

JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE

Informe de Seguridad Operacional

Sucesos Aeronáuticos



Contacto anormal con la pista

Austral Líneas Aéreas Cielos del Sur S.A.

Embraer 190, LV-FPT

Aeroparque Jorge Newbery, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

25 de marzo de 2018

13937178/18



Ministerio de Transporte
Argentina



Junta de Seguridad en el Transporte

Av. Belgrano 1370, piso 12°

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1093AAO

(54+11) 4382-8890/91

www.argentina.gob.ar/jst

info@jst.gob.ar

Informe de Seguridad Operacional 13937178/18

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst



ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	5
NOTA DE INTRODUCCIÓN	6
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	7
SINOPSIS.....	9
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.....	10
1.1 Reseña del vuelo.....	10
1.2 Lesiones al personal.....	11
1.3 Daños en la aeronave.....	11
1.4 Otros daños.....	11
1.5 Información sobre el personal	12
1.6 Información sobre la aeronave.....	13
1.7 Información meteorológica.....	14
1.8 Ayudas a la navegación.....	15
1.9 Comunicaciones.....	15
1.10 Información sobre el lugar del suceso	15
1.11 Registradores de vuelo.....	16
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.....	17
1.13 Información médica y patológica.....	17
1.14 Incendio	17
1.15 Supervivencia.....	17
1.16 Ensayos e investigaciones.....	17



1.17	Información orgánica y de dirección	28
1.18	Información adicional	28
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	37
2.	ANÁLISIS	38
	Aspectos institucionales- Austral Líneas Aéreas.....	41
	Diseño de los SOP	43
	Principios para establecer briefings.....	44
	Aspectos institucionales–ANAC.....	47
3.	CONCLUSIONES	49
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente.....	49
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación.....	50
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL	51
4.1	A Aerolíneas Argentinas.....	51
4.2	A la Administración Nacional de Aviación Civil.....	51
	Apéndice 1 – Transcripción de las comunicaciones.....	52
	Apéndice 2 – Informe del fabricante.....	54
	Apéndice 3 - SOP	66



ADVERTENCIA

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) es determinar las causas de los accidentes e incidentes acaecidos en el ámbito de la aviación civil cuya investigación técnica corresponde instituir. Este informe refleja las conclusiones de la JST, con relación a las circunstancias y condiciones en que se produjo el suceso. El análisis y las conclusiones del informe resumen la información de relevancia para la gestión de la seguridad operacional, presentada de modo simple y de utilidad para la comunidad aeronáutica.

De conformidad con el Anexo 13 –Investigación de accidentes e incidentes de aviación– al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, ratificado por Ley 13891, y con el Artículo 185 del Código Aeronáutico (Ley 17285), la investigación de accidentes e incidentes tiene carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Esta investigación ha sido efectuada con el único y fundamental objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula el Anexo 13.

Los resultados de esta investigación no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones en relación al accidente.



NOTA DE INTRODUCCIÓN

La Junta de Seguridad en el Transporte (JST) ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de aviación.

El modelo ha sido validado y difundido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y ampliamente adoptado por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional.

Las premisas centrales del modelo sistémico de investigación de accidentes son las siguientes:

- ✓ Las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea y/o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes o inmediatos del evento. Estos son el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema aeronáutico, así como a otros factores, en muchos casos alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- ✓ Las defensas del sistema aeronáutico detectan, contienen y ayudan a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea y/o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- ✓ Finalmente, los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea y/o la ocurrencia de fallas técnicas, y explicar las fallas en las defensas están generalmente alejados en el tiempo y el espacio del momento de desencadenamiento del evento. Son denominados factores sistémicos y están vinculados estrechamente a elementos tales como, por ejemplo, el contexto de la operación, las normas y procedimientos, la capacitación del personal, la gestión de la seguridad operacional por parte de la organización a la que reporta el personal operativo y la infraestructura.

La investigación que se detalla en este informe se basa en el modelo sistémico. Tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como a otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque sin relación de causalidad en el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. Lo antedicho, con la finalidad de formular recomendaciones sobre acciones viables, prácticas y efectivas que contribuyan a la gestión de la seguridad operacional.



LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

AFM: Manual de Vuelo

AOM: Manual de Operaciones

AP: Punto de Visado (*Aiming Point*)

ASDA: Distancia de Aceleración-Parada Disponible (*Accelerate-Stop Distance Available*)

CAS: Velocidad Calibrada

CESA: Certificado de Explotación de Servicios Aéreos

CRM: Administración de los Recursos de Tripulación

DFDR: Registrador Digital de Datos de Vuelo

FL: Nivel de vuelo

FOQA: Aseguramiento de la Calidad de las Operaciones de Vuelo

ILS: Sistema de Aterrizaje por Instrumentos

JIAAC: Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil

LDA: Distancia de Aterrizaje Disponible (*Landing Distance Available*)

LOSA: *Line Operations Safety Audit*

METAR: Informe Meteorológico Aeronáutico Ordinario

MOE I: Manual de Operaciones del Explotador

MOE II: Manual de Instrucción

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

PAPI: Indicador de Trayectoria de Aproximación de Precisión

PF: *Pilot Flying*

PM: *Pilot Monitoring*

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

RSO: Recomendación de Seguridad Operacional

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe se ha optado por aclarar de esta manera y por única vez que gran parte de las siglas y abreviaturas utilizadas son en inglés y, por lo tanto, en muchos casos las iniciales de los términos que las integran no se corresponden con los de sus denominaciones completas en español.



RWY: Pista

SMFLT: Safety Meeting Flight

SMS: Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional

SOP: Procedimientos Operativos Estándar

SOPM: Manual de Procedimientos Operativos Estándar (*Standard Operating Procedures*)

TODA: Distancia de Despegue Disponible

TORA: Pista de Despegue Disponible

UTC: Tiempo Universal Coordinado

Vref: Velocidad de Referencia

VS: Velocidad de Pérdida



SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al incidente grave experimentado por la aeronave LV-FPT, un Embraer 190, el 25 de marzo de 2018 a las 14:25 durante el aterrizaje en el Aeroparque Jorge Newbery de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, mientras cumplía un vuelo de aviación comercial regular.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con la gestión de la trayectoria de la aeronave durante la aproximación y la toma de contacto con la pista, el diseño de los procedimientos operativos estandarizados, el control de la adhesión a los procedimientos operativos estandarizados por las tripulaciones de vuelo bajo condiciones no supervisadas y el estatus de la normativa sobre capacitación en Factores Humanos en Argentina.

El informe incluye dos recomendaciones de seguridad operacional dirigidas a Aerolíneas Argentinas y una recomendación de seguridad operacional dirigida a la Administración Nacional de Aviación Civil.



Figura 1. Aeronave LV-FPT involucrada en el incidente grave



1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 25 de marzo de 2018 la aeronave LV-FPT, un Embraer 190, despegó a las 13:20 horas² del Aeropuerto Internacional Ingeniero Ambrosio Taravella (Córdoba), con destino al Aeroparque Metropolitano Jorge Newbery (Ciudad Autónoma de Buenos Aires), en el vuelo de aviación comercial regular Austral 2503 (AU 2503).

Para la etapa entre Córdoba y Aeroparque el primer oficial era el piloto a cargo de los comandos de vuelo o *Pilot Flying* (PF), mientras que el comandante era el piloto a cargo del monitoreo o *Pilot Monitoring* (PM).

El despegue, ascenso, crucero y descenso del vuelo transcurrieron sin particularidades. En contacto con el centro de control de Ezeiza, el AU 2503 fue sucesivamente autorizado a la posición VANAR, a descender a Nivel de Vuelo (FL) 100 y a descender a FL 050. Luego del tránsito por el Área de Control Terminal Baires, el AU 2503 fue transferido a la torre de control de Aeroparque, que autorizó la aproximación directa para la pista 13 y el descenso a 2500 pies de altitud hasta el localizador. Las condiciones de vuelo eran visuales, pero con viento y ráfagas del sector suroeste. Al emitir la autorización de aterrizaje, aproximadamente dos minutos y medio antes del toque del AU 2503 en la pista 13, la torre de control incluyó información sobre viento de 210/11 nudos, con ráfagas de 22 nudos.

El PF utilizó inicialmente el *autopilot* para la gestión de la trayectoria de la aeronave y completó la aproximación en modo manual por debajo de aproximadamente 800 pies de radioaltímetro, con la aeronave en configuración de aterrizaje (tren de aterrizaje extendido y *flaps* en posición cinco), con el *auto throttle* conectado hasta el contacto con la pista. La gestión de trayectoria de la aeronave por debajo de los 1000 pies estuvo caracterizada por cambios continuos de actitud, velocidad, empuje y régimen de descenso, en respuesta a las condiciones de viento y la turbulencia mecánica asociada.

El aterrizaje de la aeronave resultó en un contacto anormal con la pista (*hard landing*). La aeronave rebotó (*bounced landing*) y hubo un segundo contacto con la pista, luego del cual la aeronave permaneció en la misma.

² Todas las horas están expresadas en Tiempo Universal Coordinado (UTC) que para el lugar y fecha del suceso corresponde al huso horario-3.

Como consecuencia del contacto anormal, el tren de aterrizaje derecho resultó con daños de importancia.

1.2 Lesiones al personal

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0
Ninguna	5	94	0	99

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Sin daños.

1.3.2 Motores

Sin daños

1.4 Otros daños

Daños de importancia en el tren de aterrizaje principal derecho.



Figura 2. Daños en el tren de aterrizaje



1.5 Información sobre el personal

La certificación del comandante cumplía los requisitos establecidos por la reglamentación vigente.

Comandante (PM)	
Sexo	Masculino
Edad	50 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto Transporte Línea Aérea Avión
Habilitaciones	Piloto E190 E190CAT III
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/04/2018

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	13000,0	4000,0
Últimos 90 días	141,1	141,1
Últimos 30 días	47,8	47,8
Últimas 24 horas	2,5	2,5
En el día del suceso	2,5	2,5

Tabla 3

El último entrenamiento periódico anual en el tipo de aeronave del comandante fue realizado el 3 de marzo de 2018. El control de eficiencia anual en simulador había sido realizado el 5 de marzo de 2018. La última inspección anual en ruta databa del 13 de mayo de 2018. El entrenamiento recibido por el comandante cumplía con lo establecido por las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC), parte 121. El repaso de la trayectoria reciente del comandante sugiere un desempeño profesional estándar.

La certificación del primer oficial cumplía los requisitos establecidos por la reglamentación vigente.

Primer oficial (PF)	
Sexo	Masculino
Edad	36 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto comercial de primera clase de avión
Habilitaciones	Copiloto E190
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 31/01/2019

Tabla 4

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	3000,0	1500,0
Últimos 90 días	19,5	19,5
Últimos 30 días	19,5	19,5
Últimas 24 horas	2,5	2,5
En el día del suceso	2,5	2,5

Tabla 5

El último entrenamiento periódico anual del primer oficial en el tipo de aeronave fue realizado el 4 de marzo de 2018. El control de eficiencia anual en simulador había sido realizado el 7 de marzo de 2018. La última inspección anual en ruta databa del 13 de mayo de 2018. El entrenamiento recibido por el primer oficial cumplía con lo establecido por las RAAC, parte 121. El repaso de la trayectoria reciente del primer oficial sugiere un desempeño profesional estándar.

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave estaba equipada y mantenida de conformidad con la reglamentación vigente y de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante.



Figura 3. Imagen de la aeronave

Aeronave	
Marca	Embraer
Modelo	ERJ190
Categoría	Ala fija
Subcategoría	Avión
Fabricante	Embraer
Año de fabricación	2013
Número de serie	19000640
Peso máximo de despegue	51800,0 kg
Peso máximo de aterrizaje	44000,0 kg
Peso vacío	29666,0 kg
Horas totales	11759



Certificado de matrícula	Propietario	Austral Líneas Aéreas
	Fecha de expedición	01/07/2016
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Transporte
	Fecha de emisión	25/10/2013
	Fecha de vencimiento	Sin fecha de vencimiento

Tabla 6

Motor 1	
Marca	General Electric
Modelo	CF34-10E5A1
Fabricante	General Electric
Número de serie	424123
Horas totales	16533
Ciclos totales	11837

Tabla 7

Motor 2	
Marca	General Electric
Modelo	CF34-10E5A1
Fabricante	General Electric
Número de serie	424163
Horas totales	16403
Ciclos totales	11852

Tabla 8

Peso y balanceo al momento del accidente	
Peso vacío	29666,0 kg
Peso de la carga paga	8784,0 kg
Peso del combustible	2550,0 kg
Peso total	41000,0 kg
Peso máximo permitido de despegue/aterrizaje	51800,0/44000,0 kg
Diferencia en menos	3000,0 kg

Tabla 9

El peso y el balanceo de la aeronave se encontraban dentro de la envolvente de vuelo indicada en el manual de la aeronave.

1.7 Información meteorológica

Los datos en la tabla 10 resultan de los registros horarios de la estación meteorológica Aeroparque, interpolados a la hora del incidente.



Información meteorológica	
Viento	200/09 nudos con ráfagas de 20 kt
Visibilidad	10 km
Fenómenos significativos	Ninguno
Nubosidad	Ninguna
Temperatura	16.4° C
Temperatura punto de rocío	4. 3° C
Presión a nivel medio del mar	1020,0 hPa
Humedad relativa	45%

Tabla 10

• METAR

METAR SABA 251300Z 18009G20KT CAVOK 15/05 Q1019=

METAR SABA 251400Z 20008KT CAVOK 16/04 Q1020=

METAR SABA 251500Z 20009G21KT CAVOK 17/05 Q1020=

1.8 Ayudas a la navegación

La aproximación a pista 13 se realizó en forma visual, apoyada por el Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS) y el Indicador Visual de Trayectoria de Aproximación de Precisión (PAPI).

1.9 Comunicaciones

La grabación de las comunicaciones entre la tripulación y las distintas dependencias de los servicios de tránsito aéreo, incluida la torre de control de Aeroparque, no contiene información de relevancia vinculada con el suceso.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	Aeroparque Jorge Newbery
Coordenadas	34°33'32"S-058°24'59"W
Superficie	Hormigón
Orientación magnética	13/31
Elevación	5,6 m

Tabla 11

Las distancias declaradas asociadas a la pista eran las siguientes:

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
13	2100	2100	2100	2100
31	2100	2100	2100	1973

Tabla 12



Figura 4. Imagen de la configuración de la pista 13

AD 2.14 LUCES DE APROXIMACIÓN Y DE PISTA	
Pista 13	Pista 31
Aproximación Sistema sencillo de iluminación.	Aproximación No
PAPI Angulo de aproximación 2,75°	PAPI Angulo de aproximación 3°
Umbral Sí	Umbral Sí
Zona de toma de contacto No	Zona de toma de contacto No
Eje de pista No	Eje de pista No
Borde de pista Sí+-	Borde de pista Sí
Extremo de pista Sí	Extremo de pista Sí
Zona de parada No	Zona de parada No
Observaciones Ninguna	Observaciones Ninguna

Figura 5. Tabla de las luces de aproximación y de pista de Aeroparque-AIP

1.11 Registradores de vuelo

La aeronave estaba equipada con un Registrador Digital de Datos de Vuelo (DFDR) y con un Registrador de Voces de Cabina (CVR), de acuerdo con lo establecido por la normativa vigente para el tipo de aeronave y operación.

