[32] El umbral de activación del *stick pusher*, según la información del fabricante, para las condiciones del vuelo (sin flap, engelamiento y crucero) es de 15,3º. Este valor puede disminuir en 3º si la variación del ángulo de ataque alcanza 4,87º/seg.

- t= +58 y +61 seg (20:27:01): fin del ascenso. La aeronave alcanzaba 16298 ft y la velocidad era 166 kt. El ángulo de alabeo era de 0º.

1.11.7. Vuelo en ruta tras el evento

El tramo de ruta se realizó sin el piloto automático y sin el *yaw damper*, ambos desactivados durante la pérdida. En este tramo se produjo un descenso, un tramo nivelado y un ascenso.

En el descenso:

- Inicialmente se solicitó descender hasta FL70, pero se detuvo, a iniciativa de la tripulación, alrededor de los 13000 ft. La mínima altitud alcanzada fue de 12847 ft.
- Se recuperó la velocidad.
- En este descenso todavía se mantenía el aviso de *performance* degradadas (DEG PERFORM ON) y el aviso de acumulación de hielo en el avión (luz ICING ON).
- A las 20:31:54 se desactivó el aviso de hielo (luz ICING OFF).
- A las 20:33:23 el copiloto tomó fotografías (apartado 1.7.4) del avión. En estas fotografías se apreciaba la presencia de hielo en el avión.

La aeronave se estabilizó sobre los 13000 ft a 220 kt de velocidad aproximadamente, coincidiendo con la desactivación del aviso de características degradadas (DEGRADED PERF OFF) a las 20:35:25 y, tras solicitud de ATC, la aeronave volvió a ascender hasta los FL150, disminuyendo la velocidad hasta los 200 kt.

La aeronave alcanzaba FL150 a las 20:43:34, con los avisos de detección de hielo y performance degradadas ya apagados y bajo control de ACC Madrid. Estaban fuera de nubes, pero mantenían los sistemas antihielo y de deshielo activados.

1.11.8. Descenso inicial hasta los 8500 ft

El descenso desde FL150 hasta los 8500 ft se produjo sin piloto automático, pero con el *yaw damper* activado de nuevo. El descenso se caracterizó por un aumento de la velocidad hasta una media de 235 kt, manteniéndose en torno a este valor hasta prácticamente la toma de contacto en pista.

En este tramo se produjeron los siguientes eventos:

- A las 20:44:51, al minuto de iniciar el descenso, se inició un incremento en la variación de la aceleración vertical que se mantuvo hasta el aterrizaje. Los máximos valores fueron de 0.21 g y 1.53 g alrededor de los 9700 ft. Estas aceleraciones no llevaron asociados movimientos del elevador.

- Tres minutos más tarde, debido a la vibración, la tripulación informó a ATC que no terminaban de solucionar el problema.
- Un minuto después, a las 20:48:26 declararon MAYDAY por problemas de control de mandos. La aeronave estaba en descenso, a 12074 ft y a 244 kt.

A las 20:49:43, con la aeronave a 11571 ft y a 244 kt, se inició la grabación del CVR. En cabina se encontraban tres personas: el comandante, el copiloto y una tercera persona (un comandante de Air Europa que viajaba como pasajero y que había entrado a la cabina de pilotos a petición del comandante después del suceso). Debido a su presencia, el comandante se quitó los cascos, probablemente para facilitar la comunicación con él, ya que participó en las conversaciones de cabina durante el resto del vuelo. Las comunicaciones en cabina desde este momento hasta alcanzar 8500 ft mostraron:

- Conversaciones en varios momentos del descenso sobre la vibración de la aeronave. De hecho, el copiloto llegó a preguntar si estaban los flaps bien recogidos y fue el motivo por el que preguntaron a ATC si tenían algún reporte de turbulencia en la zona.
- Preocupación sobre el comportamiento cuando tuviesen que sacar el flap para el aterrizaje y decisión de realizar este sin flap.
- A las 20:51:26, con la aeronave en descenso a 10896 ft y 236 kt, el sobrecargo entró en cabina para informar que iba a aplicar oxígeno a un pasajero. Esta comunicación no incluyó la petición de una ambulancia.
- A las 20:55:43, el comandante ya había decidido que aterrizaría sin flap y se escuchó al copiloto preparar la maniobra para la pista 32L sin flap, confirmando que la velocidad era de 130 kt, 5 kt menor que la correcta[33].
- A las 20:52:14, a 9191 ft, ATC les informaba que habían gestionado la 32R para ellos.
- A las 20:58:46 ATC solicitó reducción de la velocidad a 220 kt. La aeronave estaba a 8731 ft volando a 240 kt.

El comandante era el piloto a los mandos y el copiloto llevaba todas las comunicaciones con ATC.

1.11.9. Aproximación y aterrizaje

A 8544 ft (21:01:04), el copiloto confirmó tener la pista a la vista. La aeronave se encontraba a 234 kt, a 20 NM de la pista, pero todavía desviados hacia la derecha del localizador. Un minuto después el copiloto pidió confirmación de nuevo al comandante del aterrizaje con flap 0.

[33] La velocidad de aterrizaje sin flap para el peso de 18 toneladas es de 135 kt.

A 7282 ft (21:02:23), la velocidad de la aeronave era de 230 kt y se produjeron las siguientes conversaciones en cabina:

- El comandante informó que aterrizaría por encima de 130 kt y que *"si ocurre algo raro, meteré potencia"*.
- El copiloto pidió confirmación sobre cómo actuar con el flap en caso de "*go around*", a lo que el comandante contestó que "*go around ni te pienses, hay que aterrizar*".

El comandante decidió aterrizar sin *yaw damper*[34], por lo que a los 6351 ft solicitó al copiloto que desconectase este sistema.

A los 6000 ft, el comandante vio algo en la pista, pero rechazó el ofrecimiento del copiloto de preguntar a ATC sobre ello. Se trataba de dos vehículos del SPP que estaban realizando la revisión de pista y que, efectivamente, todavía se encontraban en ella. Al mismo tiempo el controlador de aproximación les informaba que, según la presentación radar, el aterrizaje se iba a realizar por delante del PAPI. El copiloto indicaba que iban un poco por debajo de la senda y el comandante recordó la actuación sobre el tren: "*El tren hay que sacarlo. Que no se nos olvide ¿eh?*".

A las 21:04:41, la aeronave era transferida al controlador de TWR. Se encontraban en la milla 7 pero todavía a la derecha del localizador. El copiloto en la primera comunicación con esta dependencia informaba que iban en MAYDAY, que no tenían posibilidad de "*hacer un go around*" y que necesitaban confirmación de autorización de aterrizaje, a la vista de que la pista parecía estar ocupada.

En la milla 6, a 1736 ft de radioaltímetro[35] (21:05:00), la aeronave interceptó el localizador.

Finalmente, los dos vehículos del servicio de pista y plataforma abandonaron la pista y a las 21:05:35, con la aeronave a 1276 ft, a 216 kt y descendiendo a 1200 fpm, en la milla 4 recibieron la autorización para el aterrizaje en la pista 32R.

La aeronave continuó el descenso hasta que el comandante ordenaba la bajada del tren a los 840 ft a 3 NM de la pista, a las 21:06:00. Respecto a la bajada del tren se produjo:

- Previamente el copiloto había advertido al comandante en tres ocasiones sobre la excesiva velocidad que llevaban para bajar el tren: "*cuidado, velocidad para bajar el tren", "velocidad", "es 170 eh?*". La aeronave se encontraba volando a 213 kt.

[34] La desconexión del *yaw damper* en aproximación final no se encuentra dentro de los procedimientos normales de ATR. Sin embargo, es una técnica habitual entre los pilotos de ATR, y se justifica en que la necesidad de utilizar los pedales de dirección para compensar la componente de viento al aterrizaje puede provocar la desconexión automática del *yaw damper*, lo que causaría una posible desestabilización de la maniobra.

[35] A partir de este momento en la descripción del vuelo se utiliza la referencia del radioaltímetro.

- A pesar de las advertencias, a las 21:06:00 el comandante verbalizaba "*tren abajo*" y se registró la modificación de la palanca del tren. La aeronave estaba a 840 ft pero la velocidad era de 204 kt, por encima de la recomendada, iniciándose una secuencia de cuatro avisos acústicos en cabina por este motivo. El copiloto increpó al comandante que, en este momento se dio cuenta de la velocidad "*es verdad, la velocidad*" y realizó una reducción rápida.
- A las 21:06:22, a 539 ft, el comandante volvió a dar la orden de bajar el tren. La velocidad estaba por debajo de la recomendada para extender el tren (en torno a 170 kt) y el tren se extendió, confirmando el copiloto "*tren abajo, tren abajo, tres verdes*".

A los 340 ft (21:06:35) el copiloto acababa de confirmar que el tren estaba abajo y mencionaba el término "*velocidad*" al comandante ya que la velocidad había aumentado otra vez: 183 kt y un régimen de -1000 fpm.

A las 21:06:41, 23 segundos antes del aterrizaje, a 216 ft, 177 kt y -1100 fpm, el sobrecargo hizo el anuncio al pasaje sobre el aterrizaje y la necesidad de utilizar los cinturones de seguridad. Al mismo tiempo se inició una secuencia de cinco avisos de "TOO LOW, TERRAIN"[36] del EGPWS que finalizó a los 37 ft con la aeronave a 160 kt y descendiendo a un régimen de -700 fpm.

A las 21:07:00 la aeronave hizo contacto con la pista a 140 kt, a 750 m del umbral de la pista[37]. Durante la deceleración en la pista el comandante detectó un problema con los pedales "*no van los pedales, el pedal izquierdo, están agarrotados*". El copiloto le preguntó si podía librar o pedía ayuda. En este momento habían decelerado hasta 17 kt y el comandante contestó que no. Tres segundos después comunicaban "*pista libre*" a TWR (21:08:22) y el controlador les preguntaba si necesitaban asistencia, contestando negativamente.

Un minuto después, a las 21:09:24, ya en rodadura, el sobrecargo entró en cabina y solicitó una ambulancia, petición que fue transmitida por el copiloto a TWR.

A las 21:14:04 la aeronave se detuvo. A las 21:14:43 el sobrecargo indicaba al pasaje que se sentasen para dejar salir primero al pasajero que necesitaba asistencia médica a la vez que el comandante indicaba por megafonía a la tripulación de cabina de pasajeros que abriesen las puertas. El auxiliar de vuelo tuvo que volver a hacer un nuevo anuncio más tarde solicitando al pasaje que permaneciesen sentados hasta que llegasen las ambulancias.

