



**COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES
E INCIDENTES DE
AVIACIÓN CIVIL**

Informe técnico A-010/2015

Accidente ocurrido a la aeronave
ATR72-212A, matrícula EC-KGJ, operada
por NAYSA, en crucero a FL130
entre Tenerife y Gran Canaria,
el 22 de marzo de 2015



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-010/2015

**Accidente ocurrido a la aeronave ATR72-212A,
matrícula EC-KGJ, operada por NAYSA,
en crucero a FL130 entre Tenerife y Gran Canaria,
el 22 de marzo de 2015**



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**

**MINISTERIO
DE FOMENTO**

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-15-003-X

Diseño, maquetación e impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

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

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

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

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

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

Índice

Abreviaturas	vi
Sinopsis	vii
1. Información factual	1
1.1. Antecedentes del vuelo	1
1.2. Lesiones personales	1
1.3. Daños a la aeronave	2
1.4. Otros daños	2
1.5. Información sobre el personal	2
1.6. Información sobre la aeronave	3
1.7. Información meteorológica	5
1.8. Ayudas para la navegación	9
1.9. Comunicaciones	11
1.10. Información de aeródromo	11
1.11. Registradores de vuelo	11
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto	15
1.13. Información médica y patológica	15
1.14. Incendio	16
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia	16
1.16. Ensayos e investigaciones	17
1.17. Información sobre organización y gestión	19
1.18. Información adicional	20
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces	21
2. Análisis	23
2.1. Previsión de turbulencia previa al vuelo	23
2.2. Información suministrada a la tripulación	24
2.3. Desarrollo del vuelo	25
2.4. Capacidad de detección de turbulencias durante el vuelo	27
2.5. La tripulación antes de la turbulencia	27
2.6. La turbulencia	28
2.7. Después de la turbulencia	29
3. Conclusiones	31
3.1. Constataciones	31
3.2. Causas/factores contribuyentes	32
4. Recomendaciones de seguridad operacional	33

Abreviaturas

°	Grado
AAS	Sistema de aviso antihielo
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AIP	Publicación de información aeronáutica
ATC	Control de tráfico aéreo
ATIS	Servicio automático de información de área terminal
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión
CAT	Turbulencia en aire claro
CECOA	Centro de coordinación de operaciones del aeropuerto
CPL (A)	Licencia de piloto comercial de avión
CVR	Registrador de voces en cabina
EFIS	Sistema electrónico de instrumentos de vuelo
EHSI	Indicador electrónico de situación
FCOM	Manual de operaciones de tripulación de vuelo
FDR	Registrador de datos de vuelo
FIR	Región de información de vuelo
FL	Nivel de vuelo
ft	Pie(s)
g	Aceleración de la gravedad
GCLP	Indicativo del aeropuerto de Gran Canaria
GCXO	Indicativo del aeropuerto de Tenerife Norte
GNSS	Sistema de gestión de navegación global
h	Hora
hPa	Hecto-Pascal
IATA	Asociación de transporte aéreo internacional
IR	Habilitación de vuelo instrumental
kt	Nudo(s)
m	Metro(s)
min	Minuto(s)
mm	Milímetro(s)
OACI	Organización de aviación civil internacional
OMPA	Oficina meteorológica principal aeronáutica
OVM	Oficina de vigilancia meteorológica
P/N	Número de la parte
PF	Piloto a los mandos
PNF	Piloto no a los mandos
S/N	Número de la serie
seg	Segundo
SMA	Servicio médico del aeropuerto
TA	Altitud de transición
TCP	Tripulante de cabina de pasajeros
TOD	Punto de inicio de descenso
UK	Reino Unido
UTC	Tiempo universal coordinado
VOR/DME	Radiofaro omnidireccional en VHF/Equipo medidor de distancias
WAFC	Centro mundial de pronósticos de área

Sinopsis

Propietario y operador:	NAYSA
Aeronave:	ATR72-212A, matrícula EC-KGJ
Fecha y hora del accidente:	Domingo, 22 de marzo de 2015, 21:49 hora local ¹
Lugar del accidente:	En crucero a FL130 entre Tenerife y Gran Canaria
Personas a bordo:	48 pasajeros, 1 herido grave 4 tripulantes, 3 heridos leves
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial - interior - regular - pasajeros
Fase de vuelo:	En ruta - crucero
Fecha de aprobación:	23 de julio de 2015

Resumen del accidente

La aeronave EC-KGJ, tras 16 min de vuelo, estabilizada a FL130 en la fase de crucero, entre los aeropuertos de Tenerife Norte y Gran Canaria, sufrió una turbulencia que produjo en la aeronave una aceleración vertical de 2,54 g que no pudo ser prevista por la tripulación. El aviso de “abróchense los cinturones” estaba desactivado en el momento de ocurrir la turbulencia por lo que tres personas se encontraban de pie en la cabina de pasaje.

Ese día existía una depresión atmosférica aislada centrada al noreste de Canarias cuyo radio de acción contenía de lleno la zona entre las islas de Gran Canaria y Tenerife. Las imágenes del satélite y los mapas de presión indicaban la presencia de nubosidad abundante de tipo convectivo y turbulencia en la zona.

La investigación ha determinado que la turbulencia fue de origen convectivo y ligera y que se dieron los siguientes factores contribuyentes al accidente:

- la utilización por parte del operador de un mapa significativo que no incluía la previsión de turbulencia y engelamiento en la zona donde se produjo el accidente,
- la situación de atmósfera estable que se había producido en las fases de crucero de los tres vuelos anteriores y durante los 7 min previos a la turbulencia, en los que el vuelo se había desarrollado completamente estable sin ninguna fluctuación en la aceleración vertical, y
- la limitación de los radares meteorológicos para detectar determinados fenómenos atmosféricos, como por ejemplo, las turbulencias que no son capaces de detectar.

El informe contiene una recomendación sobre seguridad operacional dirigida al operador Naysa.

¹ La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local obtenida del registrador de datos de vuelo. La hora local coincide con la hora UTC.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El domingo 22 de marzo de 2015, la aeronave EC-KGJ, modelo ATR72-212A, operada por NAYSA para Binter, sufrió una turbulencia que produjo una aceleración vertical de 2,54 g a las 21:49 h cuando se encontraba a nivel de vuelo FL130, entre las islas de Tenerife y Gran Canaria.

La aeronave, con indicativo de vuelo NT190, realizaba un vuelo regular entre ambas islas, con salida programada a las 21:30 h y llegada prevista las 22:00 h. A bordo iban 48 pasajeros, dos pilotos y dos tripulantes de cabina de pasajeros (TCP).

Era el cuarto y último vuelo del día de la tripulación y el comandante era el piloto a los mandos. La aeronave despegó a las 21:33 h del aeropuerto de Tenerife Norte e inició el ascenso con intención de alcanzar FL90, el nivel de crucero habitual. Debido a que había nubes a FL90 y FL100, la aeronave continuó el ascenso hasta un nivel libre de nubes, FL130, que alcanzó a las 21:42 h.

Se estabilizó en este nivel y, tras 7 min de vuelo en crucero, a las 21:49 h, se produjo una turbulencia que originó una aceleración vertical máxima de 2,54 g. La señal de “abróchense los cinturones”² estaba desactivada y la turbulencia se produjo con tres personas de pie que resultaron heridas.

La tripulación informó a los servicios de control de tráfico aéreo del suceso y solicitó atención médica a la llegada al aeropuerto de Gran Canaria, donde aterrizó a las 22:04 h sin incidencias.

Durante el vuelo se activó en dos ocasiones la indicación de acumulación de hielo³: la primera durante el ascenso desde Tenerife Norte, y la segunda durante la turbulencia.

1.2. Lesiones personales

Los dos TCPs y un pasajero resultaron heridos durante la turbulencia debido a que estaban de pie. Posteriormente, el copiloto, pesar de que siguió volando los días posteriores a la turbulencia, fue dado de baja.

² Traducción de SEAT BELT SIGN utilizada en el Manual de Operaciones del operador. Este parámetro no queda registrado en el registrador de datos de vuelo (FDR).

³ Parámetro ICE DETECTION registrado en el FDR.

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Lesionados graves		1	1	
Lesionados leves	3		3	
llesos	1	47	48	
TOTAL	4	48	52	

1.3. Daños a la aeronave

Ninguno. En función de la aceleración vertical soportada y el peso de la aeronave, el fabricante tenía establecidos unos criterios para valorar la necesidad de realizar una inspección estructural a la aeronave. En este caso, no cumplían con los requisitos y la aeronave no tuvo que ser inspeccionada. Volvió a operar el día siguiente.

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

El comandante, de nacionalidad española y 43 años de edad, llevaba trabajando para el operador desde septiembre de 2007. Tenía una licencia de ATPL(A) y habilitaciones en ATR42/72 e IR válidas y en vigor⁴ emitidas por AESA. Su certificado médico estaba en vigor⁵ en el momento del accidente. Tenía una experiencia total de vuelo de 7410 h totales, de las cuales 4546 h eran en el tipo. Había volado 60 h el último mes, 109 h los dos meses anteriores y 151 h el trimestre anterior al accidente. El día anterior al accidente había estado de descanso. El siguiente vuelo tras el accidente fue tres días después.

El copiloto, de nacionalidad española y 42 años, llevaba desde junio de 2013 trabajando para el operador. Tenía una licencia de CPL(A) y habilitaciones en ATR42/72 e IR válidas y en vigor⁶ emitidas por AESA. Su certificado médico estaba en vigor⁷ en el momento del accidente. Acumulaba 2005 h totales y 965 h en el tipo. El último mes había volado 31 h, los dos meses previos 79 h y los tres meses previos 127 h.

⁴ Validez hasta 30/06/2015.

⁵ Validez hasta 10/06/2015.

⁶ Validez hasta 30/04/2015.

⁷ Validez hasta 10/05/2015.