La lectura del DFDR se realizó en las instalaciones de Austral en el Aeroparque Jorge Newbery. Entre otros parámetros, se analizaron alturas, regímenes de descenso, ángulos de cabeceo,

velocidades, aceleraciones verticales, y empuje de la aeronave durante la aproximación, nivelación y toma de contacto con la pista.

La lectura de la grabación del CVR permitió acceder a los intercambios entre la tripulación y las distintas dependencias de los servicios de tránsito aéreo, y a los intercambios internos entre la tripulación en la cabina de vuelo durante un espacio de aproximadamente 45 minutos. El apéndice 1 reproduce los intercambios internos entre la tripulación, así como entre la aeronave y la torre de Aeroparque desde el contacto inicial entre ambas, y cubre aproximadamente los últimos 11 minutos del vuelo.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

No aplica

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica de la tripulación relacionadas con el incidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

Los pasajeros y la tripulación descendieron de la aeronave por sus propios medios y resultaron sin lesiones.

1.16 Ensayos e investigaciones

La aeronave realizó la primera toma de contacto con la pista 13 a una distancia aproximada de 180 metros de la cabecera. Tras un rebote inicial volvió a tomar contacto con la pista a una distancia aproximada de 300 metros de la cabecera. La aeronave rodó a plataforma en forma autónoma.

Durante el rodaje al estacionamiento, la tripulación conversó la posibilidad de haber experimentado un *hard landing*.



Figura 6. Distancias de contacto con la pista

Aeronavegabilidad

Una vez estacionada la aeronave, durante la inspección posvuelo, se encontró fracturado un componente del tren de aterrizaje. La inspección de la aeronave se realizó en la posición 23 de la plataforma comercial del Aeroparque Jorge Newbery, donde había personal de aseguramiento de calidad y personal de mantenimiento de Austral. Se evaluaron y documentaron fotográficamente los daños de la aeronave con el personal de la empresa.

Se observó la pieza P/N 2821A2600-01 fracturada y marcas de contacto sobre la parte superior del compartimiento del tren de aterrizaje principal derecho. Como medida de precaución, para evitar la posibilidad de daños mayores, se consultó a Embraer antes de mover la aeronave.



Figura 7. Imagen de la pieza dañada



Figura 8. Imagen de la pieza dañada y marcas en la parte superior del tren de aterrizaje principal



Figura 9. Imagen de la pieza dañada, superficie de fractura

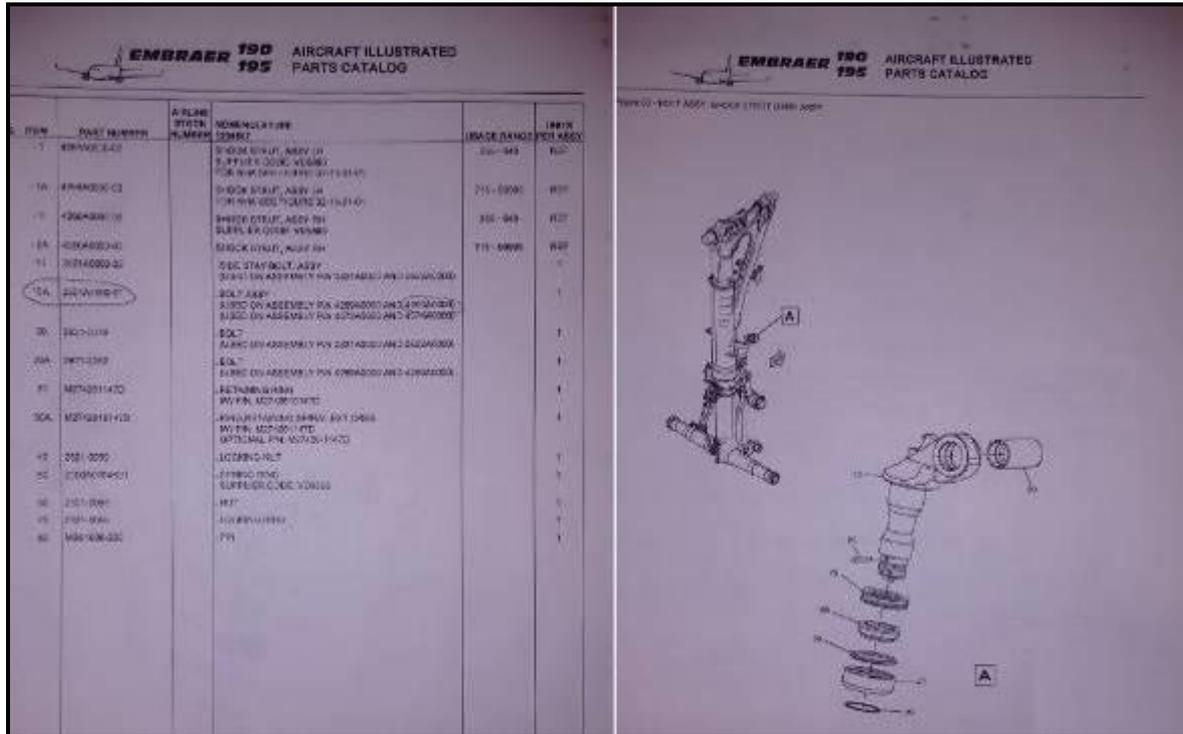


Figura 10. Imagen del manual de partes de la aeronave

La pieza dañada fue enviada al fabricante en Alemania para ser analizada. Según el informe enviado por éste, esta pieza está diseñada para actuar como fusible y no causar daños mayores a la estructura del avión en caso de un *hard landing*.

La superficie de fractura de la pieza dañada fue analizada por microscopía electrónica de barrido y se determinó que su rotura se debió a una sobrecarga adicional. El informe, reproducido en el apéndice 2, concluyó que no hubo signos de fatiga o fisuras preexistentes, corrosión o defectos superficiales que pudieran haber iniciado la fractura, y que la pieza “fusible” funcionó según las especificaciones de diseño.

Documentación operativa

La investigación tuvo acceso a documentación operativa de la aeronave y de apoyo a las operaciones de vuelo: Manual de Vuelo (AFM) de la aeronave, Manual de Procedimientos Estándar (SOPM), Manual de Operaciones (AOM) de Embraer, Manual de Operaciones (MOE I) y Manual de Instrucción (MOE II) de Austral.

Aproximación

La tripulación manifestó que la aproximación fue completada en forma manual a partir de los 500 pies, en condiciones visuales, apoyada en el ILS y en el PAPI. Según la apreciación de la

tripulación, la aproximación se llevó a cabo según lo establecido en el SOPM.³

La transcripción del CVR permitió establecer que, luego del aviso auditivo automático “two hundred”,⁴ el aviso auditivo automático “glide slope” se activó cuatro veces en un lapso de seis segundos. Durante la maniobra de nivelación de la aeronave previa al toque con la pista (*flare*), la aeronave levantó de cola. Esto fue seguido por el *hard landing*.

A los fines de determinar la trayectoria de la aproximación por debajo de los 500 pies, la investigación descartó la pendiente de la senda del ILS, cuyo gradiente era de 3°, y se tomó como referencia la pendiente de la senda de planeo del PAPI de la pista 13, que era de 2,75°. Esto se debió a que la gestión de la trayectoria de la aeronave por debajo de 500 pies estuvo apoyada en el PAPI. Considerando la senda del PAPI, la aeronave debía cruzar con 500 pies de altura el punto situado a 3,16 km del punto de toque (Punto de Visado, AP) de la pista 13 (Figura 11).

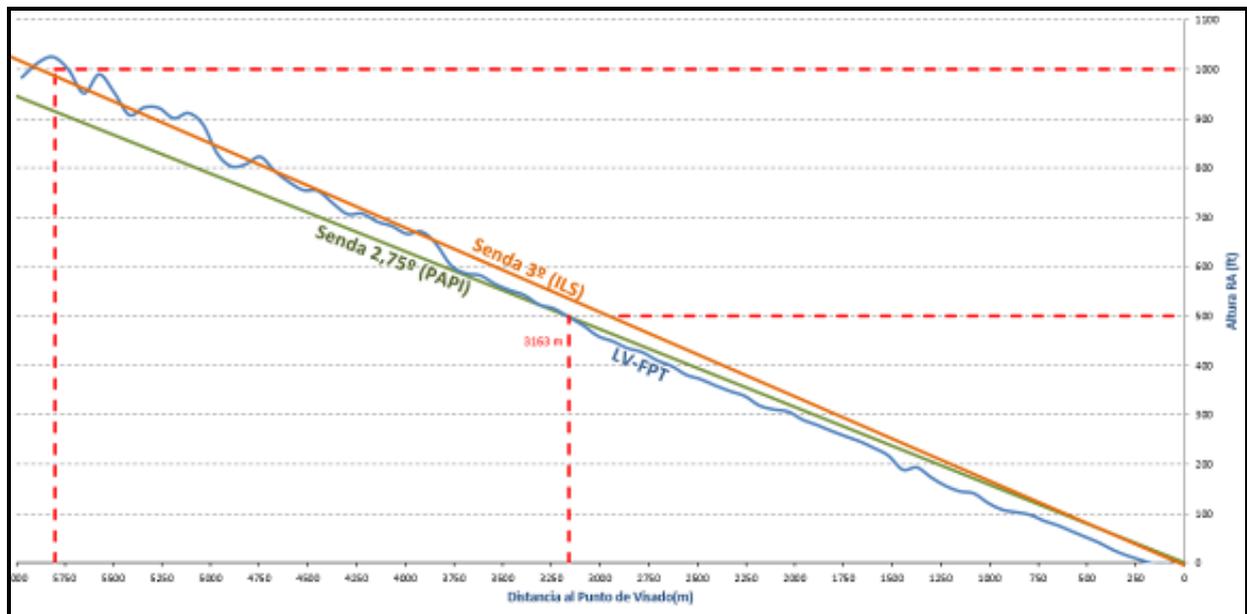


Figura 11. Perfil de vuelo de la aeronave

Los datos obtenidos del DFDR indican que la aeronave estaba en la senda del PAPI y a la altura correcta a 3,16 km del AP. Pasado este punto, la trayectoria de la aeronave capturada por el DFDR se mantuvo ligera, pero constantemente por debajo de la senda del PAPI hasta el contacto con la pista 13 (Figura 12).

³ El SOPM es un documento de Embraer. El documento aprobado por la ANAC que contiene los SOP de Austral es el MOE I.

⁴ Doscientos (200) pies de altura sobre el terreno.

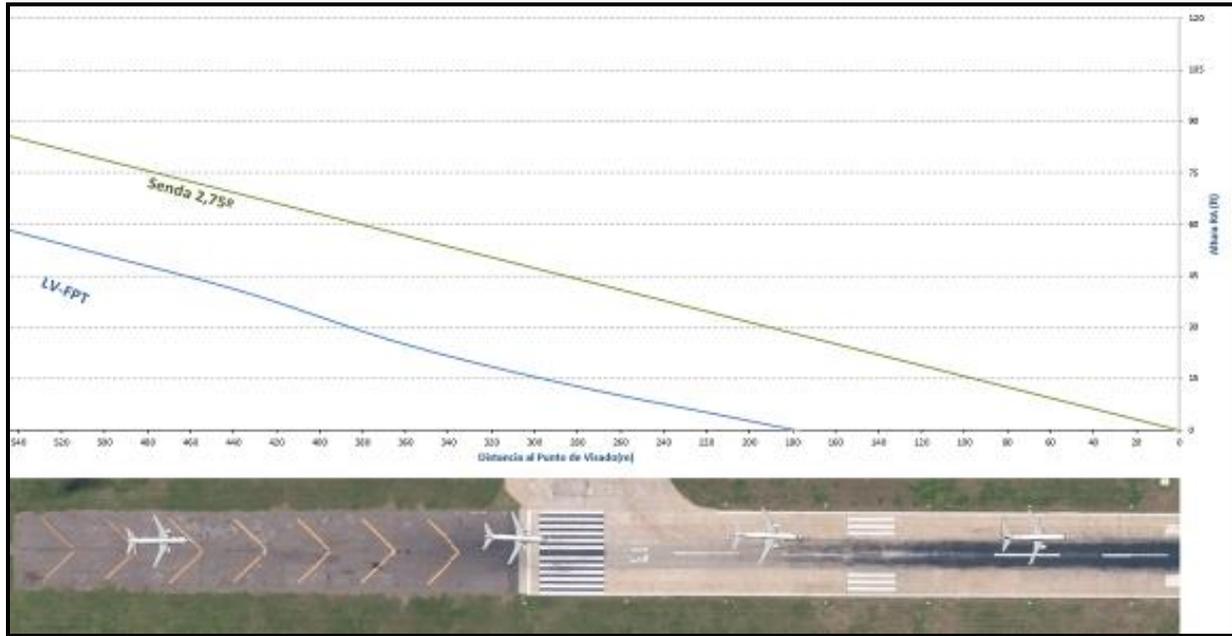


Figura 12. Perfil de la trayectoria de la aeronave instantes previos al contacto con la pista

La Figura 13 presenta los valores de los parámetros de vuelo y de empuje durante la aproximación, por debajo de 1000 pies y hasta la lectura cero del radioaltímetro. Los valores de relevancia de este incidente son, principal pero no únicamente, los registrados por debajo de 500 pies, altura a partir de la cual se aplican, según el MOE I, capítulo VIII, los parámetros de aproximación estabilizada en las aproximaciones visuales.