[36] Aviso relacionado con el modo 4B del GPWS que indica una condición insegura de la aeronave próxima al terreno. En concreto, este aviso se produjo por descender la aeronave de los 245 ft de radioaltímetro a una velocidad superior a los 149 kt (la aeronave los cruzó a 178 kt) con el tren bajado pero sin la configuración de flaps de aterrizaje.

[37] La pista 32R tiene 3000 m de distancia disponible para el aterrizaje.

1.11.10. Avisos del sistema APM

Como se indicaba en el apartado 1.6.5, el sistema APM genera tres avisos de alerta a la tripulación utilizando como valor de referencia el peso de la aeronave al despegue.

En este caso, el valor del peso selectado en el APM era de 16 toneladas, mientras que el peso real era de 18 toneladas. Los umbrales de activación[38] del aviso INCREASE SPEED para estos pesos eran:

- 150 kt para el peso introducido en el APM en el vuelo del incidente. Esta velocidad no se alcanzó en ningún momento del vuelo motivo por el cual no se activó este aviso.
- 161 kt para el peso que debería haber tenido el APM. Esta velocidad se alcanzó 17 seg antes de iniciarse la pérdida.

El aviso de DEGRADED PERF se activó a las 20:22:45 cuando el incremento de resistencia aerodinámica superó en un 28% a la teórica. Desde ese momento siguió aumentando hasta alcanzar incrementos de un 50% durante el evento.

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

No aplica.

1.13. Información médica y patológica

No aplica.

1.14. Incendio

No aplica.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Los aspectos relativos a la supervivencia de interés en este incidente son dos:

- La solicitud del servicio médico, y
- el funcionamiento de las botellas de oxígeno.

Según la información obtenida de las comunicaciones durante el vuelo, la aplicación del oxígeno a uno de los pasajeros se realizó a las 20:51:26. El aterrizaje se realizó a las 21:07:04 y la necesidad de una ambulancia fue transmitida por el sobrecargo a la tripulación a las 21:09:24. A partir de este momento se iniciaron las gestiones para que

[38] El sistema se activa cuando se alcanza la velocidad de engelamiento + 10 kt + 2 kt, es decir, aumenta la velocidad de engelamiento severo en 2 kt.

el servicio médico acudiese a la aeronave. Según los registros del aeropuerto, este llegó a las 21:28. El pasajero fue atendido y no necesitó atención médica adicional.

La información proporcionada por la tripulación de cabina muestra que surgieron problemas durante la aplicación de oxígeno a uno de los pasajeros: una de las botellas tuvo que ser rechazada y en la utilización de la otra, la máscara no pudo ser utilizada, realizando finalmente la aplicación del oxígeno acercando el tubo directamente a las fosas nasales.

Según las pruebas realizadas por el operador, la bolsa de la máscara tarda en comenzar a desplegarse 1,5-2 min. En su opinión es posible que este tiempo de actuación fuese identificado por la tripulación como un mal funcionamiento del sistema.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Declaración del comandante

Además de la declaración escrita, se realizó una entrevista al comandante. En ella aportó la siguiente información[39] respecto al despegue y ascenso:

- Era el cuarto y último salto del día.
- La previsión de la información meteorológica era de engelamiento moderado. La capa de nubes que se encontraron era estable y el radar no indicaba nada. Indicó que pensaba que el equipo radar funcionaba adecuadamente, ya que el test realizado previo al vuelo fue correcto.
- Despegaron con nubes y claros.
- Desde los 6000 ft aproximadamente entraron en nubes, pero sin turbulencia.
- Subieron en modo PITCH que, aunque no es procedimiento, se vuela mucho en este modo. Tiene la ventaja de que la actitud es constante, no como en el modo SPEED[40] que varía la posición de morro y para el pasaje es menos cómodo. El procedimiento es subir en modo SPEED.
- Había luz diurna. No sol, pero sí luz.

Respecto al evento:

- Comentó que estaban en ascenso, en nubes, pero que veían el final de la capa de nubes y que, el motivo de solicitar FL190 fue ese: sobrepasar la capa de nubes, porque veían el final de las mismas. Este fue también el motivo de seleccionar máxima potencia (MCT en el PWR MGT).

[39] No se transcribe íntegramente la entrevista. Se aportan solo los datos de interés a la investigación.
[40] Modo SPEED no existe en los manuales con ese nombre: se refiere al modo IAS, que es el término utilizado en los manuales.

- Respecto a la acumulación de hielo, nunca pensó que entraría en pérdida. Iban pendientes del hielo porque sabían que iban cargando hielo, pero la cantidad que veían en los cristales no era indicativa de engelamiento severo. Había tenido una experiencia previa de engelamiento severo con una aeronave pequeña y se le llenó todo el cristal de hielo, por eso lo que tuvieron en este vuelo, no le parecía que fuese engelamiento severo.
- Cuando ocurrió la pérdida *sonó el stick shaker*[41] y vibró todo el avión. El copiloto, que hasta ese momento había sido el piloto a los mandos, le cedió el control.
- Para recuperar el control del avión avanzó la palanca de potencia a RAMP[42], ya que da un torque adicional (hasta un 115%).
- No realizó el procedimiento establecido de recuperación de pérdida[43] porque el avión estaba recuperado enseguida. No sacó flap 15 porque no lo consideró necesario. Comentó que el procedimiento demanda extender flap a 15º pero no indica la limitación de los mismos por sobrevelocidad (186 kts).
- La señal de asegurar los cinturones no estaba conectada porque la capa de nubes era estable.

Respecto al DEGRADED PERF indicó que:

- Desconfiaba de los avisos ya que se encendían fácilmente en bastantes aviones.
- El aviso de ICE DETECT a veces se activaba solo con humedad, sin que se estuviese acumulando hielo.

Respecto al vuelo después del incidente:

- Llevó él el avión hasta Barajas sin piloto automático.
- Notaba que vibraba de forma cíclica y progresiva, por lo que pidieron a ATC reportes de turbulencia en la zona.
- Mantuvieron alta velocidad hasta corta final.
- Al llegar al estacionamiento bajó a buscar restos de engelamiento o daños en la cola, planos o fuselaje. No encontró nada.
- Mantenimiento le dijo que el TLU estaba roto.

Un piloto que viajaba como pasajero entró en la cabina después del evento y le confirmó que había hielo en los *fairings del flap*. Respecto a la pregunta sobre la coordinación con la cabina de pasaje, indicó que comunicó dos veces con la tripulación de cabina tras el evento.

[41] *Stick shaker* no existe con ese nombre en los manuales: se refiere al *stall warning*, que es un aviso precursor a la pérdida que produce vibración en la palanca de control.

[42] Esta posición corresponde a la descrita en el apartado 1.11.6 como MAX PWR y que solo se debe usar en caso de emergencia.

[43] El procedimiento de recuperación de pérdida indica seleccionar flap15.

1.16.2. Declaración del copiloto

Se realizó una entrevista al copiloto. En ella aportó información coincidente con el comandante y además los siguientes datos:

- Estuvo vigilando el hielo acumulado durante el ascenso, pero no le sorprendió especialmente la cantidad que iban cargando.
- Quitaron los cinturones a partir de FL110. Los cinturones iban quitados en el momento del evento.
- La *red bug* estaba en 140[44], tenían unos 30 kt de margen de velocidad.
- Subieron en modo PITCH.
- Cuando estaban alcanzando FL170 el comandante dijo que estaban muy cerca del techo de nubes y que era mejor librarlas por arriba, que solicitase FL190 para salir de las nubes. El comandante cambió a MCT.
- En cuestión de 20-25 seg la situación empeoró y vio que el hielo había incrementado mucho: en los cristales laterales y en los limpiacristales había hielo.
- Se encendió el aviso de DEGRADED PERF y el avión empezó a vibrar.

Sobre el evento:

- Estaba seguro que se activó el *stick shaker*. Una vez activado, puso la palanca hacia delante y pasó los mandos al comandante.
- La velocidad nunca estuvo por debajo de *red bug*.
- El comandante no quiso extender flaps por si estuviesen bloqueados por el hielo y empeoraba la situación.
- Los mandos seguían vibrando. Él insistió el descender.

Sobre el vuelo después del evento:

- Para el aterrizaje, el comandante no quiso extender el flap siguiendo el mismo criterio de no arriesgarse a empeorar la situación extendiendo los flaps. El piloto que viajaba como pasajero y que estaba en cabina también estuvo de acuerdo.
- El aviso de DEGRADED PERF estuvo activo durante todo el vuelo. No realizaron el procedimiento y el comandante explicó que esta operación no era estándar y que se iban a centrar en volar el avión, sin usar el QRH ni calcular la distancia de aterrizaje.
- Confió en la experiencia del comandante, aunque él no se sentía cómodo, porque no es eso lo que entrenan.

[44] Aunque en la entrevista indicó que la *red bug* era de 140 kt, la referencia en el anemómetro estaba colocada correctamente en 149 kt, que es la velocidad de engelamiento para el peso de 18 toneladas.

- El sobrecargo solicitó que el comandante hiciese un anuncio para tranquilizar al pasaje tras el evento.

1.16.3. Declaración del sobrecargo

Se realizó una entrevista al sobrecargo. La información que proporcionó fue la siguiente:

- Llevaba trabajando para Swiftair desde julio de 2017.
- Iba sentado, como sobrecargo en la parte trasera del avión.
- El auxiliar de vuelo iba en la parte delantera.
- El comandante no les informó sobre ninguna condición especial meteorológica esperable para el vuelo.
- Los cinturones estaban apagados desde FL100 en que empezaron el servicio.
- El servicio constaba de un carro pequeño y un cajón que desplazaban de delante hacia atrás.

Respecto al evento:

- Al empezar el servicio a bordo, notaron vibraciones en la parte trasera. En la cola notaron una vibración "*como seca o dura*" diferente a cualquier otra.
- Lo siguiente que notaron fue un ruido similar a algo que tropezaba con las hélices. El sonido era similar a "*tacataca*"[45] y se produjo en el lado izquierdo nada más. En este momento, todo el mundo miró hacia el motor.
- Después, el avión dio un "*bandazo*", un viraje fuerte hacia la izquierda y se produjo la caída del avión.
- Desde atrás se notaba más la aceleración.
- Se fueron hacia atrás y se ataron, ya que el avión tenía subidas y bajadas repentinas. El auxiliar de vuelo se sentó en la fila 17 y el sobrecargo en el trasportín trasero.

Después del evento:

- Un pasajero de la tercera fila llamó su atención desde su sitio para que atendiesen a su mujer que decía tener antecedentes de infarto. Tenía síntomas de sudoración, manos frías y boca desencajada. Pensaron que se trataba de un ataque de nervios.
- Preguntó por megafonía si había algún médico a bordo con resultado negativo.
- Intentaron relajarla y, como no lo conseguían, decidieron aplicarle oxígeno.