El sobrecargo, TCP 1, de nacionalidad española y 30 años de edad, era TCP desde el año 2004. Había trabajado anteriormente en Binter y llevaba en Naysa desde junio de 2007. Tenía una licencia de TCP con habilitación en ATR42/72 válida y en vigor⁸ emitida por AESA. Su certificado médico era válido y estaba en vigor⁹. Su actividad el último mes había sido de 52 h. Los dos meses previos había volado 122 h y los tres meses anteriores 126 h.

El TCP 2, de nacionalidad española y 33 años, llevaba trabajando para el operador desde mayo de 2008, donde acumulaba toda su experiencia profesional. Tenía una licencia de TCP con habilitación en ATR42/72 válida y en vigor¹⁰ emitida por AESA. Su certificado médico era válido y estaba en vigor¹¹. Había volado 43 h el último mes, 80 h los dos meses previos y 138 h los tres meses previos.

Los cuatro miembros de la tripulación habían comenzado su actividad ese mismo día por la tarde. El primer vuelo había despegado a las 18:37 h desde Gran Canaria y habían hecho tres saltos:

Gran Canaria-Tenerife Norte, Tenerife Norte-La Palma, La Palma-Tenerife Norte. El vuelo del incidente era el cuarto y último del día.

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave, modelo ATR-72-212A, S/N 753, había sido fabricada en el año 2007 y matriculada ese mismo año en España con el registro EC-KGJ. Tenía dos motores Pratt&Whitney PW-127F. Acumulaba 13861 h y 25202 ciclos totales. Tras el incidente volvió a volar al día siguiente.

De acuerdo con el programa de mantenimiento de la aeronave¹², las últimas acciones de mantenimiento realizadas a la aeronave habían sido:

- 22/03/2015: revisión semanal. 13857 h y 25200 ciclos de aeronave.
- 21/03/2015: revisión cada tres días. 13852 h y 25189 ciclos de aeronave.
- 03/03/2015: revisión 5000 h. 13808 h y 25098 ciclos de aeronave.
- 18/02/2015: revisión trimestral o cada 600 ciclos. 13733 h y 24982 ciclos de aeronave.
- 25/01/2015: revisión 1000 h. 13616 h y 24803 ciclos de aeronave.

⁸ Validez hasta 08/04/2017.

⁹ Validez hasta 12/09/2019.

¹⁰ Validez hasta 08/04/2017.

¹¹ Validez hasta 12/09/2019.

¹² Programa aprobado por AESA.

1.6.1. Información de aceleraciones verticales durante el vuelo

Con objeto de establecer un criterio claro sobre cuándo reportar un “hard landing o toma dura”, en agosto de 2012 el operador emitió un comunicado interno¹³ a sus tripulaciones que indicaba cómo obtener el valor de las aceleraciones verticales a través del computador de vuelo¹⁴. El comandante, el día del incidente, utilizó el mismo procedimiento para conocer las aceleraciones que se habían producido durante la turbulencia.

1.6.2. Información de “SEAT BELTS”¹⁵

En el panel de señalización se sitúa la palanca de actuación de los cinturones de seguridad que tiene dos posiciones “OFF” y “SEAT BELTS”. Cuando se selecciona “SEAT BELTS” en la cabina de pasaje aparece el mensaje “FASTEN SEAT BELTS” y en el lavabo “RETURN TO SEAT”. Con estos mensajes suena un aviso acústico en la cabina de pasaje.

1.6.3. Radar meteorológico

En vuelo, la información meteorológica captada por el radar meteorológico, se presenta integrada en el EHSI (electronic horizontal situation indicator)¹⁶. La severidad del fenómeno meteorológico detectado se presenta en un código de cuatro colores que varía desde el verde (severidad moderada) hasta el magenta (severidad intensa) en función de la lluvia detectada¹⁷.

El radar meteorológico, que se basa en los ecos de retorno, sólo detecta gotas de precipitación y, dependiendo del tamaño, composición y número de las gotas, la información que suministra el radar será más o menos precisa del fenómeno real. La precipitación húmeda, es decir, la que contiene agua, es la que mejor detectan los radares meteorológicos. Las gotas de lluvia producen cinco veces mejores ecos que las gotas de hielo o de niebla del mismo tamaño, por ejemplo.

En líneas generales¹⁸, el radar meteorológico es fiable detectando lluvia o cualquier precipitación que sea húmeda, pero no es capaz de detectar nubes, niebla o viento (fenómenos en los que las gotas son muy pequeñas o no hay agua), turbulencias en aire claro (donde no hay precipitación), rayos, cizalladura o tormentas de arena.

¹³ “Procedimiento GNSS para conocer las G en el aterrizaje”.

¹⁴ HT1000 Global Navigation Management System de Honeywell.

¹⁵ FCOM (flight crew operating manual) ATR72. Aircraft General – Lighting. 1.00.40.

¹⁶ Pantalla inferior del EFIS (Electronic flight instrument system). FCOM.

¹⁷ FCOM ATR72. Navigation system. Weather radar.

¹⁸ Flight operating briefing notes: adverse weather operations. Optimum use of the weather radar. AIRBUS.

1.6.4. Aviso de detección de acumulación de hielo en cabina

El sistema de aviso antihielo (AAS anti icing advisory system) del ATR72 incluye detectores de acumulación de hielo, sistemas de deshielo para motores y estructura¹⁹ y sistemas antihielo²⁰ para hélices, alerones, timón de profundidad, timón de dirección y ventanas.

El sensor de detección de hielo está localizado debajo del plano izquierdo. Cuando se ha acumulado una capa de hielo de 0,5 mm en el sensor, en cabina se ilumina el indicador ámbar ICING y se activan las indicaciones acústicas (single chime) y visuales (luz naranja) del aviso de precaución (master caution). La activación del indicador de ICING queda registrada en el FDR y en el vuelo del accidente se activó durante la turbulencia.

Cuando desde cabina se activan los sistemas de deshielo de la estructura (AIRFRAME DE ICING), se enciende el indicador azul DE ICING en el panel correspondiente. Este parámetro queda registrado en el FDR.

1.7. Información meteorológica

1.7.1. Análisis AEMET

La valoración realizada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) sobre la meteorología en el vuelo del accidente, mostraba que existía una depresión aislada en niveles altos centrada al noreste de Canarias cuyo radio de acción contenía, de lleno, la zona entre las islas de Tenerife y Gran Canaria. El fuerte gradiente de presiones que se observaba tanto en los mapas de 500 hPa como en el de 300 hPa, auguraban una turbulencia fuerte en la zona. La imagen del satélite Meteosat, indicaba que existía nubosidad muy abundante de tipo convectivo y que, por lo tanto, podría aumentar la turbulencia de la zona.

1.7.2. Información meteorológica emitida el día 22/03/2015

Los mapas significativos contienen información de fenómenos meteorológicos en ruta. Se emiten cada 6 horas y existen dos tipos, en función de la altura que cubren: mapa significativo de baja cota (desde nivel del suelo a FL150) y mapa significativo de media-alta cota (FL100 a FL450).

¹⁹ ENG DE ICING y AIRFRAME DE ICING.

²⁰ ANTI ICING (PROP-HORNS-SIDE WINDOWS).

En función del periodo de validez de los pronósticos, para los tres primeros saltos fue de aplicación el mapa significativo de las 18:00 UTC del 22/03/2015. Para el último salto, el del accidente, era de aplicación el mapa de las 00:00 UTC del 23/03/2015.

Mapas significativos de baja cota (figura 1, mapas superior e inferior izquierdos)

El mapa significativo de baja cota²¹ (hasta FL150) emitido por la OVM (Oficina de vigilancia meteorológica) de Las Palmas de Gran Canaria²² y válido para las 18:00 UTC del día 22/03/2015 pronosticaba, entre las 15:00 UTC y 21:00 UTC:

- Las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma dentro de una zona²³ de nubosidad homogénea y/o con tiempo significativo de las siguientes características:
 - Chubascos con visibilidad entre 1000 m y 5000 m.
 - Tormentas mezcladas con capas de nubes, lo que implica turbulencia y engelamiento de moderado a fuerte.
 - Cumulonimbus y cúmulos congestus de gran extensión vertical entre 3000 ft y por encima de FL150, bien separados.
 - Cielo nuboso entre 2500-3000 ft y por encima de FL150.

El mapa significativo de baja cota emitido por la OVM de Las Palmas de Gran Canaria válido para las 00:00 UTC del día 23/03/2015 pronosticaba unas condiciones similares a las de las 18:00 UTC con una extensión hacia el oeste de la zona de nubosidad. Este mapa era válido desde las 21:00 UTC del 22/03/2015 hasta las 03:00 UTC del 23/03/2015 y estuvo disponible aproximadamente a las 17:00 UTC del 22/03/2015, es decir, antes de iniciar los vuelos de ese día.

Mapas significativos de media-alta cota (figura 1, mapas superior e inferior derechos)

El mapa significativo de media-alta cota (FL100-450) emitido por el WAFC (world area forecast center) de Londres²⁴ válido para las 18:00 UTC del día 22/03/2015 indicaba que:

- Entre las islas de Gran Canaria y Tenerife se situaba el límite de una zona de nubosidad homogénea y/o de tiempo significativo de las siguientes características:
 - Cumulonimbus ocasionales hasta FL240. Cumulonimbus implica la presencia de tormenta eléctrica, granizo, turbulencia de moderada a fuerte y engelamiento.

²¹ Los mapas significativos de baja cota muestran fenómenos de tiempo peligrosos para los vuelos a baja altura. Recoge las condiciones meteorológicas pronosticadas. Para la nubosidad y los fenómenos significativos el pronóstico es válido desde 3 h antes hasta 3 h después de la hora de validez indicada en el mapa. AIP GEN 3.5.