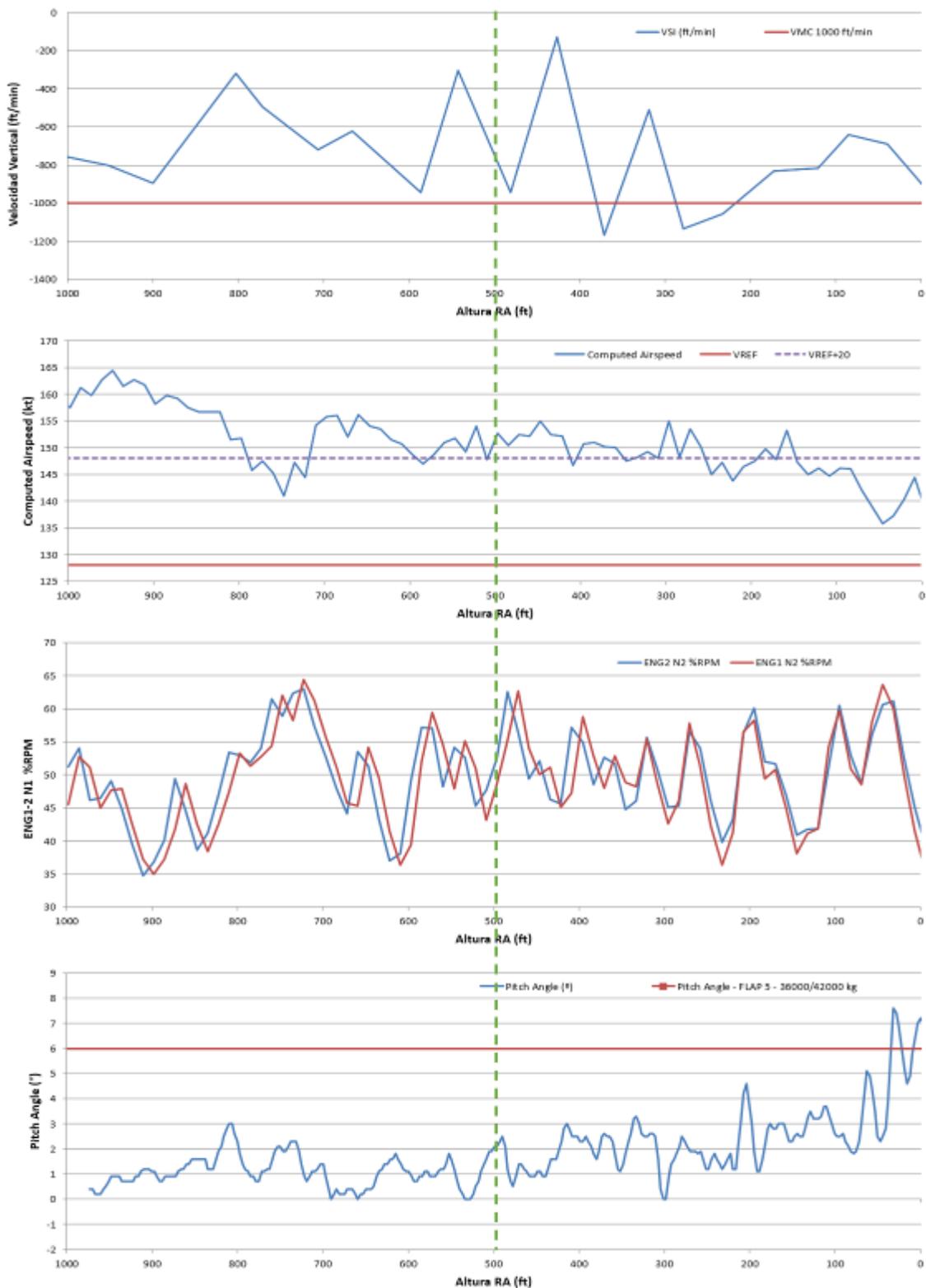


Figura 13. Parámetros de vuelo y empuje de la aeronave

Los valores del régimen de descenso o velocidad vertical de la aeronave, desde los 500 pies hasta el aterrizaje, estaban dentro de los parámetros de aproximación estabilizada determinados por Austral, con excepción de dos picos instantáneos en los que la aeronave experimentó un



régimen de descenso mayor a 1000 pies por minuto, llegando a alcanzar 1170 pies por minuto. El régimen de descenso comenzó a disminuir progresivamente por debajo de los 300 pies de altura hasta que la aeronave pasó 120 pies de altura, a partir de donde el régimen de descenso de la aeronave comenzó a incrementarse hasta superar los 900 pies por minuto. En el instante previo al toque con la pista, el régimen de descenso era de 912 pies por minuto.

La Velocidad de referencia (V_{ref}) para el aterrizaje era de 128 nudos, en función del peso y configuración de aterrizaje del AU 2503. El SOPM, en la Sección 3, *Procedures and techniques*, establece los incrementos a la V_{ref} para obtener la Velocidad de aproximación (V_{ap}) cuando el viento es un factor durante la aproximación. De acuerdo con el SOPM, el cálculo para la determinación de la V_{ap} es el siguiente:

- $VAP = VREF + 1/2 \text{ steady headwind component} + \text{gust increment}$
- $Minimum VAP = VREF + 5 \text{ kt}$ and $maximum VAP = VREF + 20 \text{ kt}$

Tomando en cuenta para el cálculo el viento notificado por la torre de Aeroparque al AU 2503 al momento de autorizar el aterrizaje (210/11G22), que generaba una componente de viento de frente de 2 nudos, la V_{ap} era de 140 nudos ($V_{ref} 128 + 1 [1/2 \text{ steady headwind component}] + 11 [\text{gust increment}]$).

La información del DFDR, volcada en la figura 13, permitió observar que la mayor parte de la aproximación se completó con velocidades en exceso a este valor, alcanzando un pico de 165 nudos. Al momento de la nivelación previa al aterrizaje la velocidad era de 140 nudos, coincidente con la V_{ap} .

La información obtenida del DFDR indico que la aproximación se completó con el *auto throttle* conectado en modo SPDT hasta el toque mismo,⁵ y la figura 13 permitió observar los cambios de empuje, en función de la variación de N1 (la velocidad del compresor de baja de cada motor).

El sistema AT (Auto Throttle) tiene distintos modos de funcionamiento:

En modo SPDT (Speed on thrust), el sistema AT controla la velocidad selectada, ajustando el empuje de los motores moviendo las palancas de empuje. Este modo es el que está activo durante la aproximación final y el aterrizaje.

En modo OVRD (Override), el piloto puede mover las palancas de empuje, independientemente de la demanda generada por el sistema AT. Esto tiene por objeto lograr un rápido aumento o

⁵ El sistema de *auto throttle* cuenta con dos maneras de desconexión, una normal y otra no normal, según se detalla en el AOM-1502-212.

reducción de empuje para compensar las variaciones de velocidad producto de la turbulencia o ráfagas de viento. Este modo se lo utiliza comúnmente durante las aproximaciones en condiciones de viento variables. En el modo OVRD el sistema de AT no se desconecta.

Estas variaciones, tanto de incremento o disminución de empuje, se deben a los cambios de actitud de la aeronave, concretamente en el ángulo de cabeceo (o *pitch angle*), y se observan valores que se incrementaron de 0° a 1000 pies de altura hasta alcanzar 7,8° en el instante previo al aterrizaje.

Los valores de *pitch angle*, salvo el mencionado pico de 7,8° que se produjo muy cerca del suelo, fueron inferiores al *pitch angle* de 6°, que corresponde al peso de aterrizaje que tenía el AU 2503. Esto es consistente con la mayor velocidad mantenida durante la aproximación. La variación constante y puntual del empuje y del *pitch angle* dentro del rango de los valores indicados es indicativa de las ráfagas de viento durante la aproximación y la turbulencia asociada a las mismas.

La aeronave cruzó el umbral de la pista 13 con 15 pies de altura y aproximadamente 143 nudos. La primera toma de contacto con la pista, con las alas niveladas y sobre ambos trenes de aterrizaje principales, fue a una distancia aproximada de 180 metros de la cabecera, con una aceleración vertical de 2,613 g, lo que resultó en un *hard landing*.⁶ La aeronave rebotó y volvió a tomar contacto con la pista, con un ángulo de inclinación de 1.7 grados y sobre el tren de aterrizaje principal derecho, a una distancia aproximada de 300 metros de la cabecera con una aceleración vertical de 2,299 g. (figura 14).

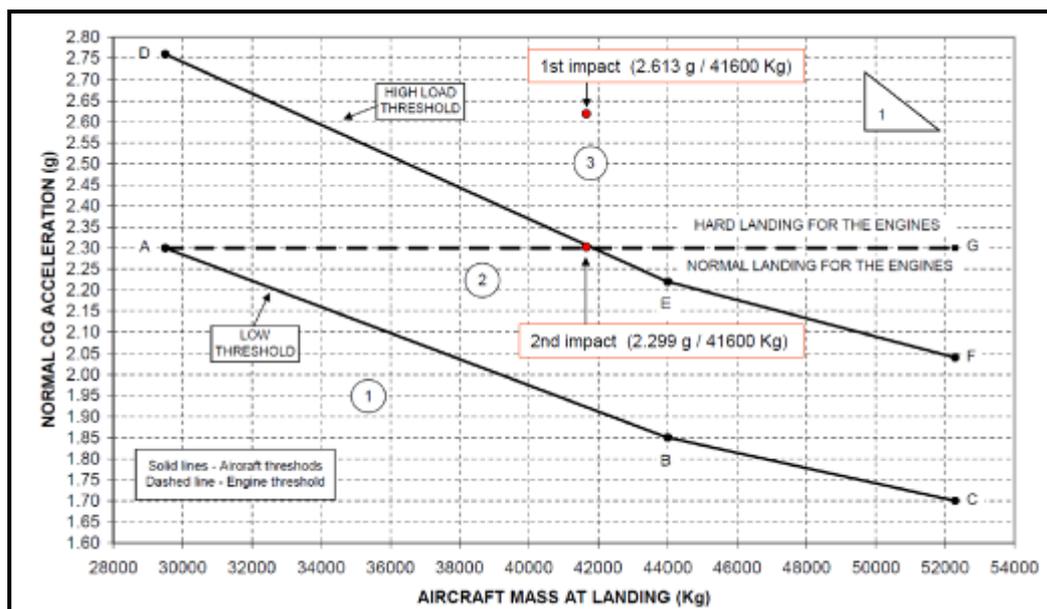


Figura 14. Aceleraciones verticales experimentadas por la aeronave

⁶ Según la documentación del fabricante, para el peso de la aeronave en este aterrizaje, se considera *hard landing* si la aeronave tiene una aceleración vertical mayor a 2,3 g.

La aceleración lateral máxima que experimentó la aeronave en la primera toma de contacto fue de 0,326 g y en el segundo contacto fue de 0,173 g, ambas hacia la derecha. Esta situación hizo que en el primer toque el tren de aterrizaje principal izquierdo soportara las altas cargas laterales hacia el lado interno, y en el segundo toque el tren de aterrizaje principal derecho soportara las altas cargas laterales hacia al lado externo.

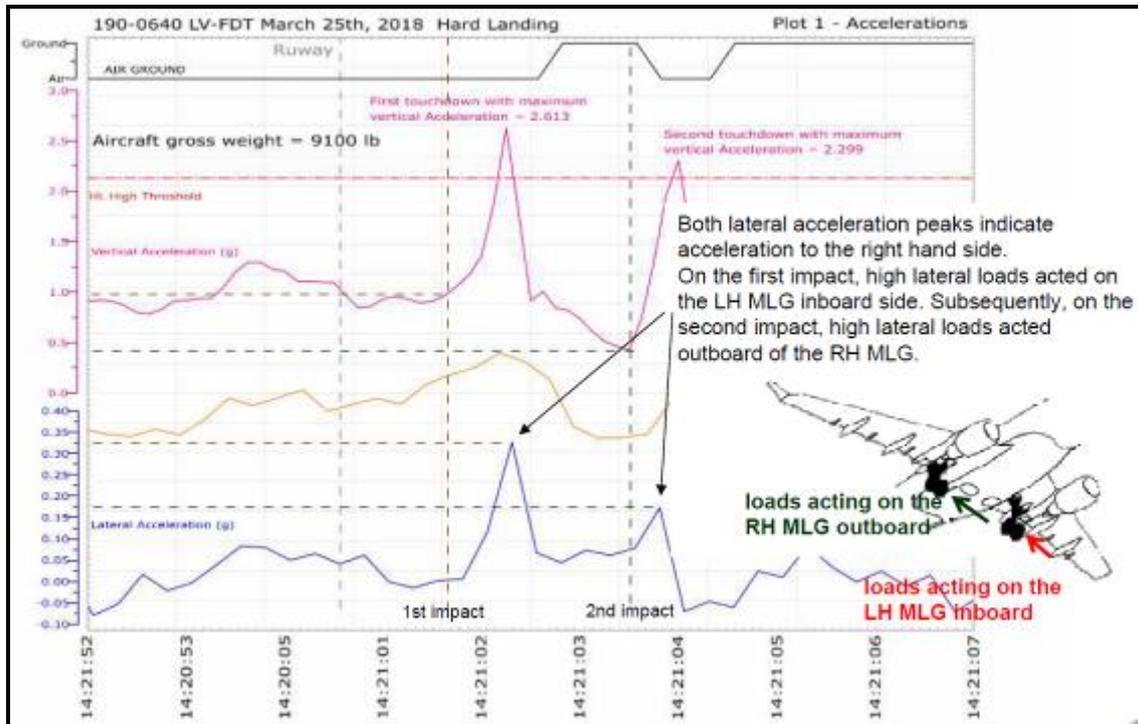


Figura 15. Aceleraciones laterales experimentadas por la aeronave

En la figura 16 se observa que instantes previos al primer toque, la aeronave redujo su ángulo de *pitch*, lo que favoreció un aterrizaje con rebote, según lo indicado en el informe producido por Embraer.

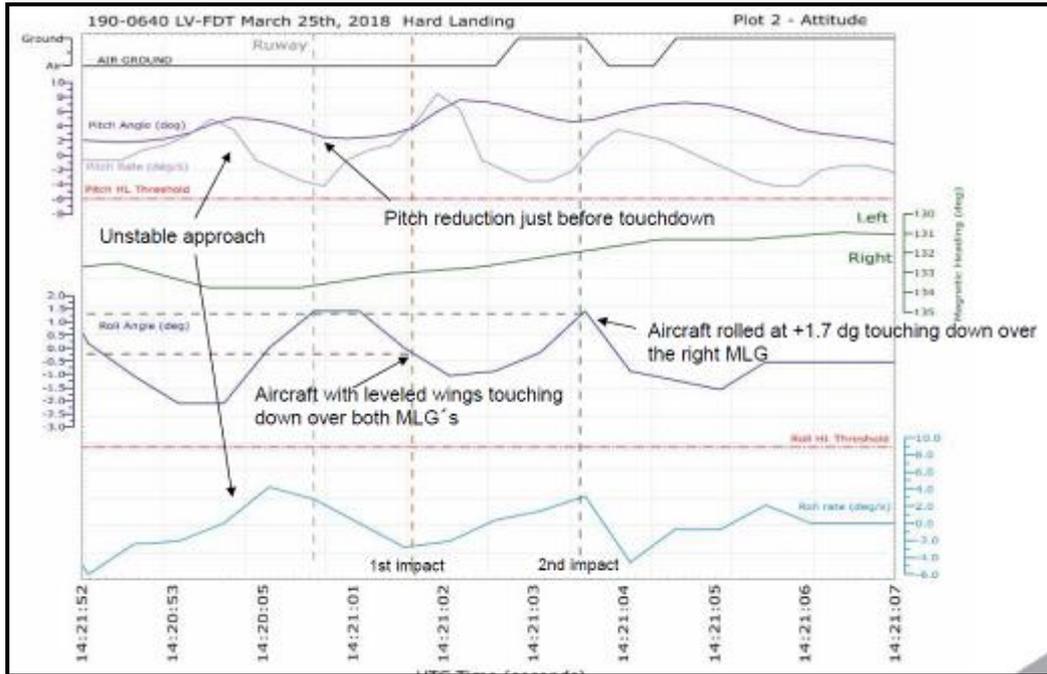


Figura 16. Ángulo de pitch

La Figura 17 permite observar que la palanca de acelerador del motor número 2 no estaba en posición *idle* al momento que las ruedas del tren de aterrizaje principal comenzaron a girar, lo que provocó el retraso del despliegue automático de los *spoilers* y favoreció el rebote.