[45] Describe el sonido que se reproduce sobre unas placas de refuerzo, situadas en el fuselaje a ambos lados de las hélices, cuando los fragmentos de hielo que se desprenden de las hélices por efecto de la fuerza centrífuga impactan contra ellas.

Comunicación con cabina de pilotos y aplicación de oxígeno:

- Durante la atención al pasajero recibió una llamada del comandante para informarle que habían tenido hielo pero que ya estaba todo controlado. Aprovechando esta llamada, informó al comandante que tenían una emergencia médica.
- Cuando estaba aplicando el oxígeno al pasajero, comprobó que había todavía hielo en las alas, "*estaba todo brillante*" y llamó al comandante para decírselo.
- El comandante le pidió que comprobase las botas y que, además, solicitase al piloto que volaba como pasajero que revisase él los planos y las botas. Lo hizo y comprobó que había grandes bloques de hielo en las botas, y que el plano izquierdo tenía más hielo que el derecho.
- Volvió a llamar por segunda vez al comandante y le informó sobre lo que había visto. Además, solicitó que pidiesen una ambulancia. En esta conversación el comandante pidió que entrase a cabina el piloto que volaba como pasajero.
- Además del pasajero que necesitaba oxígeno, había dos personas vomitando y una chica de unos 13-14 años con un ataque de ansiedad.
- Tuvo problemas con las botellas de oxígeno:
    - Para aplicar el oxígeno cogió la botella del auxiliar de vuelo (situada en la parte delantera), pero salía muy lentamente. Decidió coger su botella (situada en la parte trasera), y de esta sí salía oxígeno.
    - La máscara tampoco funcionó porque no se hinchaba así que decidió aplicarle oxígeno, pero como a los bebés, colocando la salida del tubo cerca de la nariz hasta el aterrizaje. El pasajero mejoró un poco.
    - Habían hecho las comprobaciones antes del vuelo y estaban cargadas.

En el aterrizaje:

- No hubo ningún aviso de los pilotos sobre dónde ni cuándo iban a aterrizar.
- Tampoco hubo ningún anuncio al pasaje sobre lo ocurrido.
- En un momento dado, las luces de cinturones se encendieron.
- De hecho, cuando escuchó que bajaban el tren le sorprendió. El aterrizaje se realizó sin tener completamente preparada la cabina ya que no habían recibido ningún aviso.
- No hubo llamadas de descenso ni de aterrizaje.
- Cuando aterrizaron, le llamó la atención que no estuviese la ambulancia esperando. La ambulancia llegó más tarde.
- La ambulancia se llevó a la pasajera, que no requirió ninguna acción médica posterior.
- Cuando bajaron del avión, se fijó y no pudo observar nada de hielo en la aeronave.

- En los cursos de formación no les enseñan imágenes sobre referencias de hielo[46].

1.16.4. Declaración del auxiliar de vuelo

Se entrevistó al auxiliar de vuelo. Proporcionó información similar a la del sobrecargo, por lo que solo se incluyen aquí los datos nuevos de interés:

- Oyó un sonido "*como de una trituradora*" que venía de los motores de los dos lados, aunque se oía más del izquierdo. El avión sonaba entre la cola y la fila 16.
- El avión empezó a temblar por la zona de atrás y se inclinó a la izquierda y luego a la derecha. Cayó como un hacha. El pasaje gritó cuando el avión cayó.
- Vio los planos y estaban congelados, "*como si abres un congelador*". Las botas y los flaps también estaba congelados. El hielo era de color blanco.
- El piloto que volaba de pasajero le dijo "*tenéis hielo en los planos*".
- Les pilló de pie, pero no se golpearon con nada. No se cayó nada de la cabina de pasaje.
- La única comunicación del comandante al pasaje fue cuando aterrizaron, nada durante la emergencia.
- Se repartieron la atención al pasaje: él se quedó aplicando el oxígeno al pasajero y el sobrecargo al resto de personas. Una de las botellas no funcionó y tuvieron que coger la otra.
- Los pilotos no les preguntaron cómo iba la emergencia médica. Se sorprendió cuando vio que la ambulancia no estaba esperando.
- En la formación les enseñan los tipos de hielo, los procedimientos de botas, informar a la cabina de vuelo y les enseñan fotos.

1.16.5. Acciones de mantenimiento tras el evento

Los pilotos indicaron que el TLU no tenía el recorrido completo. Quedó asimismo registrado, un fallo del TLU (TLU FAULT) en el informe posterior del vuelo. En consecuencia, se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema y se enviaron elementos del TLU (uno de los computadores de datos de aire, la unidad de centrado y el actuador de trimado) a un taller para su revisión. Los resultados de la inspección detectaron algunos defectos en el computador de datos de aire y en el actuador de trimado pero, aparentemente, sin posibles consecuencias sobre el bloqueo de los pedales reportado por los pilotos. Según la información proporcionada por el operador, el avión EC-KKQ no volvió a tener problemas de bloqueo con el timón de dirección después del incidente.

[46] Según la información del operador, durante la formación de los TCPs se ofrecen imágenes sobre hielo y su formación.

1.17. Información sobre organización y gestión

1.17.1. Procedimiento entrando en condiciones de engelamiento

E) PROCEDURES IN ATMOSPHERIC ICING CONDITIONS

During operations with AP ON during climb and descent, vertical speed mode should not be used unless the airspeed is carefully monitored.
The suggested procedure is to use IAS mode with a speed selected which is equal to or greater than the appropriate minimum speed (VmLB or VmHB in accordance with the BANK selection on the autopilot).

CAUTION : Close attention should be paid to the appearance of an AILERON MISTRIM message flashing on the ADU: if the message appears, apply the AILERON MISTRIM procedure.

Note : Permanent heating (Probes/windshield) is Always selected ON.

▷ **ENTERING ICING CONDITIONS**

- ANTI ICING (PROP - HORNS - SIDE WINDOWS) . . . . . ON

R *Note : horns anti icing selection triggers the illumination of the "ICING AOA" green light, and lowers the AOA stall warning threshold.*

- MODE SEL . . . . . Confirm AUTO

R
- MINIMUM Maneuver/Operating ICING SPEED . . BUGGED and OBSERVED

- ICE ACCRETION . . . . . MONITOR

Note : 1.These procedures are applicable TO ALL FLIGHT PHASES including take off.

1.17.2. Procedimiento cuando haya indicación visual de acumulación de hielo

▷ **AT FIRST VISUAL INDICATION OF ICE ACCRETION, AND**

R **AS LONG AS ATMOSPHERIC ICING CONDITIONS EXIST**

R
- ANTI ICING (PROP - HORNS - SIDE WINDOWS) . . . . . Confirm ON

R
- MODE SEL . . . . . Confirm AUTO

R
- ENG DE ICING . . . . . ON

- AIRFRAME DE ICING . . . . . ON

R
- MINIMUM Maneuver/Operating ICING SPEED . . BUGGED and OBSERVED

- BE ALERT TO SEVERE ICING DETECTION.
  In case of severe icing, refer to 2.04.05.

1.17.3. Procedimiento cuando se abandonan condiciones de engelamiento

▷ **WHEN LEAVING ICING CONDITIONS**

R DE ICING and ANTI ICING may be switched OFF.

Note : Leaving DE ICING in operation UNNECESSARILY is detrimental to boots life.

The DE ICING blue light on memo panel will blink if deicers are still ON more than 5 minutes after ice detector has stopped to signal ice accretion (ICING amber light OFF).

1.17.4. Procedimiento cuando la aeronave está libre de hielo

R ▷ **WHEN THE AIRCRAFT IS VISUALLY VERIFIED CLEAR OF ICE**

R ICING AOA caption may be cancelled and normal speeds may be used.

R *Note : Experience has shown that the last part to clear is the ice evidence probe. As*
R *long as this condition is not reached, the icing speeds must be observed and the*
R *ICING AOA caption must not be cancelled.*

1.17.5. Procedimiento de emergencia en caso de engelamiento severo (SEVERE ICING)

SEVERE ICING

MINIMUM ICING SPEED	INCREASE by 10 kt
PWR MGT	MCT
CL 1 + 2	100% OVRD
PL 1 +2	NOTCH
AP (if engaged)	FIRMLY HOLD CONTROL WHEEL and DISENGAGE
SEVERE ICING CONDITIONS	ESCAPE
ATC	NOTIFY

- **If an unusual roll response or uncommanded roll control movement is observed :**
  Push firmly on the control wheel
  FLAPS . . . . . EXTEND 15
- **If the flaps are extended, do not retract them until the airframe is clear of ice.**
- **For approach, if the aircraft is not clear of ice :**
  GPWS . . . . . FLAP OVRD
  STEEP SLOPE APPROACH (≥4.5°) . . . . . PROHIBITED
  APP/LDG CONF . . . . . MAINTAIN FLAPS 15
  APP SPEED . . . . . "REDUCED FLAPS 15 LDG icing speeds" + 5 kt
  Multiply landing distance FLAPS 30 by 2.12

DETECTION

Visual cue identifying severe icing is characterized by ice covering all or a substantial part of the unheated portion of either side window

and / or

Unexpected decrease in speed or rate of climb

and / or

The following secondary indications :

. Water splashing and streaming on the windshield
. Unusually extensive ice accreted on the airframe in areas not normally observed to collect ice
. Accumulation of ice on the lower surface of the wing aft of the protected areas
. Accumulation of ice on propeller spinner farther aft than normally observed

The following weather conditions may be conducive to severe in-flight icing :

. Visible rain at temperatures close to 0°C ambient air temperature (SAT)
. Droplets that splash or splatter on impact at temperatures close to 0°C ambient air temperature (SAT)

COMMENTS

- Since the autopilot may mask tactile cues that indicate adverse changes in handling characteristics, use of the autopilot is prohibited when the severe icing defined above exists, or when unusual lateral trim requirements or autopilot trim warnings are encountered while the airplane is in icing conditions.
- Due to the limited volume of atmosphere where icing conditions usually exists, it is possible to exit those conditions either :
  . by climbing 2000 or 3000 ft, or
  . if terrain clearance allows, by descending into a layer of air temperature above freezing, or
  . by changing course based on information provided by ATC.