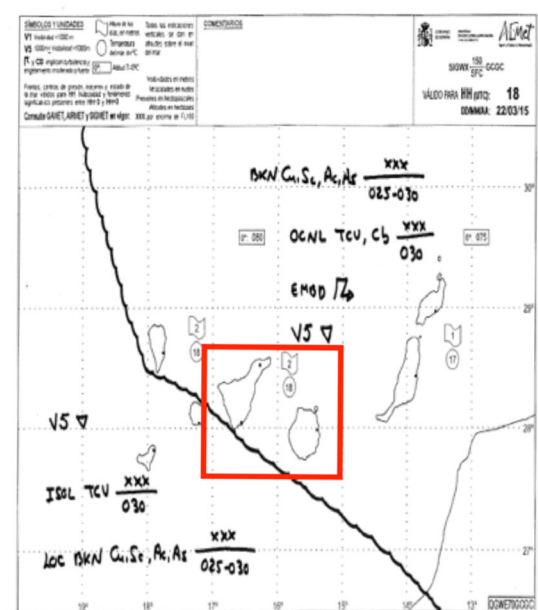
²² La OVM de Las Palmas genera los mapas significativos de baja cota para la región de información de vuelo FIR Canarias "Subzona islas". AIP GEN 3.5.

²³ Los límites de las zonas de nubosidad y/o tiempo significativo se marcan con una línea festoneada.

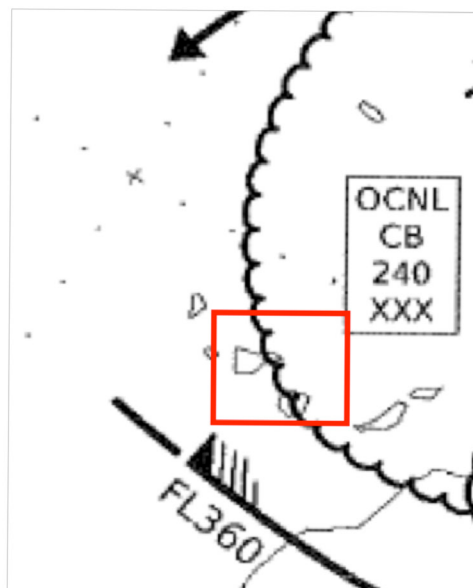
²⁴ Los WAFC proporcionan los datos de predicción para los mapas significativos para media y alta cota. Sólo existen dos oficinas de predicción de área en el mundo: la de Londres y la de Washington. El mapa de las 18:00 UTC estuvo disponible a las 01:00 UTC y el de las 00:00 UTC del 23/03/2015 estuvo disponible a las 07:00 UTC del 22/03/2015.

El mapa significativo de media-alta cota emitido por el WAFC de Londres válido para las 00:00 UTC del día 23/03/2015, indicaba que la zona de nubosidad se había desplazado ligeramente hacia el oeste pero seguía afectando a las islas de Tenerife y Gran Canaria con los siguientes fenómenos:

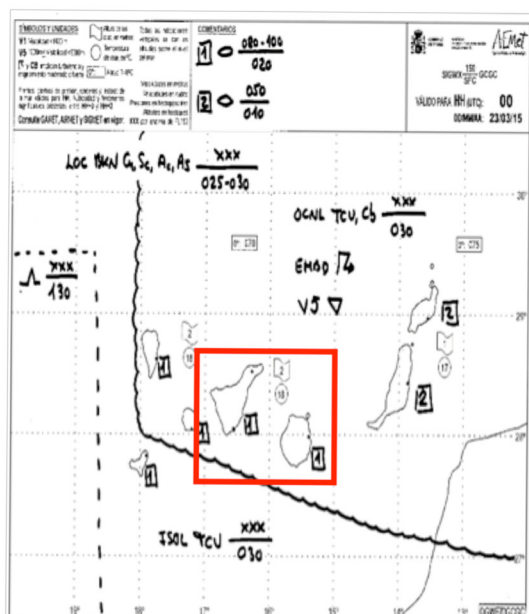
- Turbulencia moderada desde el suelo hasta FL140.
- Engelamiento moderado en la aeronave desde el suelo hasta FL140.



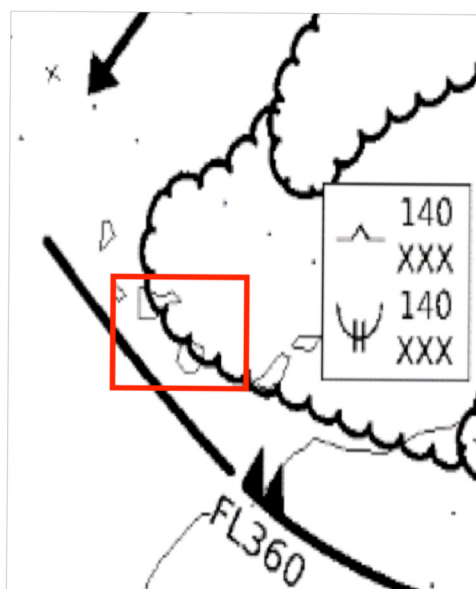
baja cota 18:00 UTC (AEMET)



media-alta cota 18:00 UTC (WAFC)



baja cota 00:00 UTC (AEMET)



media-alta cota 00:00 UTC (WAFC)

Figura 1. Mapas significativos (SIGWX) de baja y media-alta cota

Avisos de fenómenos adversos

AEMET había emitido boletines de fenómenos adversos de nivel amarillo que afectaban a las islas de origen y destino del vuelo avisando de chubascos de carácter fuerte sobre todo en la vertiente norte y este de ambas islas.

1.7.3. Información meteorológica de despacho utilizada por la tripulación

La información meteorológica que utilizaba el operador, y que suministraba a las tripulaciones para preparar los vuelos, era suministrada por la empresa AIR SUPPORT Denmark. Además de otra información, como mapas de vientos y temperatura en altura y en planta para cada uno de los saltos, la información incorporaba dos mapas de tiempo significativo, uno para las 18:00 UTC del 22/03/2015 y otro para las 00:00 UTC del 23/03/2015. Tal y como se indicaba en la leyenda de los dos mapas, éstos mapas se obtenían a partir de los datos del WAFC Londres y eran procesados por la empresa AIR SUPPORT Denmark.

- El primer mapa de tiempo significativo (figura 2, mapa izquierdo) era el emitido por el WAFC de Londres de media-alta cota válido para las 18:00 UTC (figura 1 superior derecho), en el que se había representado la trayectoria Gran Canaria-Tenerife (el primer salto del día con despegue planificado a las 18:30 UTC). Este vuelo transcurría en la zona limítrofe en la que había pronosticado:
 - Cumulonimbus ocasionales hasta FL240, lo que supone tormenta eléctrica, granizo, turbulencia de moderada a fuerte y engelamiento.
- El segundo mapa (figura 2, mapa derecho) no coincidía con el emitido por el WAFC de Londres de media-alta altura cota válido para las 00:00 UTC del 23/03/2015 (figura 1 inferior derecho). La zona de nubosidad dejaba fuera a la isla de gran Canaria aunque la de Tenerife se encontraba parcialmente cubierta por una zona donde estaba previsto engelamiento y turbulencia moderados hasta FL240. En este mapa se había representado la trayectoria del último salto del día, el vuelo del accidente (con despegue planificado a las 21:30 UTC).



último vuelo: vuelo del accidente

- (1) 21:33:16 h Despegue de Tenerife Norte.
- (2) 21:37:49 h ATC autorizó directo al DVOR/DME GDV, situado al norte de Gran Canaria.
- (3) 21:39:16 h Aeronave solicitó FL130.
- (4) 21:41:52 h Aeronave alcanzó FL130.
- (5) 21:44:05 h Se desactivó la señal de "abróchense los cinturones"²⁵.
- (6) 21:49:12 h Turbulencia.
- (7) 21:49:32 h Aeronave informó a ATC que descendía "para evitar". Después comunicó un desvío en rumbo este por el mismo motivo.
- (8) 21:49:57 h Solicitud de desvío de otra aeronave "para evitar".
- (9) 21:53:08 h Petición a ATC de médico a la llegada para tres personas que, debido a turbulencias, se habían caído.
- (10) 21:53:27 h ATC informó al tráfico siguiente que, aunque iría antes en la secuencia de aterrizaje, iba a darle prioridad a la aeronave EC-KGJ.
- (11) 22:04:39 h Aterrizaje en Gran Canaria.

ATC transmitió la petición de ayuda a la llegada al resto de unidades y dependencias afectadas.

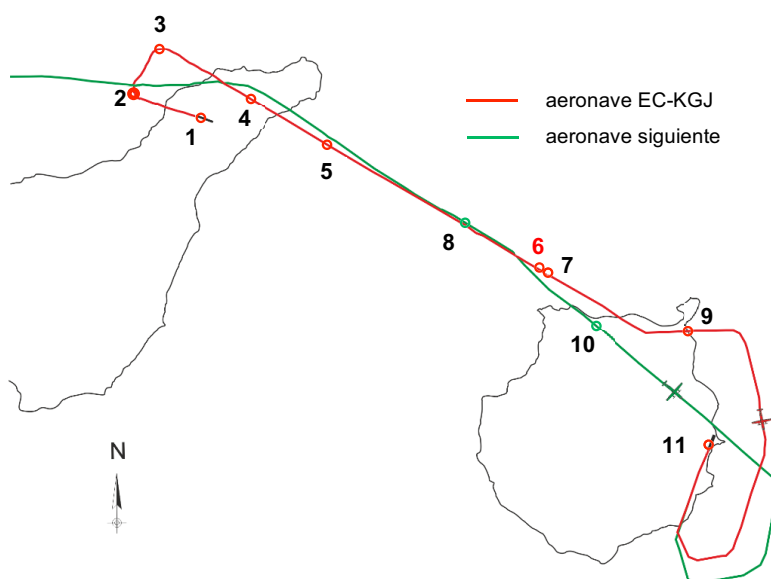


Figura 4. Trayectoria de la aeronave EC-KGJ y de la aeronave siguiente

²⁵ Esta información se ha obtenido del análisis de los registradores de vuelo pero se incluye en este apartado y en la figura 4 para mostrar una secuencia completa de los eventos durante el vuelo.