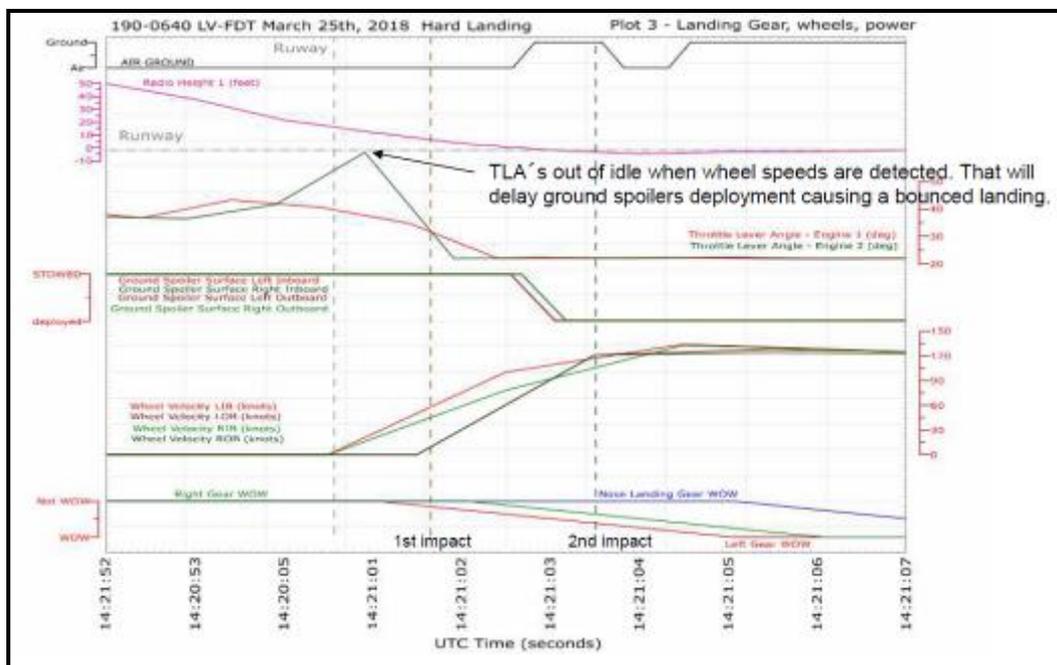


Figura 17. Ángulo de la palanca de aceleradores (Thrust Lever Angle, TLA)



1.17 Información orgánica y de dirección

Austral Líneas Aéreas era la empresa propietaria de la aeronave matrícula LV-FPT. Su base de operaciones se encontraba en el Aeroparque Jorge Newbery y era miembro de la alianza global *SkyTeam*. Austral Líneas Aéreas realizaba vuelos de cabotaje dentro de Argentina, así como vuelos regionales a Uruguay, Paraguay, Chile y Brasil. La empresa tenía un Certificado de Explotador de Servicios Aéreos (CESA) otorgado por la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), vigente desde abril de 2017 hasta abril de 2019.

La estructura, misión y funciones de la gerencia de operaciones, de los servicios de apoyo al vuelo y de sus unidades asociadas estaban detalladas en el MOE I. Éste contenía también, en gran detalle, toda la información concerniente a la ejecución y supervisión de las operaciones de vuelo y de operaciones en apoyo al vuelo. El capítulo XIII del MOE I contenía la información concerniente al Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) de Austral y del programa de Aseguramiento de la Calidad de las Operaciones de Vuelo (FOQA).

El MOE II establecía las normas y procedimientos para las actividades relacionadas con la instrucción del personal aeronavegante y del personal operativo de tierra. La información contenida en el manual incluía los requerimientos referentes a instrucción detallados en las RAAC, Parte 121, Subparte N, “Programa de Instrucción”. La información contenida en el MOE II incluía la descripción del programa de capacitación en Factores Humanos para el personal navegante.

1.18 Información adicional

Aproximación estabilizada

El capítulo VIII, *Supervisión de las operaciones de vuelo*, del MOE I de Austral establecía las pautas para la estandarización de las tareas, procedimientos y supervisión de todas sus operaciones de vuelo, a fin de cumplir con las RAAC, Parte 121, que a su vez reflejan los estándares de seguridad operacional establecidos por la OACI.

El apartado 3.13 del capítulo VIII del MOE I, “Estabilización de la aeronave en la aproximación”, fijaba los criterios de aproximación estabilizada. Los criterios establecidos por Austral replicaban los establecidos por el fabricante de la aeronave, Embraer, en el SOPM, los que a su vez eran réplica de los criterios internacionales establecidos (Figura 18).



Austral

MANUAL DE
OPERACIONES

CAPÍTULO VIII

Volumen I – Pág. 32
Revisión: 26
Fecha de Rev.: 13 ABR 18

3.13. Estabilización de la aeronave en la aproximación

Se establece como política de empresa el concepto de aproximación estabilizada, dicha porción del vuelo es parte sustancial del seguimiento realizado a través del monitoreo y análisis de datos de vuelo (FOQA).

La aeronave debe estar estabilizada a los 1000 ft AGL en IMC y a los 500 ft AGL en VMC. Una aproximación se considera estabilizada cuando:

- La aeronave se encuentra en su correcto perfil de aproximación.
- Solo pequeños cambios de rumbo y pendiente son necesarios para mantener el correcto perfil de aproximación.
- La velocidad no es mayor a $V_{ref} + 20$ y no menor de V_{ref} .
- La aeronave se encuentra en su correcta configuración de aterrizaje.
- El régimen de descenso no es superior a 1000 ft/min, si un régimen superior es necesario un briefing especial deberá ser realizado..
- El empuje es el apropiado para la configuración de la aeronave.
- Todos los briefings y listas de control de procedimientos han sido realizados.
- No se excedan las desviaciones máximas indicadas más abajo para Aproximaciones de Precisión (punto 3.7.3.1) y Aproximaciones de no Precisión (punto 3.7.3.2).
- Realizando una Circulación Visual la aeronave se encuentre con alas niveladas al alcanzar los 300 pies sobre la elevación del aeropuerto.

Nota: Cuando un procedimiento especial o condiciones anormales requieran apartarse de los puntos antes mencionados un Briefing especial deberá realizarse.

Los procedimientos específicos de estas maniobras se encuentran desarrollados en los AOM/SOP de las aeronaves que componen la flota de Austral Líneas Aéreas.

Ante la presencia de fuertes vientos/ráfagas en la aproximación, se deben modificar las velocidades con los aumentos previstos en los AOM/SOP.

Para la detección de cortantes de viento y vientos en altura todo el equipamiento disponible de la aeronave deberá ser utilizado (por ejemplo: FMS, INS, etc.).

Para el caso de turbulencia ocasionada por otras aeronaves prever la adecuada separación.

En caso de no obtener una aproximación estabilizada a los 1000 ft AGL en condiciones IMC como a los 500 ft AGL en VMC, se deberá iniciar la maniobra de escape.

Figura 18. Parámetros para aproximación estabilizada



El MOE I era explícito respecto de iniciar la maniobra de escape cuando una aproximación no cumple con los parámetros de estabilización a los 1000 pies sobre el terreno en condiciones de vuelo instrumentales o a los 500 pies sobre el terreno en condiciones de vuelo visuales.

Avisos normalizados o callouts

El apartado 3.15 del Capítulo VIII del MOE I establecía los criterios de aplicación de los avisos normalizados o *callouts*, que son avisos utilizados para asistir al PF de forma tal de detectar desvíos de los procedimientos estándar o de las trayectorias óptimas. El MOE I era explícito en cuanto a que el PM debe realizar los *callouts* a partir de indicaciones de los instrumentos para una condición determinada, condición que debe ser luego reconocida por el PF. En caso de que el PM no realice el *callout* correspondiente, el PF debe hacerlo.

Austral Líneas Aéreas había adoptado los *callouts* contenidos en el SOPM de Embraer. El SOPM establecía los momentos y/o condiciones en las cuales debían realizarse los *callouts* correspondientes. También establecía aquellos desvíos de los parámetros que implica la ejecución de un *callout* (figuras 19 a 22).



ACTIONS and CALLOUTS		
	PF	PM
10000 ft AFE	<p>“TEN THOUSAND CHECKED”.</p>	<p>“TEN THOUSAND”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selects external lights ON. • Selects sterile, No Smoking (NO ELEC DEVICES) and Fasten Belts ON. • Alerts cabin crew. <p>“CABIN CREW, PREPARE FOR LANDING”.</p>
Transition level	<ul style="list-style-type: none"> • Sets and verifies altimeters. 	<p>“TRANSITION LEVEL”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sets and verifies altimeters. • Verifies that all altimeters are set QFE/QNH.
Before starting the approach	<ul style="list-style-type: none"> • Speed Selector knob as required. • Verifies preselected final approach course, radios, and MDA/DA. <p>“APPROACH CHECKLIST”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifies preselected final approach course, radios, and MDA/DA. • Performs approach checklist. <p>“APPROACH CHECKLIST COMPLETED”.</p>
For VGP – On the heading to intercept final approach course	<ul style="list-style-type: none"> • Presses the APP button on guidance panel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Checks proper annunciation on FMA.

Figura 19. Avisos normalizados

ACTIONS and CALLOUTS		
	PF	PM
First positive inward motion of radial (Final approach course)		"CDI ALIVE".
On final inbound before FAF (2 NM) or one dot to intercept the glide (VGP)	"LANDING GEAR DOWN, FLAPS 3".	<ul style="list-style-type: none"> • Selects landing gear down. • Selects flaps 3.
At FAF	<ul style="list-style-type: none"> • Start timer (if applicable). "SET _____⁽¹⁾". • Verifies altimeters, instruments, and no flags. 	<p>"FINAL APPROACH FIX".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Start timer (if applicable). • Sets minimums (or go-around altitude for VGP) on altitude pre-selector. • Verifies altimeters, instruments, and no flags.⁽²⁾
<p>NOTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ⁽¹⁾ "MINIMUMS" for FPA or V/S or "GO-AROUND" for VGP. When not using VGP mode, upon reaching MDA with ALT mode engaged, set the go-around altitude. - ⁽²⁾ Monitor the RNP Data Block Indications window throughout final approach. If the APPR annunciation is not displayed, revert to raw data or rely on visual cues. If not possible, initiate a missed approach. <p>If during the approach the DGRAD annunciation appears, calls "DEGRADED" and proceed on the approach based on raw data or rely on visual cues. If unable, perform the missed approach procedure.</p>		

Figura 20. Avisos normalizados

ACTIONS and CALLOUTS		
	PF	PM
At FAF	"FLAPS __, BEFORE LANDING CHECKLIST".	<ul style="list-style-type: none"> • Selects landing flaps. • Performs the before landing checklist. <p>"BEFORE LANDING CHECKLIST COMPLETED".</p>
1000 ft RA ⁽¹⁾	<p>"CHECKED".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifies instruments and no flags. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifies or calls out. "ONE THOUSAND". • Verifies instruments and no flags.
Below 1000 ft RA		<p>Calls out deviations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "SINK RATE". • "GUIDANCE". • "SPEED". • "LOC". • "GLIDE".
At 500 ft RA ⁽²⁾ . "FIVE HUNDRED"	<p>"CHECKED".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Starts to follow thrust lever movement or continues thrust manually. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifies or calls out. "FIVE HUNDRED".
80 ft to minimums EGPWS callout "APPROACHING MINIMUMS"	<ul style="list-style-type: none"> • Starts looking for visual cues.⁽³⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifies EGPWS callout.⁽⁴⁾

Figura 21. Avisos normalizados

ACTIONS and CALLOUTS		
	PF	PM
At minimums - If not using VGP mode when ALT mode engages.	“SET GO AROUND HEADING AND ALTITUDE”.	“_____ SET ⁽⁵⁾ ”. • Sets go-around altitude on Altitude preselector.
At latest at minimums - If visual reference is established at an adequate position for a safe landing by PF.	“CONTINUE”.	“VISUAL”.
At missed approach point - If no visual reference is established or visual contact is established at an inadequate position for a safe landing.	“GO-AROUND”. • Initiates go-around procedure.	• Verifies or calls out. “MINIMUMS”.
<p>NOTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ⁽¹⁾ Operator’s policy may standardize 1000 ft above airport elevation due terrain area on final approach. - ⁽²⁾ Operator’s policy may standardize 500 ft above airport elevation due terrain area on final approach. - ⁽³⁾ On a NO AUTOPILOT approach the PM starts scanning outside looking for visual cues, when visual reference is established calls out “VISUAL”. The PF should keep scanning the flight instruments and look outside when receive the callout “VISUAL”. When reaching the MINIMA altitude with no callout from the PM, PF should callout “MINIMUMS, GO AROUND” (for VGP) or “MINIMUMS” (for FPA or V/S). - ⁽⁴⁾ Operator’s policy may standardize that PM calls out “APPROACHING MINIMUMS” when 80 ft to minimums. - ⁽⁵⁾ Go around heading and altitude. For example: “HEADING 240, 5000 FEET SET”. - Runway approach lights could be considered as a visual cue. 		

Figura 22. Avisos normalizados

Briefings de aproximación

El apartado 3.6 del Capítulo VIII del MOE I describía los contenidos del *briefing* de aproximación que se debe completar antes de iniciar el procedimiento (Figura 23). Los contenidos del *briefing* de aproximación estaban también detallados en la sección 3-5-05 del SOPM de Embraer (figura 24).