1.17.6. Procedimiento anormal en caso de características degradadas (DEGRADED PERF)

DEGRADED PERF

Mainly appears in level flight after CRUISE SPEED LOW or in climb, to inform the crew that an abnormal drag increase induces a speed decrease or a loss of rate of climb

The most probable reason is an abnormal ice accretion

AIRFRAME DE-ICING ..... CHECK ON
IAS above ICING BUG + 10 KT ..... MONITOR
AP (if engaged) ..... HOLD FIRMLY CONTROL WHEEL and DISENGAGE

■ **If SEVERE ICING conditions confirmed**
– or –
■ **If impossibility to maintain IAS above ICING BUG + 10 KT in level flight**
– or –
■ **If abnormal aircraft handling feeling**

SEVERE ICING procedure (1.14) ..... APPLY

■ **If normal conditions**

SCHEDULED FLIGHT ..... CONTINUE
ICING CONDITIONS and SPEED ..... MONITOR

Note: In case of APM messages "DEGRADED-PERF" or "INCREASE-SPEED" Vmin OPS automatically increased by 10 kt.

1.17.7. Procedimiento de recuperación después de la pérdida (RECOVERY AFTER STALL)

RECOVERY AFTER STALL or ABNORMAL ROLL CONTROL

CONTROL WHEEL ..... PUSH FIRMLY

■ **If flaps 0° configuration**

FLAPS ..... 15°
PWR MGT ..... MCT
CL 1 + 2 ..... 100% OVRD
PL 1 + 2 ..... NOTCH
ATC ..... NOTIFY

■ **If flaps are extended**

PWR MGT ..... MCT
CL 1 + 2 ..... 100% OVRD
PL 1 + 2 ..... NOTCH
ATC ..... NOTIFY

Note: this procedure is applicable regardless the LDG GEAR position is (DOWN or UP)

1.17.8. Extractos del Manual de operaciones *de SWIFTAIR*

El *Manual de operaciones* de Swiftair establece las siguientes pautas para realizar aproximaciones:

- En todas las aproximaciones se darán los avisos reglamentarios o "Call out´s" para cada tipo de aproximación, tanto si se están en VMC o IMC (MO parte A, sección 8/3).
- Durante la aproximación se deberá mantener la velocidad correcta con la mayor precisión posible y las tolerancias en las velocidades no deben exceder a las permitidas (MO parte A, sección 8/3).
- Aproximación estabilizada: a fin de lograr una aproximación final y un aterrizaje seguro es necesario estar en una aproximación estable a 1000 ft en IMC y a 500 ft en VMC. Se define como aproximación estable (MO parte A, sección 8/3)[47]:
  - La velocidad está entre Vref y Vref+20kt.
  - El régimen de descenso máximo debe ser de -1000 fpm.
  - Todas las listas de comprobación deben estar leídas.
- Existen una serie de *Call out´s* para indicar desvíos en determinados parámetros:
  - "Speed" para desvíos en la IAS de +10kt
  - "Glide slope" para desvíos de medio punto en la senda.
  - "Stabilized" para aproximaciones no estabilizadas a los 1000 ft (IMC) o 500 ft (VMC).

Respecto a los procedimientos para antes del despegue, descenso, y aproximación ILS:

- Antes del despegue:
  - Se debe introducir el peso para el sistema APM en este momento.
- Descenso:
  - Debe avisarse a la tripulación de cabina del inicio del descenso.
  - Se debe hacer la lista de comprobación de descenso.
  - A FL100, encender luz de cinturones.
- Aproximación ILS. Entre las actuaciones a seguir están las siguientes:
  - Comienza 25 NM antes del aeropuerto. La velocidad en este punto debería ser 220 kt.
  - A los 17 NM la velocidad debe reducirse a 180 kt.

[47] No se han incluido todos los condicionantes de aproximación estable, solo los de interés para el análisis de este incidente.

- Cuando se capture el localizador, la velocidad se reducirá a 160 kt.
- Flap 15º y tren abajo.
- El piloto a los mandos deberá solicitar la lista "BEFORE LANDING" que incluye, entre otros, la comprobación de las tres luces verdes del tren abajo y la posición del TLU en LO SPD.
- A 1000 ft IMC (500 ft VMC) continuar o no con el aterrizaje.

- Aproximación ILS a alta velocidad: es similar a la anterior solo que la reducción de velocidad se realiza más tarde:
  - Comienza a 25 NM con 220 kt de velocidad en este punto.
  - A 12 NM velocidad a 180 kt.
  - A 6 NM velocidad a 160 kt.

Respecto a la distribución de funciones en vuelo:

- El piloto a los mandos es el responsable de la iniciación de los procedimientos, mientras que el piloto no a los mandos leerá las listas.
- Durante emergencia o procedimientos anormales, el piloto a los mandos es el responsable de las comunicaciones.

Respecto a las comprobaciones de los tripulantes de cabina:

- La lista de comprobación de los tripulantes de cabina de pasajeros de la aeronave EC-KKQ incluía comprobar la presión y caducidad de las dos botellas O_2 y máscaras. A bordo existen dos botellas: una delante y otra detrás de la cabina, en las posiciones de los dos tripulantes de cabina. Cada tripulante debía comprobar la suya.

1.18. Información adicional

1.18.1. Sucesos similares

El 14 de noviembre de 2016, la aeronave OY-JZC[48], ATR72-212A, sufrió una pérdida debido a engelamiento durante el ascenso hasta FL170. A FL150 la aeronave era incapaz de mantener el ascenso y la tripulación inició un viraje para dirigirse a una zona libre de engelamiento. Durante esta maniobra la aeronave sufrió alabeos no controlados y una pérdida significativa de altura. La tripulación recuperó el control de la aeronave y finalizó el vuelo sin incidencias.

[48] Investigación realizada por la Comisión de Investigación de Accidentes de Noruega (AIBN). Los resultados de esta investigación no están emitidos a fecha de la emisión de este informe.

Con fecha del 21 de diciembre de 2016, la aeronave G-COBO[49], ATR72-212A sufrió una pérdida debido a engelamiento durante el ascenso a FL170. Durante el ascenso la aeronave acumuló hielo en la estructura y se activaron los avisos de DEGRADED PERF e INCREASED SPEED del APM. Los procedimientos correspondientes no se realizaron y la tripulación no mantuvo la velocidad adecuada de ascenso ya que estaba focalizada en ascender a una zona libre de nubes. La aeronave entró en pérdida con alabeos a la izquierda y derecha que alcanzaron los -73º. El ángulo de asiento alcanzó los -16º. La aeronave perdió 1000 ft y la velocidad descendió hasta los 123 kt. La tripulación recuperó el control de la aeronave y el resto del vuelo se produjo sin incidencias.

1.18.2. Acciones adoptadas por el fabricante ATR

Desde 2014, junto con el desarrollo del proyecto de un nuevo formato de presentación de la documentación (denominado EDORA), ATR había estado trabajando en la mejora de los procedimientos operativos. En particular, se habían rediseñado los procedimientos asociados con la operación en condiciones de engelamiento. Estos cambios y modificaciones no estaban todavía en vigor en el momento del incidente de Swiftair pero sí habían sido comunicados a los operadores[50]. Los tres eventos ocurridos en el 2016 y 2017 fueron revisados por ATR con los nuevos procedimientos y permitieron confirmar su idoneidad.

Con ayuda de diferentes expertos y en base a la experiencia en servicio, ATR identificó áreas de mejora en aspectos de redacción, formato y presentación de la información para facilitar a las tripulaciones la adquisición de información esencial y la toma de decisiones. La experiencia en servicio había mostrado que las tripulaciones tenían dificultades para identificar las condiciones exteriores y gestionar el vuelo de acuerdo a dichas condiciones. De hecho, la acumulación de hielo depende de varios parámetros e identificar la severidad del engelamiento no es fácilmente realizable. Además, la experiencia de las tripulaciones y su nivel de comodidad con estas condiciones pueden influir en la percepción de la intensidad del engelamiento.

Para mejorar la conciencia situacional de las tripulaciones en estas condiciones, ATR modificó los procedimientos en línea con el *Manual de AUPRTA* de OACI[51], asociando la toma de decisiones con valores concretos de actuación (*performance*). Los principales cambios en la aproximación a la gestión del vuelo en engelamiento son los siguientes:

- Obtención de información esencial de una forma lógica y clara. Se mejoraba la secuencia de acciones de los procedimientos de "entrando en condiciones de engelamiento" y "cuando haya indicación visual de acumulación de hielo" del manual de vuelo, homogeneizándolos con el resto de documentación (FCOM y QRH), y aglutinándolos en un solo procedimiento denominado "condiciones de engelamiento" (*atmospheric icing conditions*).

[49] Investigación realizada por la Comisión de Investigación de Accidentes de Reino Unido (AAIB).
[50] A través de Conferencia de operadores de 2017, Conferencia de seguridad de 2016, en el *Manual AUPRTA* de OACI y videos divulgativos.
[51] Airplane Upset Prevention and Recovery Training Aid. Última revisión: rev 3, febrero 2017.

- Utilización de información factual y verificable para ayudar a la toma de decisiones. El procedimiento "condiciones de engelamiento" proporciona ahora datos claros para identificar que se están produciendo condiciones de engelamiento severo y, por lo tanto, para activar el procedimiento de engelamiento severo. Estas indicaciones son:
  - Aeronave incapaz de mantener *red bug* +10 kt , o
  - aeronave incapaz de mantener un régimen de ascenso de 100 fpm, o
  - la aeronave presenta vibraciones no-normales.
- Mejora de la conciencia situacional enfocando la atención hacia la información más crítica cuando se opere en condiciones de engelamiento.
- Mayor énfasis en datos concretos, como el régimen de ascenso de 300 fpm como el valor mínimo residual de ascenso operando en el máximo techo, para ayudar a la identificación temprana de situaciones o actuaciones de vuelo no-normales.

En línea con la filosofía AUPRTA, se establecen factores clave para gestionar de forma eficiente la energía de la aeronave. Como se muestra en la figura 8, la energía de la aeronave se reparte entre la energía potencia (altitud), la energía cinética (velocidad) y la energía química (energía de los motores). La tripulación, de acuerdo con las condiciones de vuelo, debe gestionar la energía total de la aeronave.

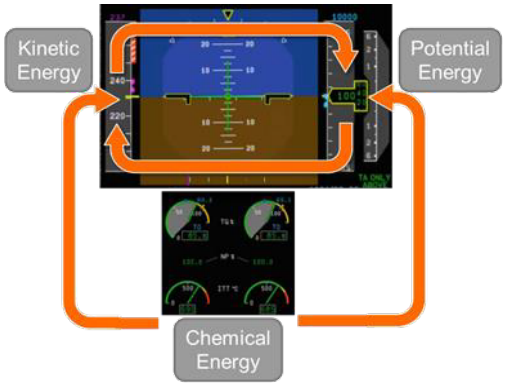

Figura 8. Factores claves para gestionar la energía de la aeronave

Los nuevos procedimientos de ATR hacen hincapié en seguir de forma estricta los siguientes pasos para mejorar la conciencia situacional de las tripulaciones:

- Preparación del vuelo: la anticipación es el primer paso para evitar posiciones o situaciones difíciles.
- Gestión del vuelo: la gestión de la energía de la aeronave durante el vuelo es la piedra angular de la prevención de posiciones anormales de vuelo.
- Escape: las maniobras de escape permitirán a la aeronave mantenerse dentro de unos niveles de energía mínimos. Los procedimientos de engelamiento de ATR han sustituido el término "escapar" por el término "descender".