Aproximadamente 20 min antes de la turbulencia, a las 21:33 h, dos aeronaves, en sentidos opuestos, pasaron por la misma zona en que se produjo la turbulencia. La primera de ellas a FL130 con destino Gran Canaria, donde aterrizó a las 21:45 h sin incidencias. La segunda a FL100 con destino Tenerife Norte. Ninguna de ellas reportó a ATC turbulencias en vuelo y no tuvieron que desviarse por la meteorología.

Detrás de la aeronave EC-KGJ se encontraba otra procedente de La Palma con destino Gran Canaria, representada en la figura 4 en línea verde. Esta aeronave realizaba la misma ruta pero a FL150 y detrás. Poco antes de llegar a la zona donde se produjo la turbulencia la aeronave se desvió hacia el sureste por motivos meteorológicos.

1.9. Comunicaciones.

Las comunicaciones con ATC más relevantes se han integrado en la trayectoria y están incluidas en el apartado 1.8.

1.10. Información de aeródromo

No relevante para la investigación.

1.11. Registradores de vuelo

El operador preservó los registradores de vuelo²⁶ y se pudieron obtener las comunicaciones y los datos del vuelo relativos al accidente.

La figura 5 muestra los parámetros del FDR más relevantes para el evento. Se han incluido, además, los puntos de la trayectoria referenciados del 1 al 11 descritos en el apartado 1.8.

²⁶ La aeronave iba equipada con dos registradores de L3 Communications. CVR modelo FA2100: P/N 2100-1020-02 S/N 263077. FDR modelo FA2100: P/N 2100-4043-00 S/N 272612.

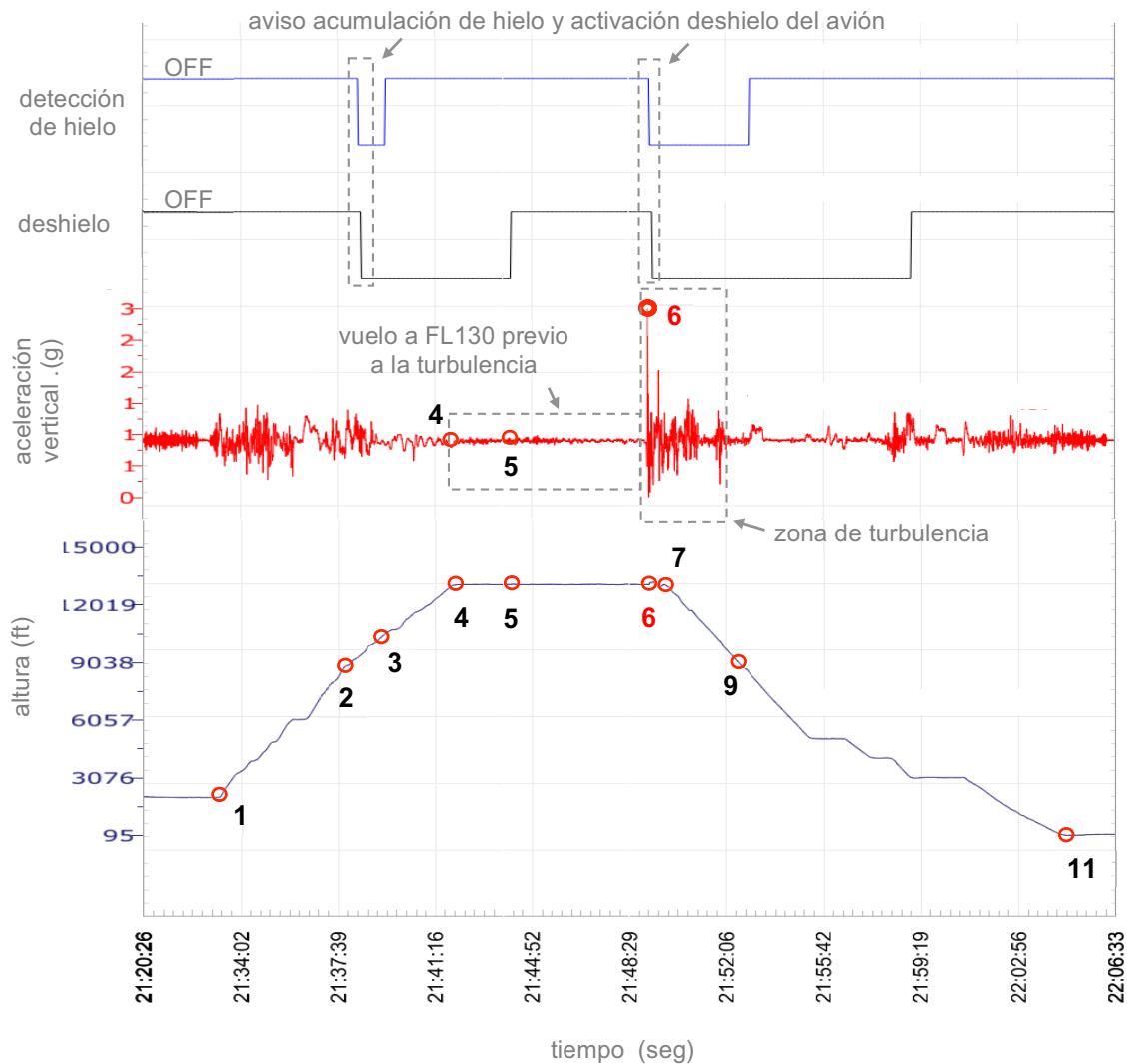


Figura 5. Parámetros de vuelo de la aeronave EC-KGJ

Las comunicaciones y los datos de vuelo mostraron que:

- El piloto a los mandos era el comandante.
- El ambiente en cabina era cordial y había una excelente comunicación entre ambos pilotos.
- Durante todo el vuelo²⁷ se ejecutaron todas las listas de chequeo. El comandante, como piloto a los mandos, las solicitó en todas las ocasiones y se identificaron el comienzo y la finalización de cada una de las listas.

²⁷ Los vuelos anteriores que quedaron registrados en el CVR mostraron la misma dinámica de cabina: todas las listas se completaron íntegramente y la identificación de avisos en cabina se realizó y se gestionó de forma inmediata.

Despegue y ascenso, 8 min 36 seg:

- El despegue se produjo a las 21:33:16 h (punto 1). Solicitaron inicialmente FL110.
- El ascenso hasta nivel de crucero duró hasta las 21:41:52 h (punto 1 a 4).
- A las 21:38:26 h, a 9367 ft y en ascenso, se activó el aviso de acumulación de hielo en el avión. El aviso fue inmediatamente detectado por los dos pilotos que identificaron y verbalizaron, ambos, en voz alta, el aviso que apareció en cabina "ICING". 7 seg después se registró la activación de los sistemas de deshielo de la aeronave. Esto daría pie a que el comandante decidiese seguir el ascenso y solicitase un nivel más alto, FL130 (punto 3).
- A las 21:40:49 h el comandante hizo un comentario de que a ese nivel de vuelo iban a ir "muy bien", refiriéndose a las condiciones meteorológicas. Estaban a 11850 ft y las aceleraciones verticales eran prácticamente 1 g, sin apenas fluctuaciones.

Crucero, 7 min 40 seg:

- La aeronave alcanzó FL130 a las 21:41:52 h (punto 4). Las aceleraciones verticales a partir de este momento se mantendrían en 1 g sin apenas fluctuaciones (entre 0,96 y 1,01 g). Mantenían los sistemas de deshielo activados.
- A las 21:42:30 h se escuchó en cabina "a escribir" refiriéndose a que iban a cumplimentar la documentación referente al vuelo²⁸. A las 21:45:12 h mencionaron el último dato que debían cumplimentar.
- A las 21:43:50 h, con la aeronave en fase de crucero, el comandante comentó que iban a quitar ya el deshielo porque "no había nada". Comprobaron el sensor de detección de hielo en el plano y quedó registrada la desconexión del sistema de deshielo a las 21:44:05 h.
- En este momento, a las 21:44:05 h (punto 5)²⁹, el comandante desconectó el aviso de "abróchense los cinturones", aunque indicó al sobrecargo que no "sacara el carro"³⁰. Llevaban 1 min 58 seg estabilizados a FL130 sin fluctuaciones de la aceleración vertical y se mantendrían así otros 5 min y 7 seg hasta que se produjo la turbulencia.
- A las 21:46:41 h el comandante buscó la ficha de llegada a Gran Canaria y sintonizaron el ATIS del aeropuerto de Gran Canaria durante un minuto.

²⁸ La tripulación recibe en el despacho de vuelo (delivery) un conjunto de documentación que debe ser completada con ciertos datos de cada vuelo. Esta documentación comprende la hoja de datos de cierre, el plan operacional de vuelo y el diario de abordó. En los vuelos anteriores, registrados en el CVR, esta documentación se completó después del aterrizaje.

²⁹ En base a los vuelos anteriores, cuando se desactiva la señal de cinturones los TCPs activan una voz automática al pasaje, desaparece la música ambiente y el sobrecargo pregunta a los pilotos si desean tomar algo antes de iniciar ellos el servicio al pasaje. Aunque la activación de cinturones no queda registrada en el FDR, estas pautas de actuación han permitido determinar, analizando el CVR, cuándo se produjo.

³⁰ El servicio a bordo se realiza en la fase de crucero una vez se han soltado cinturones. Consiste en proporcionar a los pasajeros determinados productos. Se realiza, en condiciones normales, desplazando un carro (trolley) por el pasillo en el que están almacenados los productos. También se puede realizar sin carro, en cuyo caso los TCPs llevan unas bandejas en la mano con las que distribuyen los productos menos pesados.