3.6. Briefing de Aproximación

Antes de iniciar la aproximación, el Comandante deberá instruir a los miembros de la tripulación en el procedimiento a seguir. Este briefing de aproximación deberá incluir, por lo menos, los siguientes ítems:

- Tipo de aproximación / pista en uso
- Altitudes mínimas descritas en la aproximación y comparación de las mismas con las de la base de datos de la FMS.
- Procedimiento de aproximación frustrada / Con uno o dos motores / Procedimiento de falla de motor si lo hubiera (EOSID)
- Selección y uso de radioayudas / equipos
- Limitaciones impuestas por ítems MEL/CDL
- Consideraciones especiales para la aproximación a realizar
- Briefing al tercer tripulante / observador que incluya: Cockpit estéril debajo de los 10000 ft hasta que se le indique, acciones a tomar en caso de evacuación, etc.
- Cantidad y distribución del combustible
- Combustible remanente necesario para la alternativa
- Diagrama de aeropuerto/diagrama de calles de rodaje
- NOTAMs
- Cartas de Procedimientos de arribo
- Flaps / autobrake y distancias de parada para el aterrizaje
- Procedimientos para el vuelo automático y/o manual
- Condiciones meteorológicas adversas si las hubiera
- Condiciones de pista adversas si las hubiera
- Procedimiento de abatimiento de ruido, si lo hubiera
- Procedimiento de evacuación
- Briefing a la tripulación de cabina
- Cualquier otra situación que sea necesaria rever o definir la responsabilidad de la tripulación.

Las altitudes mínimas de seguridad o altitudes publicadas para el procedimiento que se va a realizar, deberán ser verificadas y comparadas por ambos pilotos con las existentes en la base de datos del FMS antes de comenzar la aproximación.

Figura 23. Briefing de aproximación según el MOE I



PROCEDURES AND
TECHNIQUES
APPROACH

STANDARD
OPERATING
PROCEDURES



170
175
190
195

INSTRUMENT APPROACHES

Approximately 50 NM before descent, pilots should perform the approach briefing.

It is recommended to set instruments before the briefing.

The items to be covered by the briefing are:

- Weather and NOTAM's at destination and alternate airports;
- Runway length, width, and best taxiway to vacate;
- Landing flaps and deceleration devices (brakes, spoilers, and thrust reversers);
- Assessment of the landing distance for current conditions and comparison with the runway length available;
- Check MORA/MEA;
- Instrument Approach plates, checking MSA, frequencies, courses, MDA/DA, selecting raw data sources (CDIs/needles – VOR/FMS/ADF) and use of FMA modes during approach;
- FMS/MCDU settings, checking on each leg that the altitude constraints during descent are assigned as DES on FPL page. Check HOLDING patterns at HOLD page;
- Missed approach procedures – check if it is set on FMS according to the plate;

Post-Mod. LOAD 27.1

- Set or verify GO AROUND LIMIT page settings.

- Apron facilities and stands.

Figura 24. Briefing de aproximación según el SOPM de Embraer

Aterrizaje con rebote (*Bounced landing*)

La Sección 3-40 del SOPM presentaba los factores que pueden llevar a un aterrizaje con rebote, así como las técnicas de recuperación. La Figura 25 presenta los factores que propician un aterrizaje con rebote. Además, explicita la relación entre una aproximación estabilizada, la gestión adecuada del empuje y la técnica de nivelación para lograr aterrizajes exitosos.

BOUNCED LANDING

The bouncing occurs more often during landings by one or a combination of the following factors:

- Windshear;
- Low-level turbulence;
- High flare initiation;
- Excessive rate of descent;
- Late flare initiation;
- Incorrect flare technique;
- Excessive airspeed;

The key factor for a successful landing is a stabilized approach and proper thrust/ flare coordination. Do not extend the flare at idle thrust as it significantly increases landing distance. Reducing to idle before the flare also requires an increase in pitch. Flaring high and quickly reducing thrust to idle can cause the airplane to settle abruptly.

Figura 25. Factores que contribuyen a un aterrizaje con rebote

Cabina estéril

El apartado 3.15 del Capítulo VIII del MOE I introducía el concepto de *cabina estéril*. La adhesión a las pautas de cabina estéril apunta a evitar distracciones y concentrar la atención de la tripulación en la gestión de la trayectoria de la aeronave en todo momento, pero con especial énfasis en las fases críticas del vuelo. El MOE I era explícito en cuanto a la obligatoriedad de observar las pautas de cabina estéril. El siguiente extracto del Capítulo VIII del MOE I presentaba las fases del vuelo en las que debe aplicarse el concepto de cabina estéril: “Está prohibido mantener conversaciones casuales o innecesarias durante las fases críticas de vuelo, particularmente durante el rodaje, despegue, aproximación y aterrizaje. Se recuerda el concepto de cabina estéril debajo de 10.000 pies”.

Capacitación en Factores Humanos

El MOE II contenía, en los apartados 6.2.27 y 6.9.2, el detalle de la currícula sobre la capacitación en *Crew Resource Management (CRM)* para el personal aeronavegante, que incluía capacitación inicial y de repaso. El MOE II no contenía información sobre capacitación al personal aeronavegante en Gestión de Amenazas y Errores (*Threat and Error Management, TEM*). Este era un requerimiento explícito en el Anexo 6, Parte I, *Operación de Aeronaves*, capítulo 9 *Tripulación de vuelo del avión* (figura 26, 9.3.1e).



9.3 PROGRAMAS DE INSTRUCCIÓN PARA LOS MIEMBROS DE LA TRIPULACIÓN DE VUELO

9.3.1 El explotador establecerá y mantendrá un programa de instrucción, en tierra y en vuelo, aprobado por el Estado del explotador, por el que se asegure que todos los miembros de la tripulación de vuelo reciben formación adecuada para ejecutar las tareas que les han sido asignadas. El programa de instrucción:

ANEXO 6 — PARTE I

9-1

8/11/18

Anexo 6 — Operación de aeronaves

Parte I

- a) incluirá medios adecuados, en tierra y en vuelo, así como instructores debidamente cualificados, según determine el Estado del explotador;
- b) constará de adiestramiento, en tierra y en vuelo, en el tipo o tipos de avión en que preste servicio el tripulante;
- c) incluirá la coordinación adecuada de la tripulación de vuelo, así como adiestramiento en todos los tipos de situaciones o procedimientos de emergencia y no normales causados por mal funcionamiento del motor, de la célula, o de los sistemas, o debidos a incendio u otras anomalías;
- d) incluirá instrucción para la prevención y recuperación de la pérdida de control;
- e) incluirá capacitación para impartir conocimientos y aptitudes sobre procedimientos de vuelo visual y por instrumentos para el área pretendida de operación, representación cartográfica, la actuación humana incluyendo la gestión de amenazas y errores, así como el transporte de mercancías peligrosas;

Figura 26. Anexo 6, Parte I, capítulo 9

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

Esta sección presenta la evaluación de la información obtenida por la investigación sobre la secuencia de eventos que culminó con el *hard landing* del AU 2503 e incluye tanto factores inmediatos como mediatos subyacentes a la secuencia de eventos. El análisis comienza evaluando los aspectos técnico-operativos inmediatos a la secuencia de eventos. La evaluación de los aspectos técnico-operativos descarta la posibilidad de factores o fallas técnicas que pudieran haber contribuido al incidente, y se enfoca en la relación entre las condiciones ambientales prevalecientes el día del suceso durante la aproximación del AU 2503 a Aeroparque, la gestión de la trayectoria de la aeronave, y los factores que pueden llevar a un *hard landing* seguido por un rebote.

En segunda instancia, el análisis considera aspectos institucionales mediatos con potencial de contribuir al desencadenamiento de un suceso como el analizado. Desde esta perspectiva, se evalúan los factores que pueden influir en la adherencia por parte de las tripulaciones a los Procedimientos Operativos Estándar (SOP) establecidos por un operador y la documentación operativa de apoyo. Puntualmente, se consideran los contenidos de los SOP aplicables a la aproximación estabilizada, el uso de los *callouts*, la ejecución de los *briefings* de aproximación y el concepto de cabina estéril.

El análisis concluye con la reiteración de asimetrías en la normativa argentina sobre capacitación en Factores Humanos y en performance operativa de tripulaciones con respecto al marco de referencia proporcionado por las pautas fijadas por OACI.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Las condiciones ambientales

Las condiciones ambientales bajo las cuales el AU 2503 completó la aproximación a la pista 13 de Aeroparque el día del suceso no eran extremas, pero presentaban un nivel de desafío para la tripulación. La aproximación del AU 2503 se llevó a cabo en condiciones de vuelo visual, pero con viento del sector sud/sudoeste, con ráfagas de intensidad. La aproximación a Aeroparque –a cualquiera de las dos cabeceras de su pista– bajo estas condiciones de viento se caracteriza por la presencia de turbulencia mecánica. Ésta resulta del efecto “venturi” o la succión producto del pasaje del viento por los “desfiladeros” que generan los edificios de la Ciudad de Buenos Aires,



que virtualmente “encierran” el sector oeste de la pista 13/31 de Aeroparque. La presencia de ráfagas, cuando las hay, complica aún más una situación de por sí compleja.

La gestión de la trayectoria de la aeronave

El desafío en la gestión de la trayectoria de la aeronave durante la aproximación a Aeroparque en condiciones de viento como las presentes el día del incidente es conocido por los pilotos que operan en el mismo con regularidad, como era el caso de la tripulación del AU 2503. El testimonio de ambos pilotos es inequívoco en cuanto a que reconocieron la condición de viento, anticiparon la turbulencia mecánica resultante, y adoptaron las precauciones del caso.

En este caso, la tripulación aplicó la corrección de acuerdo a los SOP a la Vref, para gestionar la trayectoria de la aproximación mediante una Vap que proporcionase suficiente efectividad a los controles de vuelo y margen de protección contra las ráfagas. Así, según se consigna en la Sección 1, la Vref para el peso de la aeronave era de 128 nudos, y la Vap resultante –con respecto a la cual se completó la aproximación– era de 140 nudos.

La corrección acertada aplicada a la Vref por la tripulación es evidente en la lectura de los parámetros de vuelo, que identifican fluctuaciones constantes con respecto a la Vap de 140 nudos, con picos instantáneos que alcanzan casi 165 nudos entre los 1000 pies y los 500 pies de radioaltímetro. A partir de los 500 pies de radioaltímetro la Vap fluctúa dentro de un rango cercano a los 150 nudos. Las constantes fluctuaciones de velocidad están acompañadas por cambios de cabeceo y alabeo asociados.

El hard landing

El incremento a la Vref como contramedida del viento durante la aproximación es una “mejor práctica de la industria” (*industry best practice*)⁷ de universal adopción. La aplicación de la corrección a la Vref, no obstante, se basa en el supuesto que el exceso de velocidad será gradualmente disipado a medida que la aeronave se acerca al punto de toque, de manera que se cumplan las condiciones de certificación de la aeronave para el aterrizaje: cruce de la cabecera a 50 pies de altura sobre la misma, y a Vref. Cualquier desfasaje con respecto a estos dos valores tiene consecuencias en la distancia de aterrizaje y en el control de la aeronave. De estas dos potenciales consecuencias, la segunda es de relevancia para el análisis.

⁷ La OACI define “*mejor práctica de la industria*” como “material de orientación proporcionado por un órgano de la industria, para un sector particular de la industria de la aviación, a fin que se cumplan los requisitos de las normas y métodos recomendados de la OACI, otros requisitos de seguridad operacional y las mejores prácticas que se consideren apropiadas” (Anexo 19 – Gestión de la Seguridad Operacional, capítulo 1).



La V_{ref} es una velocidad que representa 1.3 VS (Velocidad de Pérdida) para la configuración presente de la aeronave. Presentado de manera diferente, la V_{ref} es superior en un 30% a la VS de sustentación aerodinámica de la aeronave para la configuración en la que la misma se encuentra. Redondeando valores, si la V_{ref} del AU 2503 para el peso y configuración de aterrizaje el día del suceso era de 128 nudos, la velocidad de pérdida era levemente inferior a 100 nudos.

Según la lectura de los parámetros de vuelo, el cruce de cabecera fue a 15 pies sobre la misma y la velocidad instantes antes del toque con la pista 13 (vale decir, durante la maniobra de nivelación) era de 140 nudos. Para contextualizar esta información, la aeronave cruzó la cabecera con una velocidad superior en más de 12 nudos a la V_{ref} (y 40 nudos superior a la VS), y dentro de lo que se conoce como “efecto tierra” (*ground effect*). Ambas consideraciones son relevantes al control de la aeronave.

El efecto que tiene el incremento de la velocidad con respecto a la V_{ref} sobre el control de la aeronave es evidente: a mayor velocidad, mayor respuesta (y mayor sensibilidad) de los comandos de vuelo a una misma intensidad de *input* en los comandos. Así, el *input* en el comando de profundidad para levantar la nariz durante la nivelación previa al aterrizaje a una velocidad sustancialmente mayor que la V_{ref} es significativamente menor que el *input* necesario para levantar la nariz a V_{ref} o a una velocidad cercana a la misma. La aplicación de la misma intensidad de *input* a la mayor velocidad hará que el avión “flote” en vez de levantar la nariz.

El *ground effect*, por su parte, es un fenómeno que resulta cuando una aeronave vuela sobre el terreno a una altura inferior a la mitad de su envergadura. El resultado del *ground effect* es un aumento en la sustentación aerodinámica (*lift*) y una reducción en la resistencia al avance (*drag*) como consecuencia de la disrupción de los vórtices de punta de ala. El *efecto tierra* es más notable en aeronaves con las alas en flecha (*sweep wings*), como es el caso del E-190. La envergadura del E-190 de 94 pies, por lo que la aeronave entra en efecto tierra por debajo de 47 pies de altura. Es evidente que el AU 2503 estaba dentro del efecto tierra desde antes de cruzar la cabecera 13, lo que supone que estaba en una doble condición de aumento de *lift* y disminución de *drag*. Ambas condiciones contribuyen a que un avión “flote”.

El aumento en la efectividad de respuesta del timón de profundidad a la mayor velocidad explica por qué la aeronave levantó la cola durante la maniobra de nivelación. La velocidad, sumada al aumento de *lift* y disminución de *drag* como resultado del *ground effect*, explican la “flotación”. La rápida disipación de la energía cinética durante el planeo prolongando, mientras la aeronave se encontraba volando nivelada a escasos metros del suelo, explica por qué el avión –según el propio testimonio del PF – “deja de volar” y se desploma, provocando un aterrizaje brusco.



El rebote

La otra consideración de relevancia para el análisis es la velocidad vertical o régimen de descenso de la aeronave. La lectura de los datos de vuelo indica que la velocidad vertical de la aeronave instantes antes del *hard landing* era levemente superior a 900 pies por minuto, en comparación con una velocidad vertical típica inferior a 300 pies por minutos. Este factor, sumado a la aceleración vertical de 2.613 g, está directamente relacionado con el rebote de la aeronave posterior al *hard landing*.

La figura 25 en la Sección 1 presenta los factores que contribuyen a un aterrizaje con rebote. De los siete factores enumerados, cuatro estaban presentes el día del suceso: turbulencia a bajo nivel, técnica de nivelación, razón de descenso y velocidad. A esto debe agregarse que la palanca de acelerador del motor número 2 no estaba en posición *idle* al momento que las ruedas del tren de aterrizaje principal comenzaron a girar –tenía 61% de N1–, lo que introdujo una demora en el despliegue automático de los spoilers. Esta condición también contribuyó al rebote del avión.