1.18.3. Recomendaciones previas emitidas a Swiftair

Con fecha del 24 de enero de 2012 y del 24 de junio de 2013, se produjeron dos eventos de este operador: el primero de ellos en Afganistán y el segundo en Madrid.

Ambos fueron investigados por la CIAIAC con referencias EXT A-001/2012 e IN-017/2013. En ambos casos se produjo falta de adherencia a los procedimientos de operación. Estas dos investigaciones generaron tres recomendaciones de seguridad:

- REC 50/13. Se recomienda a Swiftair, como responsable de la operación que genere un procedimiento por el cual se asegure que sus tripulaciones no realizan maniobras no autorizadas (y por tanto no permitidas).
- REC 51/13. Se recomienda a Swiftair, como responsable de la operación que genere un procedimiento por el cual se asegure de que sus tripulaciones reciben instrucción adecuada en lo que se refiere a la adherencia de procedimientos.
- REC 45/15. Debido a la carencia detectada sobre la falta de adherencia de la tripulación a los procedimientos de emergencia, se recomienda al operador Swiftair que elabore un plan específico de instrucción y supervisión que permita asegurar que sus tripulaciones llevan a cabo los procedimientos de emergencia con estricta adherencia a los mismos.

Para cada una de estas tres recomendaciones de seguridad, el operador informó a la CIAIAC sobre el plan de acción establecido. Puesto que dichas medidas se valoraron como satisfactorias, en tanto que cumplían con los objetivos de las recomendaciones, las tres están cerradas a fecha de emisión de este informe.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

El sábado 9 de septiembre de 2017, la aeronave EC-KKQ, a los 16 min del despegue, cuando se encontraba en ascenso a 17148 ft con planos nivelados, sufrió una pérdida de altura de 1661 ft en 33 seg, junto con una sucesión de alabeos y cabeceos no comandados. El comportamiento de la aeronave durante el evento fue consistente con una pérdida que se inició en el plano izquierdo. Era el tercer evento similar que ocurría en el periodo de un año (los anteriores habían sido en Reino Unido y Noruega).

Ocho minutos antes de la pérdida la aeronave había entrado en condiciones de engelamiento[52] que empeoraron durante el ascenso y se transformaron en engelamiento severo. La tripulación tenía activado el aviso de características degradadas DEGRADED PERF, pero no inició el procedimiento asociado a dicho aviso, ya que estaba focalizada en ascender por encima de las condiciones de engelamiento. La velocidad no se mantuvo por encima de la mínima velocidad de engelamiento severo (*red bug* + 10 kt) y se seleccionó una velocidad vertical que excedía los valores publicados de operación.

2.1. Vuelo en condiciones de engelamiento severo

La información meteorológica proporcionada a la tripulación, aunque variaba en cuanto a extensión y gravedad del engelamiento previsto, pronosticaba que gran parte del vuelo se iba a realizar en condiciones de engelamiento y que, a la altura de NARGO a FL140-FL150, el engelamiento empeoraría a moderado. La realidad de lo ocurrido en el vuelo mostró que, efectivamente, en el entorno de este punto se produjo engelamiento, pero de mayor gravedad que el pronosticado.

El vuelo en entornos de engelamiento implica una monitorización continua por parte de las tripulaciones de las condiciones externas. La dificultad estriba en la detección de la gravedad del engelamiento y, en concreto, en cómo identificar que se está produciendo engelamiento severo. Los radares meteorológicos no son capaces, por limitaciones del diseño, de detectar estos fenómenos (como ocurrió en el vuelo) y se debe recurrir a otros métodos de detección. Los métodos incluidos en los procedimientos (SEVERE ICING) vigentes en el momento del vuelo, son dos:

- Primero, la observación visual de acumulación de hielo en determinadas zonas de la aeronave:

  La valoración que realizó la tripulación sobre el hielo que estaban acumulando durante el ascenso les llevó a concluir que no estaban volando en condiciones de engelamiento severo. Las fotos tomadas, aunque 8 min después, efectivamente no mostraban condiciones extremas o llamativas. Desde el punto de vista de los indicios visuales que normalmente se asocian al engelamiento severo y describen los procedimientos (hielo cubriendo gran parte o la totalidad del cristal, por

[52] Humedad visible y 7ºC de TAT.

ejemplo), en este incidente como en el ocurrido a la aeronave G-COBO en Reino Unido, no se produjeron.

- Segundo, la supervisión del comportamiento de la aeronave, en concreto, el descenso de la velocidad o del régimen de ascenso:

  Tres minutos antes del evento la aeronave era incapaz de seguir ascendiendo y 35 seg antes la velocidad empezó a descender. Estas son indicaciones claras, y así se describe en el procedimiento, de que las características de la aeronave se estaban degradando. Además, los 4 min previos a la pérdida la tripulación tuvo activados avisos de estar acumulándose hielo en la aeronave (luz ICING ON) y de estar incrementándose la resistencia aerodinámica (DEGRADED PERF ON).

Es decir, si bien las indicaciones visuales pudieron no ser las esperadas para un engelamiento severo, el resto de la información (avisos en cabina y comportamiento de la aeronave) sí que indicaba claramente que se estaban degradando las características de la aeronave y que la aeronave volaba en condiciones no certificadas. La tripulación consideró únicamente las indicaciones visuales y no tuvo en cuenta el resto de información, manteniendo el ascenso en condiciones de engelamiento severo.

2.2. Gestión del ascenso

La imposibilidad de obtener las comunicaciones en cabina durante el vuelo completo ha limitado el análisis del proceso de toma de decisiones por parte de la tripulación antes y durante la emergencia. Aun así, el registrador de datos de vuelo (apartado 1.11) sí ha permitido identificar qué actuaciones se llevaron a cabo y qué procedimientos se aplicaron.

La descripción que se incluye a continuación muestra las actuaciones realizadas por la tripulación (como respuesta al proceso de toma de decisiones que realizó) y qué desvíos o incumplimientos de los procedimientos (en vigor en el momento del incidente) se produjeron. La presentación se realiza siguiendo el desarrollo temporal del vuelo hasta el momento de la pérdida.

Velocidad de ascenso en condiciones de engelamiento:

A pesar de que 170 kt es la velocidad indicada de ascenso en condiciones normales y en condiciones de engelamiento, no se utilizó esta referencia de velocidad. Hasta los 14000 ft la aeronave ascendió a 180 kt, y cuando eventualmente se seleccionó el modo IAS, la velocidad fue de 176 kt y no de 170 kt.

Ascenso con el modo PITCH del piloto automático:

El modo de vuelo recomendado para el ascenso, tanto en condiciones normales como de engelamiento, es el modo IAS del piloto automático. El ascenso de la aeronave

EC-KKQ se realizó en modo PITCH por motivos de comodidad del pasaje, según la declaración de la tripulación. Efectivamente, el operador lo permite, pero una vez alcanzado FL150 o cuando el piloto automático empiece a cabecear y nunca en condiciones de engelamiento. Es decir, ninguna de las condiciones de uso del modo PITCH se dieron en el vuelo.

Entrando en condiciones de engelamiento:

Cuando la aeronave entró en condiciones de engelamiento (humedad visible y TAT igual a 7ºC) debería haberse utilizado el modo IAS que, como se indicaba anteriormente, no se seleccionó. El primer punto del procedimiento, por lo tanto, no se realizó.

La conexión de los sistemas antihielo (segundo punto del procedimiento) se produjo con una demora de 2 min. La activación se realizó cuando la temperatura era de 2,7ºC y la aeronave había ascendido 2500 ft.

El resto de puntos del procedimiento se cumplían ya que la velocidad se mantuvo en todo momento por encima de la mínima de engelamiento o *red bug* (149 kt) y la declaración de la tripulación indicando que "*estaban pendientes del hielo*" se entiende como la realización del último punto del procedimiento, el correspondiente a monitorizar la acumulación de hielo.

Cuando apareció la primera indicación de acumulación de hielo:

Cuando se activó por primera vez el indicador de detección de hielo (luz ICING ON) la tripulación tardó 5 seg en activar los sistemas de deshielo, cumpliendo rápidamente con el procedimiento. Los sistemas antihielo estaban ya activados y la velocidad seguía estando por encima de los 149 kt (velocidad de engelamiento). La última tarea del procedimiento, que era estar alerta para detectar engelamiento severo se considera cubierta por los mismos motivos que se explicaban en el punto anterior.

Cuando apareció el aviso de características degradadas:

Cuando apareció el aviso de características degradas (DEGRADED PERF) la aeronave tenía activo también el aviso de estar acumulando hielo en la aeronave (luz ICING ON). La tripulación tardó 23 seg en apagar el *master caution* que se activa junto con él. De los pasos que establece el procedimiento:

- El primer paso ya estaba hecho, ya que los sistemas de deshielo estaban conectados desde hacía 4 min.
- El segundo paso era mantener la velocidad por encima de los 159 kt y también se cumplía ya que la velocidad era de 169 kt.

- El tercer paso no se realizó ya que el piloto automático no se desconectó.
- El cuarto paso que consiste en la aplicación del procedimiento de engelamiento severo no se realizó. En este momento de las tres condiciones para su aplicación, una de ellas, al menos no se comprobó:
  - la tripulación declaró que no había engelamiento severo,
  - la velocidad se podía mantener por encima de *red bug* +10 kt (de hecho, se mantenía *red bug* + 20 kt),
  - la sensación anormal en los mandos de vuelo no se pudo comprobar debido a que no se desconectó el piloto automático.

Es decir, a pesar de que tenían indicación en cabina de estar degradándose las características de la aeronave (DEGRADED PERF), no se realizó el procedimiento correspondiente.

Cuando la aeronave no podía ascender:

16 seg después de activarse el aviso de características degradadas, la aeronave alcanzaba 16200 ft y durante 1 min y medio, se mantuvo en esa altitud, siendo incapaz de ascender. Durante este tiempo, la tripulación cambió el modo PITCH (que estaba prohibido en condiciones de engelamiento y con el que había ascendido desde el despegue) y seleccionó el modo IAS (el modo recomendado) en 176 kt (y no en 170 kt). Con esta nueva configuración la aeronave era capaz de mantener los 176 kt seleccionados, pero no era capaz de ascender.