- A las 21:48:25 h el comandante revisó en voz alta con el copiloto la llegada a Gran Canaria y la maniobra de aproximación frustrada. Acabaron de revisarlas a las 21:49:07 h, un segundo antes de empezar a fluctuar la aceleración vertical.
- Turbulencia:
 - La aeronave entró en una zona de turbulencia donde se produjeron fluctuaciones en las aceleraciones verticales hasta las 21:52:06 h, es decir, un total de 2 min 57 seg.
 - Antes de la turbulencia la aeronave se encontraba a 13810 ft.
 - $t = -3$ seg. La aceleración vertical empezó a descender por debajo de 1 g^{31} .
 - $t = -1$ seg. A las 21:49:11 h se escuchó activar tres veces el aviso de llamada a las TCPs.
 - $t = 0$ seg. A las 21:49:12 h (punto 6) se registró el máximo de 2,54 g.
 - $t = +4$ seg. A las 21:49:16 h, cuatro segundos más tarde de la máxima aceleración vertical, se activó el detector de acumulación de hielo.
 - $t = +5$ seg. A las 21:49:17 h se registró 0,38 g.
 - $t = +6$ seg. A las 21:49:18 h, se escuchó al comandante pedir deshielo.
 - El piloto automático no se desconectó durante la turbulencia.
 - Las variaciones en los parámetros de vuelo durante la zona de turbulencia fueron:
 - Variaciones máximas de altura: +85 ft y -62 ft.
 - Variaciones máximas de velocidad: +14 kt y -13 kt.
 - Ángulo de asiento: $+1^\circ$ y -1° .
- La reacción de la tripulación fue inmediata activando los cinturones, avisando a la tripulación de cabina un segundo antes del máximo, activando los sistemas de deshielo y realizando un descenso para abandonar la zona.
- En ningún momento de la fase de crucero se escuchó ningún comentario sobre el radar meteorológico.

Descenso, 15 min 7 seg:

- Se inició a las 21:49:32 h, 20 seg más tarde de producirse el máximo de aceleración vertical.
- A las 21:50:02 h, se produjo la primera de tres llamadas a los TCPs para saber cómo estaban. En esta primera comunicación, la TCP2 informó que habían saltado, que se habían caído al suelo y que el sobrecargo tenía la pierna mal. En una segunda llamada, informaron que un pasajero se había caído en el baño y que el sobrecargo tenía la rodilla partida.
- A las 21:50:23 h el TCP2 realizó una llamada al pasaje solicitando un médico a bordo.
- A las 21:52:06 h finalizó la zona de turbulencia.

³¹ Aceleraciones verticales inferiores a 1 g producen la sensación de "estar flotando". Aceleraciones verticales superiores a 1 g producen la sensación de "pegarse al asiento".

- A las 21:52:56 h desapareció el aviso de acumulación de hielo, pero la tripulación mantuvo activado el sistema de deshielo.
- Durante el descenso, la tripulación comentó en dos ocasiones lo ocurrido “es que no lo esperábamos, estábamos encima de las nubes a nivel 13, completamente...”, “estaba todo limpio”.
- A las 22:04:39 h se produjo el aterrizaje por la pista 03L del aeropuerto de Gran Canaria.
- La aeronave rodó hasta su puesto de estacionamiento.
- Tras la turbulencia, las comunicaciones las realizó el TCP2.

1.11.1. Vuelos anteriores

El CVR registró el tercer salto y la mayor parte del segundo. El FDR registró los cuatro saltos del día completos. De estos vuelos previos se pudo comprobar que:

- Primer salto (Gran Canaria-Tenerife Norte): Se realizó a FL100. Las aceleraciones verticales se mantuvieron sin fluctuaciones durante la fase de crucero. No se activó el detector de acumulación de hielo. El comandante era el piloto a los mandos.
- Segundo salto (Tenerife Norte-La Palma): Se realizó a FL100. Las aceleraciones verticales se mantuvieron sin fluctuaciones durante la fase de crucero. No se activó la acumulación de hielo. En crucero se desactivó la señal de cinturones y el servicio al pasaje se dio con normalidad. El comandante hizo un comentario sobre el radar. La documentación de despacho se rellenó tras el aterrizaje. El copiloto era el piloto a los mandos.
- Tercer salto (La Palma-Tenerife Norte): Se realizó a FL110. Las aceleraciones verticales se mantuvieron sin fluctuaciones durante la fase de crucero. Se escuchó un comentario del copiloto mencionando que se “veían las estrellas”. Soltaron cinturones un poco más tarde pero finalmente el servicio al pasaje se realizó con normalidad. En el descenso se activó el detector de hielo y 4 seg antes se registró el máximo valor de aceleraciones verticales del vuelo: 1,7 g. La documentación de despacho se completó tras el aterrizaje. El copiloto era el piloto a los mandos.

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

No aplica.

1.13. Información médica y patológica.

A la sobrecarga se le dobló la rodilla derecha. Tuvo que permanecer el resto del vuelo sentada en un asiento y no pudo ejercer sus funciones de sobrecarga. Fue atendida por el servicio médico del aeropuerto a la llegada a Gran Canaria y trasladada al hospital

esa misma noche, donde le escayolaron la pierna. A la mañana siguiente, le quitaron la escayola y le diagnosticaron una contusión en la rodilla. No fue dada de baja.

El TCP 2 cayó al suelo y sufrió daños en la región cervical y la espalda. Fue atendido en el servicio médico del aeropuerto y posteriormente trasladado al hospital. Estuvo tres semanas de baja.

El copiloto fue atendido inicialmente en el servicio médico del aeropuerto. Siguió volando inicialmente pero debido a que el dolor en la región lumbar no mejoraba acudió al médico. Estuvo un mes de baja y tuvo que someterse a rehabilitación por desplazamiento de vértebras.

El pasajero que se encontraba en el baño salió del mismo con el tobillo izquierdo hinchado y se sentó en un asiento cercano al baño. Fue atendido por el servicio médico del aeropuerto y trasladado al hospital, donde permaneció ingresado y finalmente fue operado del tobillo por fractura.

Según la información proporcionada por este pasajero, otros dos pasajeros resultaron con daños en la espalda y en el cuello. Ambos requirieron rehabilitación tras el accidente. Estos pasajeros no fueron tratados por el SMA (servicio médico del aeropuerto) el día del accidente.

1.14. Incendio.

No aplica.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia.

El servicio médico del aeropuerto fue avisado de la emergencia antes de la llegada del vuelo. Estaba preparado y acudió a la aeronave tras su aterrizaje. Atendió a un total de 4 personas: 3 tripulantes y 1 pasajero. De ellas, 2 tripulantes (los dos TCPs y el pasajero) fueron trasladados en ambulancia a un hospital.

El aviso de necesidad de atención médica a la llegada a Gran Canaria fue transmitida desde la dependencia en que se realizó la comunicación inicial, a la TWR Gran Canaria y desde ésta al Centro de Coordinación de Operaciones del aeropuerto (CECOA que movilizó al ejecutivo de servicio, al SMA, al servicio de movilidad reducida y al servicio de señaleros (TOAM).

1.16. Ensayos e investigaciones.

1.16.1. Declaración del comandante

Según describió el comandante, la información meteorológica de despacho para ese día mostraba alguna formación pero nada alarmante.

En este vuelo no soltaron los cinturones de la cabina de pasaje como suelen hacer habitualmente³² sino que los mantuvieron puestos porque estaba nuboso a esa altura. Habitualmente este vuelo se hace a FL090 pero como había nubes a FL090 y FL100 decidieron subir a FL130. Nivelaron a FL130 y a ese nivel de vuelo estaba todo calmado. Cuando pasados unos 2 min, el vuelo seguía estable decidió soltar los cinturones.

No era un vuelo en atmósfera turbulenta.

Antes de aparecer la turbulencia notó “algo” y sobre la marcha puso la señal de cinturones.

Veían las estrellas y era una noche clara. Llevaba el radar³³ puesto y no había nada a ese nivel, no había nada rojo³⁴. Debajo sí, pero no al nivel al que iban. Aunque en los vuelos suelen ir modificando el RANGE y el TILT, en este en concreto no lo recordaba.

Identificó la turbulencia como una turbulencia en aire claro y estable sin posibilidad de prevenirla. Cuando apareció la turbulencia no entraron en nubes. No se desconectó el piloto automático y no perdieron altura.

Decidieron descender por si acaso seguía habiendo turbulencia a ese nivel. Además estaban cerca del TOD³⁵. Había unas cuantas nubes al sur del VOR/DME GDV y, para evitar más problemas, se desviaron a la izquierda. También les ayudó a hacer más cómodo el vuelo.

Les dieron prioridad y aterrizaron en seguida.

³² Pasada la altura de transición, cuando hacen la CLIMB CHECKLIST, si el tiempo está bien sueltan cinturones. Para este vuelo, este momento se alcanza entre los puntos 2 y 3 de la figura 4 (página 9).

³³ El PF siempre lleva el radar en modo WX (para ver fenómenos meteorológicos). El PNF lleva el radar en modo GMAP (para ver el terreno).

³⁴ Se refiere al color magenta con el que se representan fenómenos meteorológicos de mayor severidad.

³⁵ Top of descend: punto de inicio del descenso.

1.16.2. Declaración del copiloto³⁶

Llegó al aeropuerto 1 h antes. Sacó la información de despacho y la revisó antes de que llegase el comandante. La revisó con él después. En Canarias la meteorología es muy particular, hay mucha incertidumbre. Esos días había turbulencia y recordaba que el mapa significativo tenía "cosas"³⁷.

Era el turno de tarde y tuvieron la turbulencia normal: en despegues y aterrizajes, como habitualmente. En crucero suele estar tranquilo.

La turbulencia les cogió llegando a Gran Canaria. Veía tierra a su derecha. Recuerda que se veían las estrellas. La turbulencia fue un salto brusco y durante un rato hubo un movimiento "tipo coctelera". No se cayó ni se soltó nada de la cabina de pilotos. En el ascenso se metieron en nubes pero en crucero no. No recuerda que en la turbulencia estuviesen en nubes.

Durante el vuelo no les da tiempo a actualizar información meteorológica en ruta porque el vuelo es muy corto. Lo que hacen es seleccionar el ATIS del aeropuerto de destino. mes de Mayo de 2012.