Aspectos institucionales- Austral Líneas Aéreas

La importancia y el valor de los SOP como un recurso institucional simple, pero altamente efectivo para ordenar y proteger las operaciones de vuelo no son siempre dimensionados en su real magnitud. Esto es porque a veces se pierde de vista que los SOP son un *mandato institucional* sobre la forma en que un operador quiere que se lleven a cabo las operaciones, y se los confunde con sus *técnicas de aplicación*, es decir, con las *acciones* a ser llevadas a cabo por las tripulaciones para ejecutar el procedimiento.

La premisa de esta sección del análisis es que los *procedimientos* son la expectativa del operador de cómo deben llevarse a cabo las operaciones de vuelo. Si tal expectativa se cristaliza o no, depende de las *prácticas diarias* del personal de primera línea, vale decir, del grado de adhesión a los procedimientos. En la medida que procedimientos y prácticas sean idénticos, las operaciones se entregarán de acuerdo con las expectativas del operador, sin desfasajes. En tanto haya desfasajes entre procedimientos y prácticas diarias, el operador tendrá una visión distorsionada de la realidad de sus operaciones.

La adhesión a los SOP

La información acumulada por la investigación genera evidencia de desfasajes –de distinta magnitud– en cuatro componentes de los SOP de Austral, con referencia a los contenidos del MOE I:



- *Aproximación estabilizada.* La información del DFDR evidencia desfasajes por debajo de los 500 pies con respecto a tres de los criterios establecidos por SOP (figura 18): perfil de aproximación (cuatro alarmas auditivas de “*glide slope*”); velocidad (picos instantáneos en exceso de $V_{ref}+20$), y régimen de descenso (picos instantáneos en exceso de 1000 pies por minuto). Según los SOP, cualquiera de los desfasajes debería haber disparado la iniciación de la maniobra de *go-around*, independientemente de las consideraciones subjetivas sobre si la magnitud de los desfasajes lo justificaba.
- *Uso de los callouts.* La información del CVR evidencia una ausencia parcial de los *callouts* establecidos por los SOP (figuras 19 a 22) durante todo el período de grabación.
- *Briefings.* La información del CVR evidencia una ausencia parcial de los *briefings* establecidos por los SOP (figuras 23 y 24) durante todo el período de grabación.
- *Cabina estéril.* La información del CVR permite establecer que, durante todo el período de grabación, poco más de 44 minutos, 30% de los intercambios entre la tripulación fueron conversaciones casuales y sin relevancia a la operación. Durante el período que se extiende entre el contacto inicial con Aeroparque y el aterrizaje, poco más de 11 minutos – vale decir, durante la aproximación– 43% de los intercambios entre la tripulación fueron conversaciones casuales y sin relevancia a la operación.

La evaluación del análisis es que ninguno de los cuatro desfasajes respecto de los SOP descriptos tuvo relación desencadenante con este suceso en particular, pero puede tenerla en condiciones operativas diferentes. Por ello, bajo la perspectiva de la gestión de la seguridad operacional, estos desfasajes deben ser objeto de atención a efectos mediatos.

El MOE de Austral era voluminoso. Su organización y contenido cumplía con los requerimientos establecidos por la OACI, Apéndice 2 del Anexo 6, Parte I, *Operación de Aeronaves*. Las pautas de los SOP contenidos en el MOE I de Austral eran minuciosas. Austral tenía un sistema de capacitación de tripulaciones de vuelo, documentado en el MOE II, que incorpora todos los requerimientos de entrenamiento de línea aérea pertinentes, incluyendo el conocimiento y la ejecución de los SOP. Como parte de este sistema, la empresa llevaba a cabo capacitación periódica de tripulaciones, verificación recurrente de competencias e inspecciones de tripulaciones durante las operaciones de vuelo.

Además, Austral tenía una estructura formal de seguridad operacional para el seguimiento y detección temprana de potenciales cuestiones que pudiesen afectar la seguridad operacional durante la entrega de sus servicios, incluyendo un programa de análisis de datos de vuelo. La



estructura formal de seguridad operacional de la empresa incorporaba los requerimientos y las mejores prácticas contemporáneas de la industria.

Desde diciembre del 2018, Austral tenía un programa de reuniones de seguridad operacional mensuales (*Safety Meeting Flight* o *SMFLT*), en donde se trataban temas relacionados con la seguridad de vuelo. En las reuniones SMFLT se consensuaban acciones de gestión entre todos los integrantes del área de operaciones de vuelo, y se planificaban acciones de mitigación con asignación de responsables y fechas previstas de implementación. Todo lo tratado en las reuniones SMFLT quedaba documentado en minutas para su seguimiento. Uno de los temas que se monitoreaban en las SMFLT es el de "*Aproximaciones Desestabilizadas entre 500Ft y 50Ft/AGL*", para desarrollar barreras de mitigación proactivas.

Ante este despliegue de recursos humanos, técnicos y económicos, una pregunta es inevitable: ¿por qué ocurren, durante las operaciones de entrega de servicios, desfasajes en la aplicación de los SOP como los evidenciados por este suceso? Para responder esta pregunta, hay dos aspectos diferentes a considerar: el diseño de los SOP y la vigilancia de su adhesión durante las operaciones de entrega de servicios.

El diseño de los SOP

La Organización de Aviación Civil Internacional ha publicado requerimientos para el diseño e implementación de los SOP en los *Procedimientos Para los Servicios de Navegación Aérea, Operación de Aeronaves, Volumen III, Procedimientos Operacionales Para Aeronaves* (PANS-OPS, Doc 8168), que se reproducen en el apéndice 3. El PANS-OPS también contiene principios para el diseño de los *briefings*. Se resaltan a continuación aquellos requerimientos que tienen que ver con el diseño de los SOP y *briefings*.⁸

Diseño de los SOP

Para asegurar la **compatibilidad con entornos operacionales concretos y lograr que el personal de operaciones de vuelo cumpla los SOP**, éstos deberían diseñarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- la **naturaleza del entorno** del explotador y el tipo de operación;
- la política operacional, incluyendo la **coordinación de la tripulación**;

⁸ En todos los casos, el énfasis no es del documento original sino agregado.



- la **filosofía de instrucción**, incluyendo la relativa a actuación humana;
- la **cultura de empresa del explotador**, incluyendo el grado de flexibilidad que debe introducirse en los SOP, y
- la **compatibilidad** entre los SOP y la documentación operacional.

Principios para establecer briefings

Al establecer *briefings* para la tripulación, deberían considerarse los principios siguientes. Los *briefings* deberían ser:

- breves y no abarcar más de diez elementos. Si se necesitan más de diez elementos, debería considerarse la posibilidad de dividir el briefing en fases secuenciales de vuelo;
- concisos, pero suficientemente completos para facilitar la comprensión del plan de acción por todos los miembros de la tripulación, y
- evitar la repetición continua de elementos recurrentes.

Los briefings que se convierten en **simple rutina** carecen de eficacia. La intención de los requerimientos de OACI es evidente: la *adopción* de los SOP y *briefings* que son de aplicación universal, como por ejemplo los proporcionados por un fabricante de aeronaves, o que se derivan de prácticas universales, sin una *adaptación* a posibilidades y limitaciones locales, sin *contextualización*, no es la opción más auspiciosa para asegurar el cumplimiento de los SOP y evitar asimetrías entre procedimientos y prácticas.

La vigilancia de la adhesión a los SOP

Como la inmensa mayoría de las líneas aéreas, Austral basaba la supervisión de las tripulaciones de vuelo en inspecciones puntuales y preanunciadas (inspecciones de simulador, inspecciones de vuelo, etc.). En este sentido, Austral satisfacía los requerimientos de la OACI transpuestas al ámbito nacional en las RAAC por la ANAC. Este marco de referencia es el que impone la supervisión de las tripulaciones de vuelo. La supervisión presencial y preanunciada del desempeño operativo de las tripulaciones de vuelo ha sido el bastión tradicional para la verificación de competencia (y por ende del desempeño) de las tripulaciones de vuelo. Esta perspectiva asume que las conductas operativas bajo condiciones de supervisión son idénticas a las conductas operativas cuando no están bajo supervisión.



Existe amplia evidencia que contradice esta perspectiva, por lo cual un número de líneas aéreas – en constante aumento– han complementado el sistema establecido de supervisión presencial del desempeño operativo de las tripulaciones de vuelo con programas de captura de desempeño operativo bajo condiciones de no supervisión. Uno de estos programas es conocido como *Line Operations Safety Audit* (LOSA) y ha sido adoptado a la fecha por 77 líneas aéreas, entre ellas empresas líderes.

LOSA es un programa voluntario y no forma parte del andamiaje normativo de la OACI ni de las RAAC: las líneas aéreas no están bajo ninguna exigencia normativa al respecto. No obstante, OACI recomienda la implementación de LOSA en líneas aéreas, y ha publicado un manual sobre el tema.⁹ LOSA es una herramienta de recolección de información de sumo valor para el SMS de una línea aérea. Además, LOSA está estrechamente vinculado a FOQA en la generación de información complementaria a la de este último programa: mientras que FOQA genera información sobre *qué* pasó, LOSA genera información sobre *por qué* pasó.

LOSA tiene como propósito capturar información sobre el contexto y las prácticas. LOSA aporta, además, contexto operativo al panorama presentado FOQA y por la supervisión presencial del desempeño operativo de las tripulaciones de vuelo, ayudando a dimensionar eventuales diferencias entre procedimientos y prácticas, a identificar y entender las razones contextuales por las diferencias, así como a cerrar brechas entre procedimientos y prácticas. La captura estructurada de la información por LOSA está guiada por el modelo TEM, que permite capturar información específica para la gestión de la seguridad operacional bajo SMS.

Documentación

TEM es también un programa de instrucción para tripulaciones de líneas aéreas, y su objetivo es proporcionar pautas a las tripulaciones para la gestión de amenazas operacionales y errores operativos que resulten de la complejidad de las operaciones y que puedan llevar a estados indeseados de la aeronave, que a su vez deben ser gestionados por la tripulación. Como se ha señalado en la Sección 1, la capacitación en forma inicial y periódica en TEM es un estándar de la OACI consagrado en el Anexo 6, y el material guía de apoyo para la implementación de este se encuentra en el Documento 9868, Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea, Instrucción y en el Manual LOSA.

Austral había desarrollado una presentación que entrega durante los cursos de liderazgo, cuyo contenido transmitía correctamente el concepto TEM, pero no había desarrollado un programa formal de capacitación TEM ni incluido sus contenidos en el MOE II. Dado que la capacitación

⁹ Manual LOSA (Doc. 9803).



inicial y recurrente de TEM es un requisito obligatorio de la OACI, la ausencia de un currículum de capacitación TEM para tripulaciones de vuelo en el MOE II es una no-conformidad con el Anexo 6, con potenciales repercusiones en la validez del Certificado del Operador otorgado por la ANAC para operaciones fuera de la Argentina.

Recomendaciones de seguridad operacional

La JIAAC emitió las Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO) números 1307 (RSO 1307) y 1354 (RSO 1354), dirigidas a Austral, como parte de la investigación de la excursión de pista experimentada por la aeronave LV-CKZ, un Embraer 190, durante el aterrizaje en la pista 11 del Aeropuerto Ministro Pistarini (Ezeiza, Buenos Aires), el 15 de noviembre del 2013 (Expediente 758/13). Las similitudes entre este accidente y el incidente del LV-FPT hacen que la reproducción de las RSO sea relevante como parte de la evaluación de la información recopilada por la investigación del suceso.

La RSO 1307 propone:

Diversos accidentes han sido atribuidos a cuestiones en la planificación de la fase de vuelo de aproximación. Ante esto, una de las defensas con que cuentan las tripulaciones es el briefing y los call-outs, por lo que se recomienda:

Revisar la estructura y contenido de los briefings y callouts en su globalidad, y adecuarlos, de ser necesario, para asegurar su condición de elemento de gestión del error operativo (error management), particularmente ante situaciones de elevada carga de trabajo y presión de tiempo.

La RSO 1354 propone:

Un factor contribuyente recurrente en los accidentes en la fase de aproximación y aterrizaje es la sub-evaluación de la seriedad de la desestabilización de parámetros y la necesidad de ejecutar un procedimiento de aproximación frustrada oportunamente, por lo que se recomienda:

Revisar los parámetros actuales que definen una aproximación estabilizada con vistas a asegurar un máximo realismo y consistencia con el contexto operativo propio, y estimular en las políticas operacionales y en la instrucción la importancia de discontinuar la aproximación ante desviación de tales parámetros mediante la ejecución de las maniobras de go-around o rejected landing, según sea el caso.

La JIAAC no tenía competencias de vigilancia, inspección o auditoría de la industria. En la Argentina, estas competencias son exclusivas de la ANAC. La JIAAC se encargaba del seguimiento y cierre de las RSO mediante la notificación de la ANAC, o de la organización destinataria de la RSO, cuando las RSO han sido implementadas. La JIAAC no recibió



información por parte de la ANAC o de Austral con respecto al estado de la implementación de las RSO 1307 y 1354, por lo cual el estatus de ambas es “abierta”, a pesar de que la empresa ya ha tomado acciones al respecto.

Aspectos institucionales–ANAC

La ANAC ha transpuesto los estándares emanados de la OACI –a través de diversos Anexos– referidos a instrucción en Factores Humanos de la OACI por medio de la Disposición 37/97, Directiva de adiestramiento en "Factores Humanos" y "gerenciamiento de los recursos humanos en las operaciones aeronáuticas", vigente desde el 7 de abril de 1997. La Disposición 37/97 contiene las pautas rectoras para la instrucción en Factores Humanos en el sistema aeronáutico de la Argentina.

El análisis de la Disposición 37/97 refleja una adecuada sintonía con los contenidos de Factores Humanos en el momento de su publicación, pero contiene desfasajes que son resultado de su falta de actualización desde la publicación original. Entre estos desfasajes se encuentra la ausencia de referencias al TEM, y su naturaleza como estándar de instrucción para las líneas aéreas que entregan servicios internacionales. Esto implica una asimetría entre las RAAC 121 y el Anexo 6.

Toda asimetría entre la normativa OACI y la normativa trasladada a las RAAC tiene potencial de generar cuestionamientos, por ejemplo en inspecciones puntuales de rampa, a la validez del Certificado del Operador emitido por la ANAC para operaciones fuera de las fronteras de Argentina. Esto es porque las RAAC prevalecen para las operaciones domésticas, pero el reconocimiento mutuo y la autorización para la operación de aeronaves, entre aeronaves de distintos registros, está basado en el acatamiento absoluto a las normas de la OACI.