Este (el descenso inesperado del régimen de ascenso) es una de las indicaciones que se establecen para detectar que se está operando en condiciones de engelamiento severo. El régimen de ascenso no solo había descendido, sino que además ahora alcanzaba valores de 0 fpm. Durante 1,5 min esta condición se mantuvo sin que fuese tenida en cuenta por la tripulación. En este caso, como se indicaba en el punto 2.1, las indicaciones visuales fueron las únicas tenidas en cuenta, dejando de considerar las referentes al comportamiento de la aeronave.

El procedimiento de engelamiento severo (SEVERE ICING), al igual que el de características degradas (DEGRADED PERF), tampoco se realizó.

Cuando la tripulación forzó el ascenso:

No solo no se aplicó el procedimiento de SEVERE ICING, a pesar de que la imposibilidad de ascender estaba indicando esta situación, sino que la tripulación comandó una serie de acciones para forzar el ascenso por encima de las capacidades de la aeronave que la llevaron a la pérdida. Estas actuaciones fueron las siguientes:

- La modificación de la potencia en el selector del gestor de potencia de CLIMB a MCT.
- La modificación del modo de vuelo del piloto automático IAS a VS, prohibido durante el ascenso en condiciones de engelamiento, seleccionando un régimen de ascenso de 500 fpm primero y, a la vista de que la aeronave no reaccionaba como lo esperado, incrementando este régimen a 1100 fpm (superior a los 800 fpm publicados).

Con estas dos actuaciones la tripulación intentaba superar la capa de nubes en la que estaba volando. La intención era clara y estuvo además confirmada con la selección de un nuevo nivel de vuelo (FL190) como objetivo de altitud y con la solicitud a ATC de una nueva autorización. Según la declaración de la tripulación, estaban a punto de superar la capa de nubes y consideraron que el ascenso (y no el descenso) era la mejor opción para escapar, decisión que estuvo también presente en el accidente ocurrido a la aeronave G-COBO. Estas dos actuaciones muestran una completa focalización de la tripulación en este objetivo olvidando los avisos que la aeronave le estaba proporcionando:

- La aeronave no era capaz de ascender.
- Se estaba acumulando hielo (luz ICING ON).
- Se estaban degradando las características de la aeronave (DEGRADED PERF ON).

Durante un minuto se forzó esta situación, logrando un ascenso de la aeronave de 500 ft. A partir de este momento se iniciaron los últimos 35 seg previos al evento, en los que la aeronave mostró un comportamiento coherente con una aproximación a la pérdida:

- Descenso de la velocidad de forma brusca desde los 174 kt hasta los 151 kt.
- Incremento de los ángulos de asiento, alabeo y ángulo de ataque.
- Aceleraciones verticales fluctuando entre 1 g y 0,9 g.

La velocidad mínima alcanzada fue de 151 kt, 2 kt por encima de la velocidad de engelamiento (*red bug*). Se menciona este hecho porque la tripulación, en sus declaraciones, indicó que en todo el vuelo la velocidad se había mantenido por encima de este valor. Se debe destacar que, por un lado, la velocidad mínima a mantener en condiciones de engelamiento severo es este valor incrementado en 10 kt. Y, por otra parte, hay que indicar que la velocidad no es el único parámetro a monitorizar en este entorno para asegurar que la aeronave está libre de los efectos del engelamiento.

Según las declaraciones, la modificación del gestor de potencia de CLIMB a MCT fue realizada por el comandante a pesar de ser el copiloto el piloto a los mandos, incumplimiento la distribución de funciones establecida. En este caso, la enorme desproporción de experiencia entre ambos (18000 h frente a 1400 h) afectó, y así lo

declaró, a la asertividad del copiloto para oponerse o discutir las actuaciones o decisiones tomadas por el comandante.

Utilización y funcionamiento de los avisos del sistema APM:

El sistema APM es una de las protecciones con que cuenta la aeronave para monitorizar cómo está afectando el engelamiento a la aeronave. En este incidente, respecto a este sistema:

- No se tuvieron en cuenta los avisos que este sistema estaba proporcionando en cabina.
- La generación de uno de los avisos del sistema APM se produjo más tarde y otro no se generó debido a que la tripulación introdujo un valor de peso inferior al real.

Los cálculos realizados por el APM consideraron un peso 2000 kg inferior al real de la aeronave que hizo que el aviso de INCREASE SPEED, por ejemplo, no se llegara a producir. En caso de haber estado funcionando con el peso correcto, este aviso se habría generado 17 seg antes de la pérdida de altitud. No se puede valorar si la tripulación hubiese reaccionado de forma distinta con estos dos avisos en cabina (DEGRADED PERF e INCREASE SPEED) ya que, en el incidente, el aviso de DEGRADED PERF estuvo activo casi 4 min antes de la pérdida y la tripulación no realizó ninguna acción al respecto.

Conclusión:

Durante el ascenso se realizaron actuaciones de la tripulación no conformes a los procedimientos y recomendaciones establecidos por el fabricante y operador. Algunas sin consecuencias iniciales (como la utilización del modo PITCH y de la velocidad de 180 kt en el comienzo del vuelo), pero otras que sí la tuvieron (como fue la no aplicación de los procedimientos de engelamiento severo y de características degradadas, la no utilización del modo IAS en engelamiento). La tripulación no consideró el comportamiento de la aeronave durante la etapa final del ascenso y forzó a la aeronave hasta sus últimas capacidades para mantener un ascenso que esta no era capaz de realizar, como consecuencia de una focalización en este objetivo.

Con esta focalización en el ascenso, se seleccionaron modos del piloto automático prohibidos en condiciones de engelamiento como fue la utilización del modo vertical speed (VS) que, finalmente, llevaron a la aeronave a la pérdida.

2.3. Gestión de la pérdida

A las 20:26:03, tras 35 seg perdiendo velocidad, la aeronave iniciaba un alabeo a la izquierda no comandado que, en 8 seg, alcanzó 58º a la vez que descendía, de forma no comandada tampoco, durante 33 seg: la aeronave estaba en pérdida. Durante este descenso se registraron:

- Secuencias de alabeos alternados a derecha e izquierda que, en la fase inicial de la caída, evolucionaron muy rápidamente: en 7 seg cambiaron desde 58º izquierda, luego a 11º derecha para nuevamente situarse en 41º izquierda.
- Cabeceos secuenciales arriba y abajo alcanzando valores máximos de 6º de morro arriba y 11º morro abajo.
- Ángulos de ataque máximos de 19,6º.
- Aceleraciones máximas verticales de 1,5 g.

Otros incidentes de entrada en pérdida de este modelo de aeronave (ATR72-212A) mostraron comportamientos similares a los de la aeronave EC-KKQ: caída inicial del plano izquierdo, alabeos alternados llegando a los 73º, cabeceos de hasta 16º y pérdidas de altura de 1000 ft.

Se considera que a los 33 seg la pérdida estaba recuperada, ya que la aeronave volvía a estar nivelada y la velocidad era de 195 kt. La pérdida total de altura fue de 1661 ft.

Al igual que ocurre con el ascenso previo, de este momento no se pudo disponer de las comunicaciones en cabina. Solo se pudo contar con las declaraciones de la tripulación y con los datos registrados en el FDR. Con ellos se realizan las siguientes conclusiones de la gestión de la pérdida:

- El comandante no pareció identificar la pérdida ya que durante 21 seg se produjeron actuaciones sobre su mando en el sentido de "morro arriba". Estas actuaciones, un total de cuatro, fueron mantenidas en el tiempo (hasta 7 seg), fueron de la suficiente intensidad como para desconectar el piloto automático y, además, contrarrestaron la actuación del *stick pusher*. De hecho, la coincidencia de la última actuación sobre su mando en sentido "morro arriba" y el posicionamiento de la palanca de potencia en MAX PWR, sugieren que seguía focalizado en conseguir el ascenso de la aeronave.
- El copiloto sí pareció identificar la pérdida y se registraron dos actuaciones sobre su mando en el sentido de "morro abajo" al mismo tiempo que se producían actuaciones contrarias por parte del comandante. La primera de ellas coincidió con la activación del aviso de entrada en pérdida (*stall warning*).

Se debió activar el aviso de entrada en pérdida en una ocasión, y la actuación del *stick pusher* en tres, en el periodo coincidente en que el comandante introducía órdenes contrarias de morro arriba. Esta alternancia de órdenes de morro abajo del *stick pusher* y de morro arriba del comandante produjo que el ángulo de ataque que disminuía el primero, volviese a aumentar por el segundo, produciendo que el *stick pusher* tuviese que entrar a actuar en tres ocasiones.

Durante la gestión de la pérdida, en concreto a los 15 seg, se actuó sobre la palanca de potencia, pasando de la posición de NOTCH a la de potencia máxima (MAX PWR), y se mantuvo durante 18 seg. Esta actuación sobre la palanca de potencia no responde a ninguna de las actuaciones que se definen en el procedimiento que se debía aplicar: el procedimiento de recuperación después de una pérdida. De este procedimiento:

- El primer punto del procedimiento, que consiste en empujar hacia delante firmemente el mando, solo fue realizado por el copiloto. El comandante actuó en sentido contrario.
- El segundo punto de extensión de los flaps a 15º no se realizó.
- La gestión de la potencia (palanca de potencia en NOTCH y selector del gestor de potencia en MCT) tampoco se realizó ya que la palanca se posicionó en MAX PWR.
- La notificación a ATC consistió en una llamada del copiloto solicitando un descenso inmediato.

Todo esto indica que el procedimiento de recuperación de la pérdida no se realizó. Al no disponerse de las comunicaciones en cabina no se ha podido identificar cuál fue el proceso de toma de decisiones que llevó a la tripulación a no realizar este procedimiento.

Aunque la pérdida de la aeronave estuvo recuperada a los 33 seg, la tripulación no tenía todavía el control sobre la misma. A pesar de que ahora el comandante actuaba sobre la aeronave ordenando sobre su palanca "morro abajo", la compensación y la potencia seleccionada hicieron que, a los 33 seg, la aeronave volviese a ascender perdiendo de nuevo 29 kt de velocidad y aumentando el ángulo de asiento hasta los 10º.

Como conclusión, las actuaciones registradas sugieren que el comandante no reconoció la pérdida hasta transcurridos 21 seg o que, si la reconoció, no realizó la única acción esencial que se requiere, que es empujar el mando hacia abajo para disminuir el ángulo de ataque y recuperar velocidad, así como tampoco el resto de acciones del procedimiento de recuperación de la pérdida.