1.16.3. Declaración del sobrecargo o TCP 1

En todos los vuelos anteriores habían sacado el carro y no habían tenido que encender la señal de cinturones por turbulencia. Soltaron cinturones e hicieron el servicio completo con bandejas³⁸. Estaban atrás, en el galley, tenían la puerta del trolley (el carro) abierta porque estaban reponiendo y la bandeja bajada cuando escucharon el aviso. Se volvieron para ver que era y escucharon varias llamadas de la cabina de pilotos, la forma del comandante de indicar que era turbulencia. El último aviso lo escucharon en el suelo. Se le enganchó el pie en la puerta del trolley y se torció la rodilla.

Se sentó en uno de los asientos de la izquierda que estaba libre y no pudo levantarse más. La TCP2 hizo una llamada al pasaje solicitando un médico pero no había ninguno a bordo.

Recordaba que había algún pasajero llorando y vomitando.

No suele mirar fuera y no recuerda qué tiempo hacía.

³⁶ En la declaración del copiloto se dieron detalles similares a los del comandante que no se repiten de nuevo. Se incluye la información nueva.

³⁷ Término coloquial de denominar fenómenos meteorológicos.

³⁸ Cuando quitan cinturones, el TCP2 que está delante, va atrás, donde está el galley, cogen el trolley, van los dos TCP2 hacia delante y hacen el servicio de delante hacia atrás. Cuando no sacan el carro, cada uno coge una bandeja con los productos del servicio a bordo. Tienen aproximadamente 15 min para dar el servicio.

1.16.4. Declaración del TCP 2

En delivery³⁹ el comandante les dijo que iba a estar un poco revuelto y que habría lluvias en algún aeropuerto.

Cuando quitaron la señal de cinturones el avión no se movía. Debido a la caída del sobrecargo, ella tomó sus funciones (incapacitación de TCP). Todos los pasajeros estaban en sus asientos salvo el que se encontraba en el baño. Se cayeron los productos del servicio a bordo.

Tras la caída fue al baño para ayudar al pasajero que había dentro porque sabía que estaba ocupado. Tenía el pie hinchado y lo sentó en uno de los asientos de atrás, cerca del sobrecargo.

1.16.5. Declaración de pasajero

El pasajero que se encontraba en el baño describió que de manera imprevista, repentina y sorpresiva sintió como el avión fue sometido a fuertes movimientos. Se disponía a salir del baño y no pudo llegar a abrir la puerta, al verse "sacudido".

1.17. Información sobre organización y gestión.

La decisión de soltar cinturones y sacar el carro es siempre del comandante, independientemente de que sea el piloto a los mandos o no. Se toma esta decisión en función de las condiciones meteorológicas que se observan durante el vuelo⁴⁰.

El sobrecargo, igualmente, en caso de estar en turbulencia y no tener instrucciones por parte de la tripulación de vuelo, puede decidir interrumpir cualquier otra función no relacionada con la seguridad y señalar a la tripulación de vuelo el nivel de turbulencia experimentado y la necesidad de encender la señal de abrocharse los cinturones⁴¹.

Según las declaraciones de los cuatro miembros de la tripulación, hay muchos vuelos en los que no se han soltado cinturones.

³⁹ La oficina de despacho de vuelos en la que recogen la información necesaria para el vuelo. Allí los pilotos y los TCPs recogen la información y hacen un briefing conjunto, en el que el comandante les informa sobre los saltos del día y, entre otras cosas, sobre las condiciones meteorológicas que se esperan.

⁴⁰ Manual de Operaciones. Normal Procedures. Climb: "A discreción del CM1 (condiciones meteorológicas/turbulencias) al alcanzar la TA el SEAT BELT SIGN podrá ser llevado a OFF".

⁴¹ Manual de Operaciones. Procedimientos Operativos. Procedimientos de vuelo.

En el caso de este comandante en particular, para informar a la tripulación de cabina de la presencia de turbulencia, utilizaba un código de llamada consistente en realizar varias llamadas seguidas. En el briefing previo al vuelo explicaba a toda la tripulación este código. Esta práctica no estaba definida en el Manual de Operaciones pero era conocida por todos los miembros de la tripulación.

1.18. Información adicional.

La turbulencia está causada por cambios en la velocidad y/o dirección del viento tanto vertical como horizontalmente. La turbulencia está incluida dentro de los estándares de predicción de meteorología aeronáutica y requiere la emisión de avisos de peligro y de información sobre su naturaleza, intensidad, extensión y tipo.

En función de las consecuencias en el vuelo, la turbulencia se clasifica⁴² en:

- Turbulencia ligera: fluctuaciones en la velocidad de la aeronave entre 5 y 15 kt con rachas del orden de 5 a 20 pies por seg. Dentro de la aeronave se produce agitación de líquidos pero no se derraman y los pasajeros se sienten ligeramente agarrados por los cinturones.
- Turbulencia moderada: fluctuaciones de velocidad entre 15 a 25 kt con rachas de 20 a 35 pies por seg durante 11 min. Dentro de la aeronave los líquidos de los vasos se derraman, los pasajeros sienten presión contra los cinturones de seguridad, se produce desplazamiento de objetos sueltos por el avión y es difícil andar por el avión. El control de la aeronave se mantiene.
- Turbulencia severa: fluctuaciones de velocidad mayores de 25 kt con rachas de entre 35 y 50 pies por seg durante 7 min. El control de la aeronave se pierde momentáneamente y es difícil mantener la altitud. Dentro de la aeronave se produce el lanzamiento de objetos que no estén amarrados, es imposible andar por el avión y los pasajeros son forzados de forma violenta contra los cinturones.

La turbulencia ligera no está considerada como un riesgo para la aviación por OACI. La información que se refleja en los mapas meteorológicos se refiere a la turbulencia moderada y fuerte.

Los tripulantes de cabina son los mayores afectados en las turbulencias, debido a que sus funciones se desarrollan de pie por la cabina de pasaje. La fase de vuelo donde ocurren más daños por turbulencia es la fase de crucero.

⁴² Clasificación de acuerdo al UK Met Office Handbook of Aviation Meteorology y de acuerdo a Guidance for turbulence Management de IATA.

En función de su origen, se definen cuatro tipos de turbulencia:

- Turbulencia orográfica o de montaña (mountain wave turbulence): se produce por la perturbación del aire al chocar contra una zona montañosa que, en este caso, ejerce de obstáculo. Requieren una componente de viento perpendicular a la barrera orográfica suficientemente intensa. Los efectos ondulatorios del aire se extienden centenares de kilómetros.
- Turbulencia en aire claro (CAT clear air turbulence): es la turbulencia “invisible”. Ocurre en la atmósfera libre (aire claro) lejos de cualquier actividad convectiva visible (por ejemplo, tormentas). Se encuentra cerca de las capas estables en niveles altos que tienen cizalladura vertical. Esta turbulencia suele ser producida por la corriente en chorro (jet stream) a niveles altos, típicamente por encima de los 15000 ft y ésta, se produce a latitudes superiores que las Islas Canarias. Si bien es difícil predecirlas, es imposible detectarlas en vuelo porque no hay presencia de nubes asociadas.
- Turbulencia mecánica (wake turbulence): es la perturbación del aire causada por el paso de una aeronave. En este caso, ATC asegura la separación entre aeronaves para evitar este efecto cuando dos aeronaves siguen a misma ruta.
- Turbulencia convectiva: es una de las más frecuentes y suelen estar asociadas a la presencia de nubosidad visible. En función del tipo de formación nubosa la turbulencia será más o menos severa. Los cumulonimbos, por ejemplo, generan turbulencia de moderada a fuerte, además de otros fenómenos como engelamiento, granizo o tormentas eléctricas.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces.

No aplica.

2. ANÁLISIS

La aeronave EC-KGJ, tras 16 min de vuelo, estando estabilizada a FL130 en la fase de crucero, entre los aeropuertos de Tenerife Norte y Gran Canaria, sufrió una turbulencia que produjo un incremento de la aceleración vertical de la aeronave a 2,54 g que no pudo ser prevista por la tripulación. El aviso de “abróchense los cinturones” estaba desactivado en el momento de ocurrir la turbulencia y, como consecuencia, tres personas se encontraban de pie.

Los efectos de la turbulencia en los parámetros de vuelo y en el interior de la cabina permiten clasificar la turbulencia como ligera. A pesar de esta clasificación, las lesiones producidas por los cambios en las aceleraciones verticales a las personas a bordo fueron importantes, requiriendo hospitalización, intervención quirúrgica en un caso y procesos de rehabilitación.

Ese día existía una depresión aislada centrada al noreste de Canarias cuyo radio de acción contenía de lleno la zona entre las islas de Gran Canaria y Tenerife. Las imágenes del satélite y los mapas de presión indicaban la presencia de nubosidad abundante de tipo convectivo y turbulencia en la zona. Dado que toda la zona estaba ocupada por grandes masas de tipo de convectivo, se considera que la turbulencia fue de tipo convectivo⁴³.

2.1. Previsión de turbulencia previa al vuelo

La situación meteorológica mostró que, efectivamente, la zona estuvo afectada por fenómenos convectivos y nubosidad abundante.

Los pronósticos que se hicieron para las últimas 6 h del día 22/03/2015 auguraban una situación similar a la que se dio. Se pronosticaron chubascos, tormentas mezcladas con capas de nubes, turbulencia y engelamiento de moderado a fuerte, cumulonimbos, cúmulos congestus de gran extensión vertical y cielo nuboso. Este pronóstico afectaba a los cuatro vuelos que la tripulación tenía programados y fueron emitidos alrededor de las 17:00 h, es decir, estaban disponibles antes de que la tripulación realizase el despacho de vuelo.

Una de las fuentes de información más visuales y que proporcionan una información global y rápida sobre la situación que se espera para las fases de ruta son los mapas de tiempo significativo. En estos mapas se “dibujan” o delimitan aquellas zonas donde se esperan fenómenos que pueden suponer un riesgo para el vuelo y se describen qué fenómenos son los que se esperan dentro de cada zona.

⁴³ Sufrir una turbulencia “fuera de nubes” no implica que la turbulencia sea de aire claro. Para que se de este tipo de turbulencia hay que estar muy alejado de cualquier fenómeno convectivo.