2.4. Gestión del vuelo posterior

Tras la pérdida, el aviso de DEGRADED PERF se mantuvo activo 9 min más, sin que la tripulación, al igual que anteriormente, aplicase el procedimiento correspondiente. Las decisiones tomadas por la tripulación a este respecto fueron detener el descenso a 13000 ft, no desviarse a ningún aeropuerto cercano y aceptar un nuevo ascenso solicitado por ATC, decisiones que sugieren que la tripulación consideraba el problema del engelamiento resuelto.

Sin embargo, estas decisiones no eran coherentes con la preocupación de la tripulación ante la vibración que presentaba la aeronave y que, efectivamente, se confirmó en el CVR. Esta preocupación les llevó a preguntar a ATC por fenómenos de turbulencia en la zona, a desestimar la utilización del flap y finalmente declarar MAYDAY. Mantuvieron los sistemas de deshielo activados hasta el final del vuelo, pero, por el contrario, si existían dudas sobre la presencia de hielo en la estructura, no aplicaron las recomendaciones que establecen los procedimientos en este caso (como por ejemplo, realizar la aproximación con flap 15º).

Los últimos 25 min del vuelo sí que quedaron registrados con nitidez en el CVR y han permitido conocer más concretamente cuál fue la dinámica en la cabina. Las conclusiones que se han podido extraer son las siguientes:

- El comandante, como piloto a los mandos, instruyó al copiloto a preparar la aproximación ILS y el aterrizaje sin flap. Sin embargo, no realizó la petición de ninguna lista de comprobación, el copiloto tampoco se lo solicitó o recordó y, por lo tanto, no se realizaron.
- Se interceptó tarde el localizador y las velocidades no se redujeron hasta prácticamente el aterrizaje, superando las establecidas por el operador.
- La presencia de dos vehículos en la pista, detectada por el comandante, no tuvo la reacción que se hubiese esperado (preguntar o avisar a ATC para liberar la pista), a pesar de que no se planteaba la opción de frustrar el aterrizaje. Esta misma reacción se vio con el problema del timón de dirección.
- Los comentarios del comandante que quedaron registrados en cabina ("*si ocurre algo, meteré potencia*"), no responden a ninguna terminología estándar de preparación (*briefing*) de aterrizaje o de emergencias.
- La respuesta que proporcionó el comandante ante la pregunta del copiloto sobre cómo actuar con el flap en caso de *go around* ("*go around ni te pienses, hay que aterrizar*"), se consideran poco apropiadas en un vuelo de transporte público de pasajeros. No solo porque no proporcionó al copiloto un criterio sobre cómo actuar en caso de emergencia sino porque mostró una focalización del comandante en aterrizar a toda costa.
- En esta línea, y como consecuencia de que no se realizaron los procedimientos ni las listas de comprobación, el comandante recordó al copiloto que no se les

olvidase sacar el tren, comentario poco apropiado en un vuelo de transporte en el marco de un operador aéreo, donde se han desarrollado listas de comprobación y procedimientos para, precisamente, evitar tener que hacer uso de la memoria, en situaciones de emergencia y en una aeronave compleja.

- Esta focalización en aterrizar no estuvo acompañada por ninguna acción para evitar una maniobra frustrada ya que la aproximación que se realizó fue desestabilizada. No se cumplía ninguno de los criterios: el régimen de descenso superó los 1000 fpm, la velocidad superaba en más de 20 kt la velocidad de referencia y no se había realizado ninguna lista de comprobación. La focalización en aterrizar es entendible en el sentido de no querer prolongar el vuelo pero, precisamente, para conseguirlo se debería haber asegurado una aproximación estable y controlada.

El copiloto, por su parte, asumió todas las comunicaciones con ATC. También monitorizó la configuración de la aeronave advirtiendo al comandante sobre su posición respecto a la senda y, especialmente, sobre la velocidad en varias ocasiones utilizando el *call out* "velocidad". No utilizó, sin embargo, el *call out* correspondiente a aproximación desestabilizada, seguramente por el comentario previo del comandante.

La monitorización realizada por el copiloto no tuvo ningún efecto en el comandante ya que no se produjo ninguna reducción de la velocidad. De hecho, la solicitud por parte del comandante de bajada del tren se realizó 43 kt por encima de la velocidad permitida. Esto impidió que el tren bajase y además generó avisos de alerta en la cabina. Esta situación tuvo que ser corregida mediante un descenso brusco de la velocidad para poder bajar finalmente el tren a una altitud respecto a la pista de 539 ft, punto en el que la aeronave debería estar completamente configurada para el aterrizaje. La velocidad, nuevamente, volvió a aumentar y el copiloto volvió a señalizar este hecho al comandante. La velocidad de referencia utilizada por la tripulación (130 kt), se superaba en 86 kt 23 seg antes del aterrizaje, y en 30 kt 11 seg antes del aterrizaje. Se generaron avisos del GPWS que, en línea con focalización en aterrizar a toda costa, no tuvieron ninguna reacción asociada. Se produjo nuevamente una deceleración y la toma de contacto se realizó a 128 kt, finalizando el primer tercio de pista. A pesar de ello, la aeronave logró detenerse sin problema y no tuvo que hacer uso de la zona de frenada.

En conclusión, la maniobra de aproximación se realizó a alta velocidad, no se realizó ningún procedimiento ni lista para asegurar que la aeronave estaba correctamente configurada para el aterrizaje y no cumplió con los criterios de aproximación estabilizada. No se tomó ninguna medida (como frustrar el aterrizaje) debido a que el comandante mostró una focalización completa en aterrizar, desestimando además la monitorización que realizaba el copiloto sobre parámetros básicos del vuelo como la velocidad. La extensión de la pista en Barajas permitió que, aunque la toma de contacto se realizó finalizando el primer tercio de pista, no tuviese ninguna consecuencia.

2.5. Problemas con el timón de dirección

La investigación no ha podido determinar cuál fue la causa de los problemas que la tripulación se encontró sobre el timón de dirección durante la deceleración en la pista. Los resultados de las inspecciones realizadas a los componentes reemplazados tras el aterrizaje del TLU no parecen dar respuesta al bloqueo reportado por la tripulación. Desde entonces, la aeronave no ha vuelto a presentar problemas similares, por lo que, si realmente tuvo una causa física, esta se solucionó con la sustitución de esos elementos.

Otra posible explicación es que el TLU se hubiese encontrado en la posición de HIGH SPEED, es decir, con el recorrido limitado, y esto hubiese producido la sensación de blocaje a la tripulación. Teniendo en cuenta que hasta 25 seg antes de la toma de contacto, la velocidad no descendió por debajo de los 180 kt, la transición de HIGH a LOW SPEED se debió iniciar prácticamente antes de este momento, lo que quizá limitó el tiempo de actuación del sistema impidiendo que pasase a LOW SPEED a tiempo.

Los datos de los registradores no han permitido conocer tampoco en qué posición se encontraba el interruptor del TLU en el momento del aterrizaje, ya que no se registra. La no realización de la lista BEFORE LANDING no ha permitido confirmar tampoco si la tripulación comprobó la posición del actuador del TLU en vuelo. Esta comprobación, de haberse realizado, habría permitido confirmar que este se encontraba en HIGH SPEED, ya que en el momento de hacer esta lista la velocidad superaba en casi 40 kt la velocidad de transición. Es decir, todavía no habría transicionado a LOW SPEED.

Ninguna de las hipótesis planteadas respecto al fallo del TLU han podido ser confirmadas.

2.6. Gestión de la emergencia médica

La emergencia médica presentó varios problemas. Uno de ellos fue las dificultades que la tripulación de cabina reportó a la hora de aplicar el oxígeno al pasajero en emergencia médica. Según sus declaraciones, las comprobaciones de presión de ambas botellas se realizaron antes del vuelo, tal y como establecen sus procedimientos, con resultado satisfactorio. Sin embargo, cuando tuvieron que utilizarlas se encontraron con problemas de presión de salida en una de las botellas y en la utilización de la mascarilla. A pesar de ello, el sobrecargo encontró la manera de suministrar el oxígeno al pasajero, con resultados satisfactorios ya que el pasajero mejoró.

Otro de los problemas encontrados se relaciona con la petición de la ambulancia. Según la declaración del sobrecargo, la ambulancia se solicitó en vuelo a la tripulación técnica y se sorprendió cuando no la vio preparada en el aeropuerto de Madrid.

Sin embargo, el CVR sí que registró una comunicación del sobrecargo sobre la aplicación de oxígeno al pasajero y en ella no solicitó a los pilotos una ambulancia en destino. La única explicación es que hubiese habido una petición previa que no quedó registrada

en el CVR, pero entonces, no hubiese tenido sentido la comunicación que sí quedó registrada. Además, la tripulación tuvo ocasiones de transmitir esta petición a ATC, ya que en varias ocasiones fueron preguntados al respecto de ayudas a la llegada, y no se transmitiesen esta petición. Por lo tanto, se considera muy probable, que la primera información sobre una ambulancia que tuvo la tripulación fue cuando ya en rodadura, la solicitó el sobrecargo.

Respecto a la emergencia médica, no se produjo ninguna comunicación por parte de los pilotos hacia la cabina interesándose sobre la evolución de la emergencia médica que les habían informado.

2.7. Coordinación con la cabina de pasaje

La coordinación con la cabina de pasaje es otro de los aspectos a valorar en este incidente. Las declaraciones de la tripulación y los registros de comunicaciones los últimos 25 min de vuelo confirmaron que no hubo ningún tipo de coordinación con la tripulación de cabina. Tras la emergencia, no se realizó la comunicación al sobrecargo de la naturaleza de la emergencia, de las intenciones para el vuelo restante, el tiempo previsto de vuelo y cualquier actuación especial que se vaya a requerir[53]. La comunicación de esta información no requiere un tiempo excesivo y, en el caso de este vuelo, con dos pilotos y tiempo de vuelo suficiente, se debería haber realizado, evitando la incertidumbre que, a este respecto, describió la tripulación de cabina.

Por otra parte, tampoco hubo ninguna comunicación para preparar el aterrizaje al sobrecargo, que, de hecho, reportó sentirse sorprendido cuando notó cómo el tren se extendía. El CVR, efectivamente, confirmó que a la vez que este se extendía, el sobrecargo iniciaba el anuncio al pasaje sobre el aterrizaje inminente. La realización de las listas de comprobación, hubiese permitido cubrir este punto, ya que la notificación a la cabina forma parte de las listas previas al aterrizaje.

2.8. Modificaciones en los procedimientos tras el incidente

Tras la concurrencia de tres sucesos de entrada en pérdida de esta aeronave, el fabricante modificó algunos de los procedimientos de aplicación en este vuelo. Las modificaciones han mejorado y clarificado algunos aspectos de los procedimientos.

La eliminación del término "escapar" por una obligación a "descender" en todos los casos se considera más adecuada ya que, en dos de los incidentes, la insistencia en ascender para escapar de condiciones adversas fue uno de los motivos que llevó a la pérdida.

Además, se ha intercambiado el orden de criterios para definir el engelamiento severo, colocando primero los referentes al comportamiento degradado de la aeronave antes

[53] Esto, en otros operadores, se denomina NITS: *nature of emergency, intentions, time and specials.*

que la observación visual de engelamiento en la aeronave. Las indicaciones visuales han demostrado ser o bien subjetivas o bien no manifestarse con la misma intensidad y extensión en todos los casos.

2.9. Conclusiones generales

Los anteriores apartados del análisis de este incidente han mostrado deficiencias en cómo se llevó a cabo no solo la emergencia sino el vuelo en su totalidad. Deficiencias que tenían que ver con:

- La no realización de procedimientos.
- La no realización de listas de comprobación.
- Una cierta complacencia con la que se llevó a cabo el vuelo en condiciones de engelamiento.
- El no reconocimiento de la entrada en pérdida de la aeronave.
- La focalización primero en el ascenso de la aeronave y finalmente en aterrizar.
- La falta de asertividad del copiloto.
- La falta de coordinación con la tripulación de cabina.
- La incompleta gestión de la emergencia médica por parte del personal de cabina que demoró la llegada de la ambulancia.

Todos estos comportamientos están relacionados con la formación, como proceso por el cual se pretende que las tripulaciones adquieran y desarrollen las habilidades necesarias para llevar a cabo con seguridad tanto operaciones normales como de emergencia.

La revisión de la formación, instrucción y entrenamiento de los dos miembros de la tripulación ha permitido confirmar que:

- La formación que estaba definida en el *Manual de Operaciones* parte D por parte del operador era adecuada y cumplía con la normativa de referencia para la operación, para el vuelo y para las posibles situaciones de emergencia.
- La tripulación había recibido adecuadamente, tanto en contenido como en periodicidad, la formación que estaba definida.
- La tripulación superó de forma satisfactoria el entrenamiento recibido.

Por lo tanto, se considera que cuando la tripulación superó cada uno de los entrenamientos, había conseguido adquirir los conocimientos y comportamientos pretendidos. Sin embargo, lo que ponen de manifiesto las deficiencias encontradas durante esta investigación es que esos conocimientos, competencias y habilidades no se mantenían en el momento del vuelo. Puesto que estos resultados son similares a los encontrados en las dos investigaciones previas, y con el objetivo de realizar actividades

formativas de refuerzo en los ámbitos concretos definidos anteriormente y asegurar que estas se mantienen en el tiempo, se emiten dos recomendaciones de seguridad.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

General:

- La aeronave y tripulación realizaban el cuarto y último vuelo del día. Los vuelos previos habían transcurrido sin incidencias.
- El comandante era un piloto de muy alta experiencia: 18000 h totales y 3600 h en el tipo.
- El copiloto era un piloto de baja experiencia: 1400 h totales y 400 h en el tipo.
- La formación definida por el operador era adecuada para el vuelo y operación que realizaba y cumplía con la normativa.
- La tripulación había recibido entrenamiento sobre el vuelo en condiciones de engelamiento y sobre recuperación de pérdida y de posiciones anormales.
- La tripulación había superado de forma satisfactoria el entrenamiento recibido.
- El simulador utilizado para el entrenamiento de vuelo en condiciones de engelamiento no tenía implementado el sistema APM.
- Estaba previsto engelamiento ligero y moderado para el vuelo y la tripulación era conocedora de esa información.

Vuelo previo a la pérdida:

- El vuelo previo a la pérdida duró 18 min y correspondió a la fase de ascenso. Se realizó con luz diurna.
- En el ascenso no se utilizó el modo IAS (velocidad), recomendado siempre y obligado en condiciones de engelamiento.
- El ascenso se realizó con el modo PITCH (asiento) del piloto automático, incluso cuando la aeronave entró en condiciones de engelamiento.
- Cuando aparecieron condiciones de engelamiento la activación de los sistemas antihielo se demoró 2 min.
- Cuando apareció el aviso de acumulación de hielo en la aeronave (luz ICING) la activación de los sistemas de deshielo se realizó de forma inmediata (5 seg).
- Cuando apareció el aviso de características degradadas (DEGRADED PERF) no se aplicó el procedimiento.
- Las condiciones de engelamiento severo (SEVERE ICING) no fueron detectadas y no se aplicó el procedimiento.
- No se desconectó el piloto automático.

- Para conseguir el ascenso sobre la capa de nubes, se seleccionó el modo VS (velocidad vertical) del piloto automático, prohibido en condiciones de engelamiento, y se modificó la potencia de CLIMB a MCT.
- La modificación del régimen de potencia a de CLIMB a MCT fue realizada por el comandante, a pesar de ser el copiloto el piloto a los mandos.
- La velocidad se mantuvo en todo momento por encima de la velocidad de engelamiento (*red bug*).
- Durante los últimos 35 seg del ascenso la velocidad disminuyó desde 174 kt hasta 153 kt: no se mantuvo por encima de la velocidad en engelamiento severo (r*ed bug* + 10 kt).
- No se introdujo el peso correcto en el sistema APM impidiendo que uno de los avisos (INCREASE SPEED) se generase.
- La tripulación de cabina reportó que los planos estaban llenos de hielo y escucharon los impactos que el hielo desprendido de las hélices, por efecto de la fuerza centrífuga, produce en el fuselaje.
- El piloto a los mandos durante el ascenso era el copiloto.

La pérdida:

- A los 18 min del despegue y tras 8 min volando en condiciones de engelamiento, la aeronave entró en pérdida.
- La pérdida se inició en el plano izquierdo, se produjo un descenso de 1661 ft y la velocidad mínima alcanzada fue de 151 kt.
- Se alcanzaron ángulos de alabeo máximos de 58º a la izquierda y 41º a la derecha.
- Se alcanzaron ángulos de asiento máximos de 6º morro arriba y 11º de morro abajo.
- El ángulo de ataque máximo fue de 19,6º.
- Durante la pérdida se desconectaron el piloto automático y el *yaw damper*.
- Se activó el *stall warning* en una ocasión y el *stick pusher* actuó en tres ocasiones.
- El comandante actuó sobre su mando en sentido de morro arriba en cuatro ocasiones, contrarrestando la actuación del *stick pusher*.
- El copiloto actuó en dos ocasiones sobre su mando en sentido morro abajo.
- No se aplicó el procedimiento de recuperación de la pérdida.
- La pérdida estaba recuperada a los 33 seg.
- El piloto a los mandos durante la pérdida era el comandante.

Vuelo después de la pérdida:

- El vuelo posterior a la pérdida duró 41 min.
- La tripulación mantuvo el vuelo hasta su aeropuerto de destino.
- La aeronave tenía vibraciones y la tripulación declaró MAYDAY transcurridos 22 min de la pérdida por "*problemas de control de mandos*".
- No se realizó ninguna lista de comprobación durante los últimos 25 min del vuelo.
- El vuelo posterior a la pérdida se realizó a alta velocidad hasta el aterrizaje.
- La maniobra de aproximación ILS no se realizó según establecen los procedimientos del operador: el ILS se interceptó más tarde, la velocidad era superior a la debida e iban por debajo de la senda.
- La excesiva velocidad durante la actuación del tren produjo la aparición de avisos en cabina. Se tuvo que realizar una deceleración brusca y el tren se extendió a 539 ft de radioaltímetro.
- La aeronave realizó una aproximación desestabilizada.
- La aeronave aterrizó sin flaps por la pista 32R finalizando el primer tercio de pista.
- La tripulación técnica no realizó ningún aviso al pasaje, no informó a la tripulación de cabina sobre sus intenciones tras la emergencia y no comunicó con el sobrecargo para la preparación para el aterrizaje.
- El aterrizaje se produjo con la cabina de pasaje no preparada.
- La tripulación reportó problemas con el timón de dirección cuya causa no ha podido determinarse. Tras la sustitución de algunos elementos del TLU este no ha vuelto a presentar incidencias similares.
- La aeronave abandonó la pista por sus propios medios y rodó hasta su puesto de estacionamiento.
- El piloto a los mandos durante el vuelo tras la pérdida era el comandante.

Emergencia médica:

- Durante el vuelo se aplicó oxígeno a uno de los pasajeros y el sobrecargo informó sobre ello a la tripulación técnica.
- Durante la aplicación del oxígeno, los tripulantes de cabina se encontraron problemas con el flujo de oxígeno y con la máscara.
- La solicitud de la ambulancia fue transmitida por el sobrecargo a la tripulación técnica cuando la aeronave estaba ya en tierra.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

Se considera que la causa probable de la pérdida de control en condiciones de engelamiento fue una deficiente gestión del vuelo por parte de la tripulación y una utilización inapropiada de los automatismos.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

La investigación ha puesto de manifiesto deficiencias en la forma de gestionar el vuelo y la emergencia, en relación a las cuales se emiten las siguientes recomendaciones de seguridad al operador Swiftair:

REC 12/19. Se recomienda a Swiftair, como operador, que tome las medidas necesarias para asegurar que sus tripulaciones técnicas mantienen en el tiempo los conocimientos y habilidades relacionados con las siguientes áreas:

- Vuelo en condiciones de engelamiento.
- Sistemas de ayuda y protección de la aeronave en condiciones de engelamiento.
- Entrada en pérdida de la aeronave y procedimientos de recuperación.

REC 13/19. Se recomienda a Swiftair, como operador, que tome las medidas necesarias para asegurar que sus tripulaciones técnicas mantienen en el tiempo los conocimientos y habilidades relacionados con las siguientes áreas:

- Habilidades no técnicas (CRM): toma de decisiones, gestión de emergencias, focalización y asertividad.
- Adherencia a procedimientos operativos, distribución de funciones en cabina y realización de listas de comprobación.
- Comunicación y coordinación con la cabina de pasaje en situaciones de emergencia.

REC 14/19. Se recomienda a Swiftair, como operador, que tome las medidas necesarias para asegurar que sus tripulaciones de cabina de pasajeros adquieren y mantienen en el tiempo los conocimientos y habilidades necesarios para gestionar de forma adecuada y completa emergencias médicas en vuelo.

REC 15/19. Se recomienda a Swiftair, como operador, que tome las medidas necesarias respecto al control de calidad de los equipos de suministro de oxígeno a bordo para asegurar el correcto funcionamiento de botella y máscara en caso de ser necesaria su utilización.