De acuerdo con las características de los vuelos inter-insulares, en los que, habitualmente, los niveles de vuelo en las fases de crucero son FL090 y FL100, los mapas de tiempo significativo que más se adecuan a estos perfiles de vuelo son los de baja cota (desde el suelo hasta FL150).

Los mapas de baja cota, emitidos por AEMET, que afectaban a los cuatro saltos de ese día mostraban las islas de Tenerife y Gran Canaria dentro de una zona en la que estaban pronosticados chubascos, tormentas mezcladas con capas de nubes, turbulencia y engelamiento de moderado a fuerte, cumulonimbos, cúmulos congestus de gran extensión vertical y cielo nuboso.

Los mapas de media-alta cota presentan unos pronósticos realizados a niveles de vuelo superiores y, aunque, en muchos casos, la situación general será coherente, la evolución en altura de los fenómenos meteorológicos puede variar y, por lo tanto, los mapas pueden ser distintos. Este es el caso de este accidente, en el que ambos mapas presentaban situaciones coherentes pero con diferencias. Los mapas de media-alta cota, emitidos por el WAFC de Londres, también pronosticaban turbulencia y engelamiento pero presentaba una situación más favorable que los de baja cota, donde:

- La mitad de las islas de Tenerife y Gran Canaria estaban libres de fenómenos adversos, mientras que en el de baja cota las dos islas estaban dentro de una zona afectada por fenómenos adversos.
- La mitad de las islas que sí estaba afectada por fenómenos adversos, tenía pronosticada una ligera mejora para el último vuelo del día, pasando de turbulencia moderada a fuerte hasta FL240 a turbulencia moderada y engelamiento hasta FL140.

La línea límite entre la zona libre de fenómenos y el resto transcurría, exactamente, por el trayecto del vuelo del accidente.

A pesar de la situación más favorable que planteaban los mapas de media-alta cota del WAFC de Londres, seguía pronosticándose turbulencia de moderada a fuerte y engelamiento para el vuelo del accidente, lo mismo que los de baja cota de AEMET.

2.2. Información suministrada a la tripulación.

Respecto a la información que utilizaba el operador para generar la información meteorológica que proporcionaba a las tripulaciones, se ha detectado que:

- Utilizaba el mapa de media-alta cota, que no es el más adecuado para vuelos entre islas, por la altura a la que se realizan (generalmente a FL090 o FL100). El mapa de tiempo significativo de baja-cota representa con mayor detalle los fenómenos peligrosos previstos para estas alturas de operación.

- Los mapas de media-alta cota que se proporcionaron a la tripulación para el vuelo del accidente presentaban diferencias con respecto a los emitidos por el WAFC de Londres. Si ya el de media-alta cota emitido por el WAFC de Londres era más “optimista” que el de baja cota de AEMET, el proporcionado a la tripulación todavía lo era más, ya que presentaba libre de fenómenos peligrosos la isla de Gran Canaria, donde se produjo la turbulencia.

Es decir, la tripulación de vuelo recibió un mapa de tiempo significativo en el que la salida de Tenerife Norte estaba afectada por engelamiento y turbulencia moderados hasta FL240 pero que el resto del vuelo hasta Gran Canaria se presentaba libre de cualquier fenómeno meteorológico adverso. El mapa no informaba de que la zona donde se produjo la turbulencia estaba afectada por turbulencia y engelamiento. Esta falta de información pudo generar en la tripulación falta de alerta respecto a la meteorología que se iban a encontrar en la zona.

En los vuelos entre islas, en los que la distancia hace que la duración de los vuelos sea de una media de 30 min, no hay tiempo para actualizar la información meteorológica en ruta (como por ejemplo, SIGMET, VOLMET o AIRMET) durante el vuelo. Sólo da tiempo a actualizar la información del aeródromo de destino a través del ATIS. Por lo tanto, es todavía más importante la información previa de previsión de fenómenos en ruta que se suministra a las tripulaciones a través de los informes SIGMET y los mapas de tiempo significativo.

En base a esta información, se emite una recomendación de seguridad dirigida al operador, Naysa, para que utilice los mapas significativos de baja cota que emite AEMET en el proceso de generación de información de despacho de vuelo a suministrar a las tripulaciones, para los vuelos que se realicen a baja altura como son los vuelos entre islas.

No se puede asegurar si con los mapas significativos de baja cota la tripulación habría tomado otra decisión distinta de la que tomó, ya que las observaciones en vuelo constituyen una parte importante de las decisiones que se toman. Aunque no es lo óptimo, si los pronósticos no resultan fiables, es fácil confiar únicamente en las observaciones meteorológicas a bordo.

2.3. Desarrollo del vuelo

Uno de los problemas que plantean los pronósticos respecto a las observaciones es que son eso, pronósticos. Como tal pronóstico puede o no cumplirse y existen determinadas zonas en las que, por sus particularidades (geográficas, orográficas, etc.) los pronósticos se acercan más o menos a la realidad. Las creencias sobre la fiabilidad de los pronósticos influyen en cómo se utiliza la información que contienen. La incertidumbre en la utilización de este tipo de información es un factor a tener en cuenta en este tipo de sucesos. A pesar de todos estos posibles condicionantes, hay que tener en cuenta que los

pronósticos son una parte esencial del vuelo puesto que alertan a las tripulaciones sobre posibles riesgos durante la fase de ruta. Los pronósticos deben usarse de forma conjunta con las observaciones y la vigilancia durante el vuelo, y nunca sustituirse por estas últimas.

Además de que la tripulación tenía un mapa de tiempo significativo en el que Gran Canaria estaba libre de cualquier fenómeno significativo, el desarrollo de la fase de crucero del vuelo contribuyó a la toma de decisión de desactivar el aviso de “abróchense los cinturones” durante el crucero.

Los datos del registrador de datos de vuelo y conversaciones en cabina mostraron que durante el ascenso la aeronave atravesó una zona de nubosidad y engelamiento. La decisión de la tripulación de continuar el ascenso y no soltar cinturones se considera adecuada. Cuando alcanzaron el nivel de crucero, el vuelo se estabilizó completamente. Además de las declaraciones de la tripulación de vuelo que coincidían en que veían las estrellas, los registros de las aceleraciones verticales durante la fase de crucero muestran que, efectivamente, el vuelo transcurrió sin ninguna fluctuación ni movimiento de la aeronave. Durante 1 min 58 seg antes de desactivar la señal de cinturones el vuelo había sido tranquilo y durante 5 min y 7 seg después seguiría siéndolo.

Si la fase de crucero se hubiese desarrollado con fluctuaciones más marcadas en la aceleración vertical, es decir, “más movida” probablemente el comandante no habría decidido soltar cinturones. Sin embargo, no fue así y confió en que el resto del vuelo iba a transcurrir sin incidencias como, además, mostraba el mapa de tiempo significativo que le habían facilitado.

Los vuelos anteriores se desarrollaron con unas fases de crucero completamente estables sin fluctuaciones en las aceleraciones verticales. Esto pudo influir en la tripulación en pensar que este vuelo iba a desarrollarse igual que los tres anteriores.

Es decir, se considera que el comandante fue precavido y no se precipitó en soltar cinturones, ya que lo retrasó hasta que encontraron un nivel de vuelo libre de nubes. Una vez nivelado esperó casi 2 min para ver cómo se desarrollaba el vuelo antes de tomar la decisión. En función de la información que tenía previa al vuelo y cómo se estaba desarrollando el vuelo, se entiende la decisión que tomó.

Por otra parte, parece que en un vuelo de tan corta duración, mantener al pasaje con los cinturones de seguridad puestos no supondría una situación de excesiva incomodidad. Para el comandante, además, que toma la decisión, sería lo más cómodo y menos arriesgado. El hecho de que haya vuelos en los que no se han soltado cinturones, indica que no hay presión por parte del operador para tomar una decisión en un sentido o en otros. Se busca un equilibrio entre la seguridad y la comodidad del pasaje a pesar de ser trayectos cortos. No obstante, el hecho de no sacar el carro, sugiere que tenía algún tipo de duda al respecto, quizá por la nubosidad que habían dejado atrás y debajo y la que tenían delante, aunque se encontrasen volando completamente estables.

2.4. Capacidad de detección de turbulencias durante el vuelo

Una vez la aeronave estuvo en vuelo, las herramientas que disponía la tripulación para poder detectar fenómenos meteorológicos eran dos: la observación visual y el radar meteorológico.

La observación visual en el caso de un vuelo desarrollado íntegramente de noche y sin luna se considera que tiene un resultado limitado por la falta de contraste. Fenómenos como las tormentas con rayos son visibles porque se iluminan momentáneamente pero, en general, la observación visual por la noche no resulta fiable, sobre todo para detectar nubosidad que no tenga actividad eléctrica. Sí resulta posible detectar los puntos de luz que suponen las estrellas sobre el fondo negro del cielo, por lo que se considera fiable la declaración de los pilotos sobre que en crucero veían las estrellas y estaban por encima de las nubes.

El radar meteorológico es, por lo tanto, la fuente principal de información en vuelo. Del vuelo del accidente no se ha podido obtener ningún dato fiable sobre el modo en que se estaba utilizando el radar. El registrador de datos no registraba, como en otros modelos, el valor del alcance (RANGE) que estaba seleccionado en el radar. El CVR no mostró que en el vuelo del accidente se realizara ninguna mención al radar meteorológico (en cuanto a configuración o imágenes que estaban viendo en él). Sólo se tiene la información de las declaraciones de la tripulación que indicaban que no había fenómenos que les hubiesen alertado.

El uso del radar meteorológico tiene sus limitaciones: primero en cuanto a los fenómenos que es capaz de detectar y segundo en cuanto a su configuración (alcance y orientación). El radar meteorológico instalado a bordo de la aeronave EC-KGJ no detectaba turbulencias. Sí era capaz de detectar otros fenómenos, sobre todo los asociados a lluvia, como el propio manual de la aeronave describía. El ajuste del alcance y orientación de la antena se va modificando continuamente para cada fase de vuelo, buscando un compromiso entre conocer el detalle de lo que se tiene delante del avión y la distancia que se quiere rastrear para poder tener capacidad de reacción y evitar los fenómenos que se detecten. Si la orientación no es la adecuada es posible no ver lo que se tiene delante. Debido a la falta de datos, se desconoce si el radar no presentaba ningún fenómeno por una configuración no apropiada para ello o porque realmente no detectaba nada.

2.5. La tripulación antes de la turbulencia

Debido a que el vuelo se estaba desarrollando sin incidencias desde el inicio de la fase de crucero, la tripulación aprovechó para completar datos en la documentación correspondiente. Si bien, en otros vuelos, estas tareas se realizaron a la llegada a los aeropuertos correspondientes, en este caso se hizo en vuelo. Seguramente por ser el

último salto del día la tripulación querían ir adelantando el trabajo para el cierre del vuelo. Esta tarea no les distrajo de la supervisión constante del vuelo, ya que los registradores mostraron que estuvieron pendientes de quitar el deshielo, de desconectar cinturones y de leer las listas. No fue de influencia en el accidente porque, entre otras cosas, finalizaron su realización 4 min antes de aparecer la turbulencia, pero sí es indicativo de que esta tripulación, que había mostrado durante todo el vuelo una supervisión constante de todos los parámetros y avisos del vuelo, estaba confiada en que el vuelo no iba a tener problemas con la meteorología.

La turbulencia sorprendió a la tripulación finalizando la revisión de la aproximación y la maniobra de aproximación frustrada al aeropuerto de Gran Canaria. Se desconoce dónde tenía centrada la atención la tripulación antes de ocurrir la turbulencia, pero lo que sí muestran las comunicaciones en cabina es que la meteorología no era un factor que les preocupase en este vuelo. Este escenario, vuelo estable durante 7 min previos, cartas sin indicación de peligros durante el vuelo, atención de la tripulación en las maniobras, limitaciones del radar meteorológico, y la no percepción de que la meteorología podría ser un riesgo para el vuelo, podrían hacer disminuir la atención sobre el radar en el vuelo.

2.6. La turbulencia

Lo que sí registró el FDR fue la activación del aviso de acumulación de hielo en la aeronave 4 seg después de producirse la turbulencia. En el segundo vuelo, esta secuencia de activación de hielo después de producirse un incremento en las g también se produjo, aunque no en la fase de crucero sino de descenso. La activación del detector de hielo está asociada a la presencia de nubes. Debido a que para que se genere el aviso en cabina debe haberse producido una acumulación de hielo que debe superar un grosor definido, es decir, requiere un tiempo, y a que el aviso de hielo permaneció durante 3 min 40 seg, se descarta la posibilidad de que este aviso hubiese sido consecuencia de la turbulencia y hubiese producido una falsa indicación.

A pesar de las declaraciones de la tripulación de que no entraron en nubes cuando ocurrió la turbulencia, no se ha podido encontrar ninguna otra explicación para la activación del aviso de acumulación de hielo, que está asociado a la presencia de nubes. La turbulencia marcó el inicio de un periodo de 2 min 57 seg en que la aeronave estuvo en una zona en la que el vuelo fue más inestable y que quedó registrada con fluctuaciones en la aceleración vertical.

Se ha descartado que el desvío solicitado por otra aeronave que iba en vuelo detrás de la aeronave EC-KGJ se produjese para evitar la zona donde se produjo la turbulencia. La traza radar mostraba que, de hecho, pasó muy cerca de la zona del accidente. Debíó pedir el desvío por el mismo motivo por el que la aeronave EC-KGJ solicitó rumbo este: para evitar la nubosidad que había al sur del VOR/DMR GDV.

La tripulación no sólo durante este vuelo sino en los que quedaron registrados en el CVR mostró una continua supervisión del vuelo y una ejecución de las listas de chequeo completas, en todas las ocasiones y en todos los vuelos. La distribución de tareas en cabina se mantuvo en todo momento. Tras la aparición del aviso de acumulación de hielo la reacción fue instantánea y se ejecutó el procedimiento adecuado, activando los sistemas de deshielo y antihielo. La decisión de descender del punto donde se había producido el accidente se considera rápida y acertada.

2.7. Después de la turbulencia

La tripulación se preocupó durante los 15 min que transcurrieron hasta el aterrizaje del estado del pasaje, recopilando información en tres ocasiones. Fueron recibiendo información actualizada de las lesiones que habían sufrido los dos TCPs y el pasajero. Transmitieron la información a ATC sobre lo ocurrido y solicitaron ayuda médica a la llegada.

ATC dio prioridad a la aeronave para no retrasar la atención médica al pasaje. Las coordinaciones desde ATC hacia el resto de dependencias ATC y el aeropuerto se realizaron rápidamente y de forma correcta. Cuando la aeronave aterrizó en Gran Canaria, estaban movilizadas las unidades necesarias.

La actuación de las TCPs se considera acertada, en cuanto a la solicitud de atención médica a bordo y a la llegada.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

General:

- La aeronave estaba en posesión de las licencias necesarias para realizar el vuelo.
- La tripulación estaba en posesión de las licencias necesarias para realizar el vuelo.

Respecto a la turbulencia:

- La turbulencia sufrida por la aeronave EC-KGJ fue de tipo convectivo, en cuanto a su origen, y ligera, en cuanto a su intensidad.

Respecto a las condiciones meteorológicas reales y pronosticadas:

- Existieron grandes masas de nubosidad de tipo convectivo centradas en las islas de Tenerife y Gran Canaria.
- Los mapas de baja cota de AEMET y de media-alta cota del WAFC de Londres pronosticaban para toda la zona donde se desarrolló el vuelo del accidente y los previos, turbulencia de moderada a fuerte y engelamiento.

Respecto a la información meteorológica proporcionada a la tripulación:

- Los mapas que proporcionó el operador a la tripulación para este vuelo no eran mapas significativos de baja cota, a pesar de que el nivel de vuelo planificado era FL090.
- El mapa significativo de media-alta cota que utilizaron presentaba diferencias respecto al emitido por el WAFC de Londres.
- Esta diferencia pronosticaba que la isla de Gran Canaria iba a estar fuera de la zona de fenómenos meteorológicos adversos, al contrario que el pronóstico de media-alta cota del WAFC de Londres y los de baja cota de AEMET.
- El mapa de tiempo significativo proporcionado a la tripulación no informaba que la zona donde se produjo el accidente iba a estar afectada por turbulencia y engelamiento.

Respecto al vuelo:

- En el ascenso la aeronave sufrió engelamiento y atravesó nubes. La desactivación del aviso de cinturones se retrasó por ese motivo.
- La aeronave ascendió hasta FL130 donde el vuelo se estabilizó por completo. No hubo fluctuaciones en la aceleración vertical durante esta fase.
- El aviso de “abróchense los cinturones” se desactivó transcurridos 1 min 58 seg de estabilizarse el vuelo a FL130.

- La turbulencia apareció 5 min 7 seg después de desactivar la señal de “abróchense los cinturones”.
- Los tres vuelos anteriores se habían desarrollado de forma similar al del accidente: las fases de crucero no habían tenido fluctuaciones en la aceleración vertical.
- La aparición de turbulencia vino asociada a la activación del aviso de acumulación de hielo en la aeronave.
- La tripulación acababa de repasar la aproximación a Gran Canaria cuando apareció la turbulencia.
- La tripulación mantuvo en este y en los vuelos anteriores, una constante supervisión del vuelo, de los avisos que fueron apareciendo, gestionándolos e identificándolos de forma inmediata, ejecutando todas las listas de chequeo de forma completa.

Respecto a las actuaciones tras la turbulencia:

- La reacción de la tripulación fue rápida y acertada, descendiendo para alejarse de la zona de turbulencia.
- Las TCPs transmitieron a los pilotos información sobre el estado y evolución de las personas lesionadas durante la turbulencia.
- La aeronave transmitió la emergencia a ATC y solicitó atención médica a la llegada.
- ATC dio prioridad a la aeronave para el aterrizaje.
- ATC y CECOIA coordinó y transmitió la emergencia a las dependencias necesarias. A la llegada de la aeronave estaba esperando el servicio médico del aeropuerto y el resto de unidades necesarias.

3.2. Causas/factores contribuyentes

El accidente de la aeronave EC-KGJ se produjo por la aparición de una turbulencia convectiva en vuelo que produjo una aceleración vertical en la aeronave de 2,54 g que no pudo ser prevista por la tripulación. Se consideran factores contribuyentes en el accidente:

- La utilización por parte del operador de un mapa significativo que no incluía la previsión de turbulencia y engelamiento en la zona donde se produjo el accidente,
- la situación de atmósfera estable que se había producido en las fases de crucero de los tres vuelos anteriores y los 7 min previos a la turbulencia, en los que el vuelo se había desarrollado completamente estable sin ninguna fluctuación en la aceleración vertical, y
- la limitación de los radares meteorológicos para detectar determinados fenómenos atmosféricos, como por ejemplo, las turbulencias (que no son capaces de detectar).

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

En el transcurso de la investigación se ha detectado que el operador utilizaba mapas de media-alta cota para vuelos que se realizan habitualmente a baja cota, y que, además, los mapas proporcionados a las tripulaciones presentaban diferencias con respecto a los emitidos por el WAFC de Londres. En el caso del accidente, el mapa utilizado por la tripulación presentaba la zona donde se produjo la turbulencia libre de fenómenos meteorológicos adversos cuando el de baja cota y el de media-alta cota del WAFC de Londres no.

Por este motivo se emite la recomendación sobre seguridad operacional 26/15 al operador Naysa.

REC 26/15. Se recomienda al operador NAYSA que utilice los mapas significativos de baja cota que emite AEMET en el proceso de generación de información de despacho de vuelo a suministrar a las tripulaciones, para los vuelos a baja altura como son los realizados entre islas.