En función de lo antedicho y en base a la evidencia generada por la investigación de un incidente en el que un Boeing 737-800 experimentó un contacto anormal con la pista seguido por un rebote, la JIAAC emitió la RSO 1727 dirigida a la ANAC. La JIAAC no ha recibido información de la ANAC respecto al progreso en la implementación de la RSO, por lo que su estatus es “abierta”. La RSO 1727 propone:

La Disposición 37/97 de la ANAC, que contiene las pautas rectoras para la instrucción en Factores Humanos en el sistema aeronáutico de la Argentina, no ha sido actualizada desde su publicación original en 1997, para contemplar avances sobre el tema producto de la experiencia de la industria aeronáutica. Por ello se recomienda:



Enmendar los contenidos de la Disposición 37/97 para contemplar avances sobre el tema producto de la experiencia de la industria aeronáutica. La enmienda debe incluir, sin estar limitada a, referencia a la obligatoriedad de la instrucción en TEM para las tripulaciones de líneas aéreas que entregan servicios internacionales.



3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente

- ✓ Las condiciones meteorológicas ambientales –viento cruzado con ráfagas y turbulencia mecánica a baja altura– tuvieron influencia en el desencadenamiento del suceso.
- ✓ La gestión de la trayectoria y el control de la aeronave se vieron complicados por las condiciones ambientales, en especial por debajo de los 1000 pies.
- ✓ Las correcciones a la V_{ref} aplicadas por la tripulación para facilitar la gestión de la trayectoria era de 140 nudos. El control de la aeronave resultó en un exceso de 10 nudos (IAS) aproximadamente sobre la V_{ap} selectada por debajo de los 500 pies.
- ✓ La aeronave estaba bajo *ground effect* desde antes del cruce del umbral de la cabecera 13.
- ✓ El cruce del umbral de la pista 13 fue con velocidad en exceso de la V_{ref} y por debajo de los 50 pies.
- ✓ El aumento en la efectividad del timón de profundidad, producto de la mayor velocidad, hizo que la cola de la aeronave se levantara durante la nivelación previa al aterrizaje, y combinado con el *ground effect* favoreció que la misma “flotase”.
- ✓ La rápida disipación de la energía cinética durante el planeo prolongado, mientras la aeronave se encontraba volando nivelada a escasos metros del suelo, hizo que la aeronave se desplomase.
- ✓ La combinación, durante el primer toque, de un régimen de descenso superior a los 900 pies por minuto, una aceleración vertical de 2613, el empuje aplicado del motor número 2 (61% N1) que provocó el retraso del despliegue de los spoilers, favorecieron el rebote.
- ✓ Durante el rebote, el despliegue de los spoilers ocasionó el segundo toque de la aeronave con una aceleración vertical de 2.299 g.
- ✓ Las altas cargas de aceleración verticales y laterales combinadas sobre el tren de aterrizaje derecho hacia al lado externo produjeron el daño en uno de sus componentes.



3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación

- ✓ Durante la operación del AU 2503 hubo desfasajes en la adherencia a los SOP establecidos por el operador.
 - ✓ Austral no contaba con un programa que permita establecer el grado de adherencia a los SOP por las tripulaciones bajo condiciones de no supervisión.
 - ✓ El MOE II de Austral no incluía el currículo de capacitación TEM para tripulaciones de vuelo.
 - ✓ La Disposición 37/97 de la ANAC, que contiene las pautas rectoras para la instrucción en Factores Humanos en el sistema aeronáutico argentino, no ha sido actualizada desde su publicación en 1997, para contemplar avances sobre el tema producto de la experiencia de la industria aeronáutica.
 - ✓ Recomendaciones de seguridad operacional emitidas por la JIAAC para mitigar cuestiones relacionadas con la adhesión a los SOP y para actualizar los contenidos de la instrucción en Factores Humanos para el personal aeronáutico siguen con estatus “abierto”.
-



4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A Aerolíneas Argentinas

- **RSO AE-1779-21**

La información generada por programas de captura de desempeño operativo bajo condiciones de no supervisión permite identificar diferencias entre los procedimientos establecidos por la empresa y las prácticas del personal de primera línea, entender las razones contextuales por las diferencias, y cerrar la brecha entre procedimientos y prácticas. Por ello se recomienda:

Implementar a la brevedad, como parte del sistema de gestión de seguridad operacional (SMS), el programa Line Operations Safety Audit (LOSA) como complemento al programa Aseguramiento de la Calidad de las Operaciones de Vuelo (FOQA) implementado por Austral Líneas Aéreas, observando las pautas contenidas en el Documento 9803, Manual LOSA.

- **RSO AE-1780-21**

El MOE II de Austral no incluye los contenidos de la instrucción en Gestión de Amenazas y Errores (TEM) para las tripulaciones de vuelo. Por ello se recomienda:

Enmendar el MOE II para incluir los contenidos de la instrucción en TEM para las tripulaciones de vuelo.

4.2 A la Administración Nacional de Aviación Civil

- **RSO AE-1781-21**

Se reitera RSO 1727. Se recomienda:

Enmendar los contenidos de la Disposición 37/97 para contemplar avances sobre el tema producto de la experiencia de la industria aeronáutica. La enmienda debe incluir, sin estar limitada a, referencia a la obligatoriedad de la instrucción en TEM para las tripulaciones de líneas aéreas que entregan servicios internacionales.



Apéndice 1 – Transcripción de las comunicaciones

00:32:59 a.m. hasta 00:34:35 a.m.	PF	(Audio no relevante)
	PM	
0:34:50	PM	Aeroparque buen día 2503
0:34:54	TWR	2503 muy buenas autorizado a aproximación directa para pista 13 descenso para 2500 pies directo al localizador 1020 el QNH ahora en aeroparque y establecido por favor notifique.
0:35:06	PM	Bueno directo para 13 descenso para 2500 establecido notifica Austral 2503.
0:35:08	TWR	Perfecto
0:35:21	PF	1020
0:35:23	PM	1020
00:35:45 a.m. hasta 00:37:43 a.m.	PF	(Audio no relevante)
	PM	
0:39:34	CALLOUT AUTOMÁTICO Traffic	
00:39:35 a.m. hasta 00:40:32 a.m.	PF	(Audio no relevante)
	PM	
0:41:00	PF	Flaps one
0:41:35	PM	Tripulación de cabina ocupar sus puestos para el aterrizaje, muchas gracias.
0:41:39	PM	Full establecido austral 2503.
0:41:42	TWR	2503 para información por si no le dice calle 1 izquierda esta clausurada.
0:41:48	PM	2503
0:41:52	TWR	Recibido y cuando estén en condiciones autorizado a posición.
0:41:55	TWR	Perdón Autorizado a aterrizar en pista 13, viento en superficie 210, 11 ráfagas de 22.
0:42:00	PM	Aterrizo 2503
0:42:03	PF	Flaps two
00:42:21 a.m. hasta 00:42:38 a.m.	PF	(Audio no relevante)
	PM	
0:42:40	PF	Gear down
0:42:41	PF	Flaps 3
0:42:44	PM	(Audio no relevante)
0:42:58	PF	Cinco
0:42:59	CALLOUT AUTOMÁTICO one thousand	
00:43:01 a.m. hasta 00:43:04 a.m.	PM	(Audio no relevante)
	PF	



0:43:07	PF	V APPROACH BEFORE LANDING
0:43:10	PM	Bueno dice, landing gear.
0:43:11	PF	Down
0:43:12	PM	Slat and flaps.
0:43:13	PF	Five
0:43:14	PM	Landing check list complete.
0:43:15	PF	Check
0:43:16	CALLOUT AUTOMÁTICO autopilot	
0:43:17	CALLOUT AUTOMÁTICO autopilot	
0:43:23	CALLOUT AUTOMÁTICO Approaching one three two thousand one hundred available	
0:43:33	PF	Yo le dejo velosa, lo apoyo y que me ayude.
0:43:33	PM	Dale
0:43:34	CALLOUT AUTOMÁTICO five hundred	
0:43:45	PM	Dios proveerá.
0:43:47	PF	Si mira la manga.
0:43:50	PM	y si viniendo de ese lado el viento
0:43:51	CALLOUT AUTOMÁTICO Approaching minimum	
0:43:57	CALLOUT AUTOMÁTICO minimum	
0:43:59	PF	Continuo.
0:44:00	CALLOUT AUTOMÁTICO two hundred	
0:44:01	CALLOUT AUTOMÁTICO glide slope	
0:44:03	CALLOUT AUTOMÁTICO glide slope	
0:44:05	CALLOUT AUTOMÁTICO glide slope	
0:44:07	CALLOUT AUTOMÁTICO glide slope	
0:44:09	PF	(Audio no relevante)
0:44:12	CALLOUT AUTOMÁTICO fifty	
0:44:13	CALLOUT AUTOMÁTICO forty	
0:44:14	CALLOUT AUTOMÁTICO thirty	
0:44:15	CALLOUT AUTOMÁTICO twenty	
0:44:16	CALLOUT AUTOMÁTICO ten	
0:44:17	Suena un fuerte ruido (aterriza)	



Apéndice 2 – Informe del fabricante

LIEBHERR

REF.NO. **UB0346QMMM18** ISSUE **02** PAGE **1/10**

QUALITY ASSURANCE

INVESTIGATION REPORT

Broken Side Stay Crank Bolt

PLATFORM : ERJ190
SYSTEM : Main Landing Gear RH
PART NUMBER : 2821-00622 S/N:1553
DOCUMENT REF. NO. : UA0092TLLD18
CUSTOMER : Embraer
SUPPLIER : LLI

CONFIDENTIAL LEVEL : CONFIDENTIAL SECRET
EXTERNAL DISTR. : ALLOWED NOT ALLOWED

MATERIAL : 300M
CONDITION : Quenched and tempered acc. to LAT3-0125
TREATMENT :
RESULT :

1. Both investigated fracture surfaces show a ductile forced fracture caused by overload
2. No signs of fatigue or preexisting cracks, corrosion, surface defects or other effects, which could have affected the fracture, were found
3. Component's properties: material, microstructure & hardness fulfill specifications
4. Secondary fracture was caused by the pullout of the bushings during hard landing event
5. Conclusion is that the fuse worked as designed.

SIGNATURE TYPE	ROLE	NAME	DATE	SIGNATURE
PREPARE	CREATOR	Röfle, Niklas	28.06.18	
APPROVE	Quality Manager, MTL	Simon, Marco	28.6.18	
AUTHORIZE				
ACCEPT				

CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pfänderstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

71801-0001 Rev.14

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18 ISSUE 02 PAGE 2/10

1 Item of investigation

After a hard landing event the fuse of the Side Stay Crank Bolt broke. The fracture surfaces were investigated by light and scanning electron microscopy (SEM), to affirm that the fuse broke in the expected forced fracture mode, due to overload. Additionally one microsection per fracture surface was created acc. to Figure 2 and hardness tests were carried out near to the fracture surface.

Note: the Crank Bolt shows a secondary fracture and broke into two parts. The smaller part is gone missing during the hard landing event and is not available for this investigation.



Figure 1: broken Crank Bolt



Figure 2: fuse (left) and secondary (right) fracture surface, microsection planes & numbers indicated by red lines

CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflönderstrasse 50-52 · 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

11-2018-001

2 Results of investigation

Both investigated fracture surfaces show a ductile forced fracture caused by overload. No signs of fatigue or preexisting cracks, corrosion, surface defects or other effects, which could have affected the fracture, were found. Material's condition and chemical composition was found to conform the specifications. Conclusion is that the fuse worked as designed.

The deformation at the fuse fracture surface is expected to be caused by the bushings as they were pulled out of the Crank Bolt's eye after the fuse broke during the hard landing event. The pullout of the bushings additionally caused the secondary fracture.

2.1 Material properties

2.1.1 Chemical composition

The chemical composition was found to conform the specifications approximately. Compare Table 1 and Table 2. Silicon content is slightly too low, but is still within the specification tolerance considering the variance of an EDX-Analysis.

Table 1: EDX Analysis of the fracture surfaces

Element	Atom. No	Mass Norm. [%]
Carbon	6	..*
Silicon	14	1.3
Chromium	24	0.8
Manganese	25	0.7
Iron	26	95.0
Nickel	28	1.8
Molybdenum	42	0.4
	Sum	100.0

* Carbon was only considered for spectrum evaluation, since quantification via EDX is very hard & unprecise

Table 2: Chemical composition acc. to LAT1-9042

%	C	Mn	Si	P	S	P+S	Al	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ti	N
Klasse A														
min.	0.40	0.60	1.45	---	---	---	---	0.70	1.65	0.38	0.05	---	---	
max.	0.43	0.90	1.80	0.010	0.010	0.015	0.050	0.95	2.00	0.58	0.10	0.20	0.010	0.02

CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflönderstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18

ISSUE 02 PAGE 4/10

2.1.2 Metallography & hardness test

The metallographic investigation and hardness tests showed no deviations from the specifications. The microstructure close to the fractures consists of tempered martensite and shows no abnormalities or corrosion. See Figure 3 -Figure 7. Measured hardness values are in the range of 584-633 HV1 (target acc. to LAT3-0125, 580-635 HV)

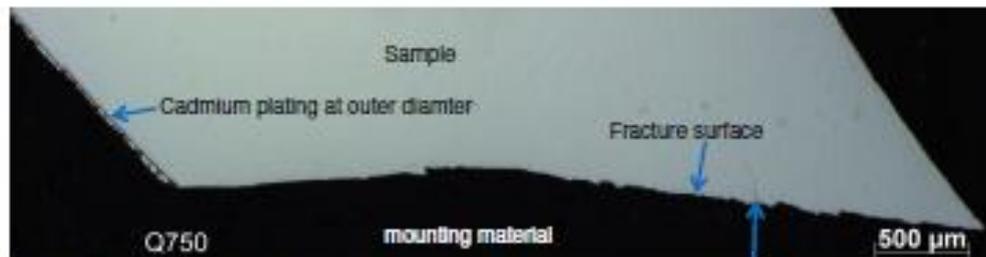


Figure 3: cross-sectional microsection of fuse fracture surface with a secondary crack

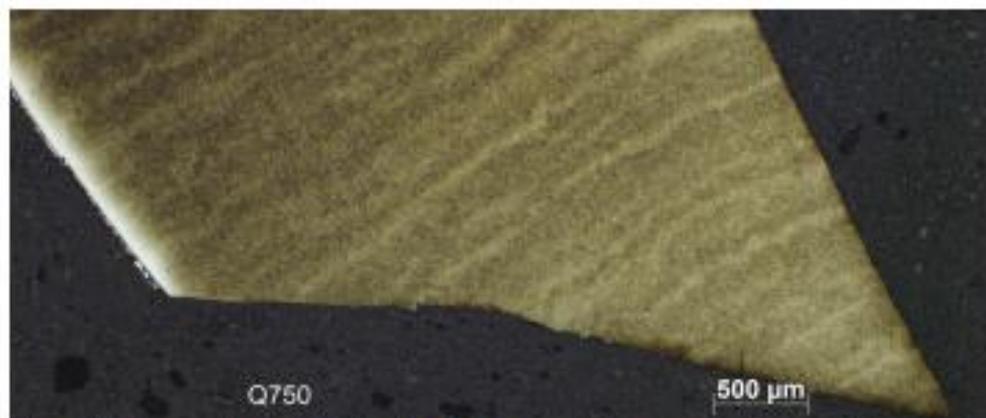


Figure 4: like Figure 3, in etched condition. Bright area on the left is an etch effect due to Cadmium plating

CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflönderstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

1. 2018.06.18 10:11

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18

ISSUE 02 PAGE 5/10

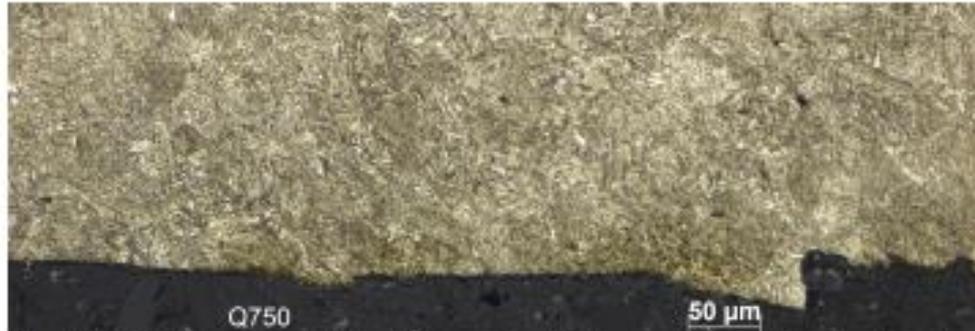
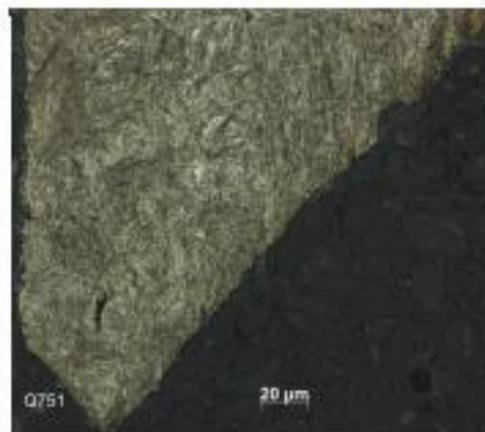


Figure 5: Detail of Figure 4: microstructure is tempered martensite, no corrosion products at fracture surface



Figure 6: cross-sectional microsection of secondary fracture surface with a deactivated crack

Figure 7: Detail of Figure 6:
crack start region of secondary
fracture. Microstructure is tempered
martensite, no corrosion products



CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflindenstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

U. 187/0001/18/18

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18 ISSUE 02 PAGE 6/10

2.2 Fuse fracture surface

The fuse fracture shows dimples all over the surface (Figure 10 & Figure 11), indicating a transgranular ductile forced fracture. This fracture mode is expected for a fine working fuse. The inner fracture surface edge of the fuse has been deformed due to the pullout of the bushings during hard landing event.

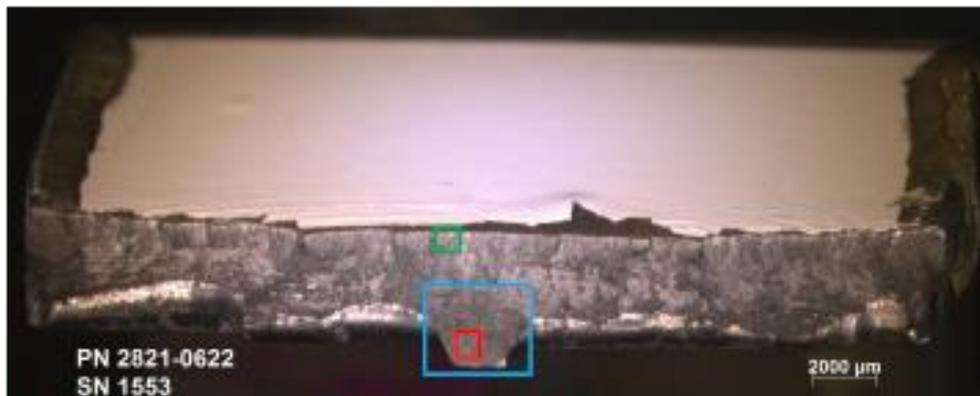
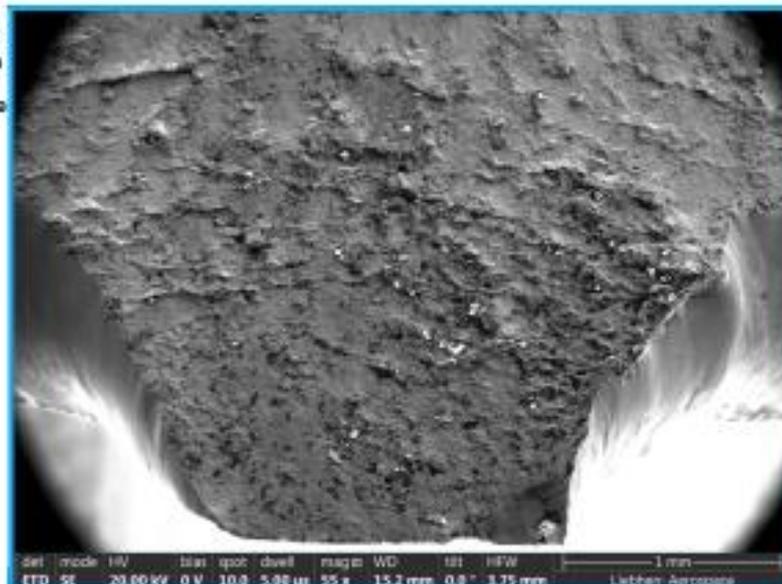


Figure 8: Stereo microscopy photo: fracture surface of the fuse

Figure 9: Blue detail of Figure 8: center of the inner diameter : a small area has not been deformed by the bushings



CONFIDENTIAL

© LIEBHERRAEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflödenstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

L 240-000 04-18

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18

ISSUE 02 PAGE 7/10

Figure 10:
Red detail
of Figure 8:
dimples all
over the
fracture
surface
indicate a
trans-
granular
ductile
forced
fracture
mode

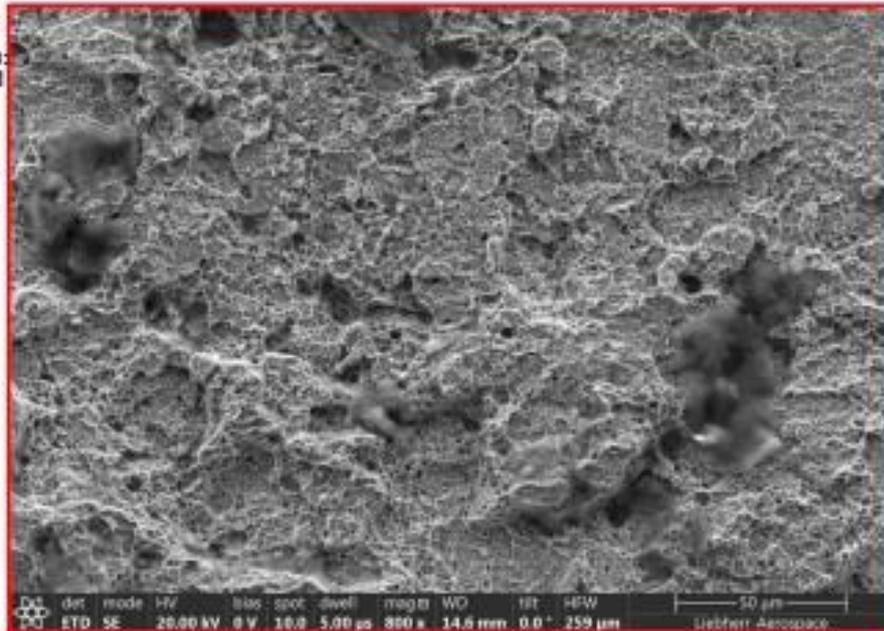
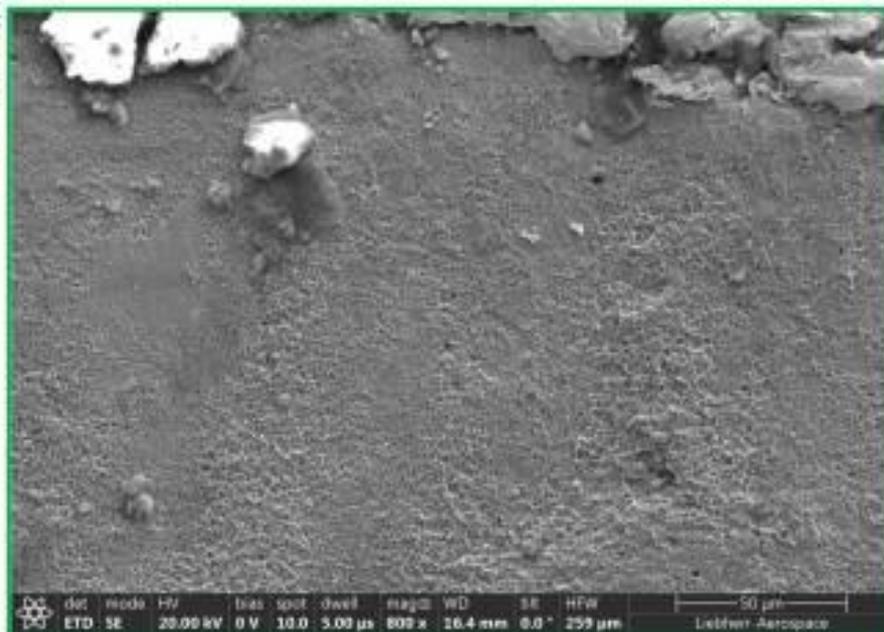


Figure 11:
Green
detail of
Figure 8:
small
dimples
near the
outer
diameter



CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflödenstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

1. 1801-0000

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18

ISSUE 02 PAGE 8/10

2.3 Secondary fracture surface

The secondary fracture shows dimples all over the surface, indicating a transgranular ductile forced fracture (Figure 14). The fracture start and its propagation and the undeformed fracture surface edges portend that it is a secondary damage, caused by the pullout of the bushings.

The crack started at the lubricating groove at the inner diameter and changed its propagation direction several times, what indicates also a change of direction of the highest local acting forces (Figure 12 & Figure 13). The pan and the shear fracture at the crack's end give evidence of a rolling movement, which corresponds to the folding out of the crank bolt's missing part as the bushings were pulled out.



Figure 12: stereo microscopy photo: secondary fracture surface

CONFIDENTIAL

© LIEBHERR-AEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM-System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pfländerstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

1.0000000000000000

LIEBHERR

REF.NO. UB0346QMMM18 ISSUE 02 PAGE 9/10

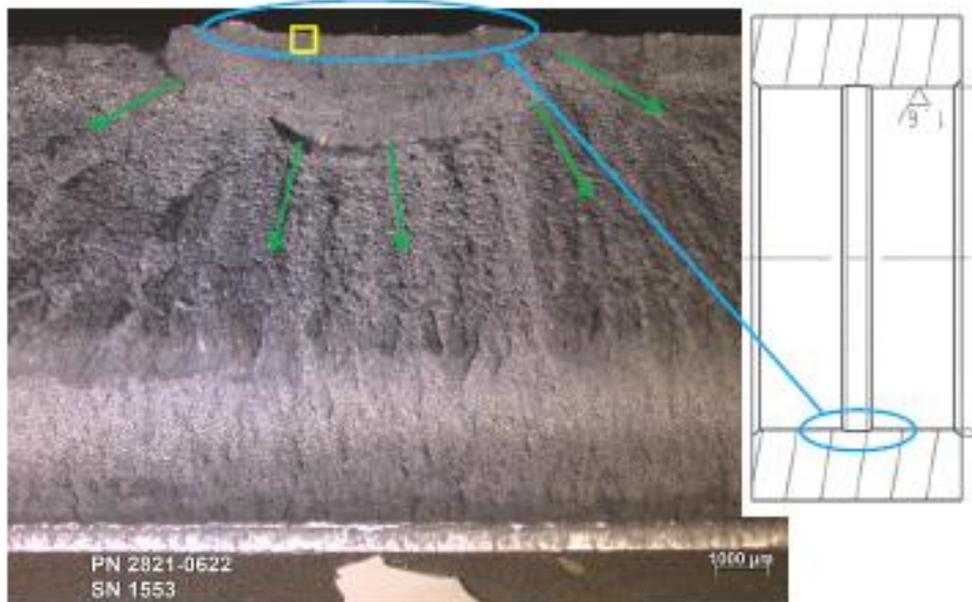


Figure 13: Detail of Figure 12: crack started at inner diameter in lubricating groove (blue marked area) and propagated along green arrows

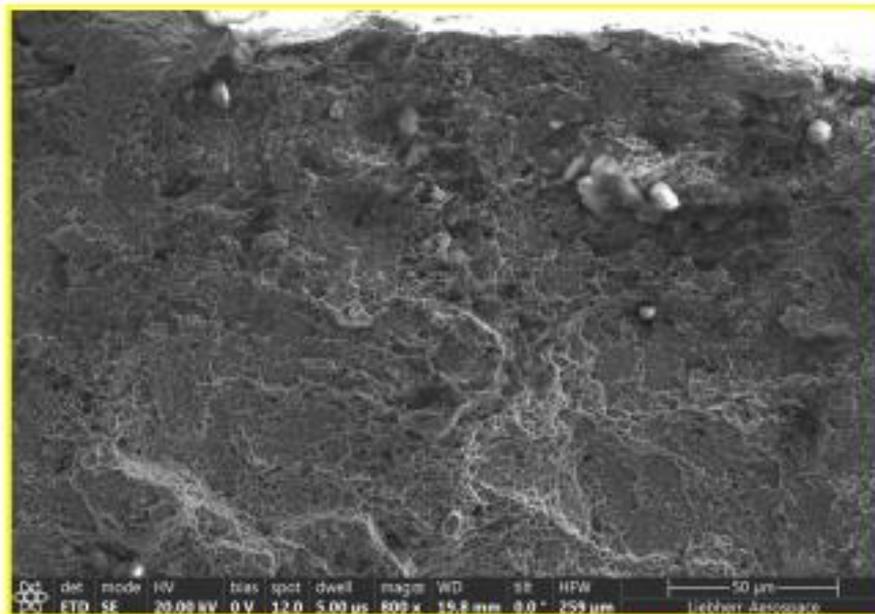


Figure 14: Yellow detail of Figure 13: dimples at crack start region and all over fracture surface indicate a trans-granular ductile forced fracture mode

CONFIDENTIAL

© LIEBHERRAEROSPACE 2018. The reproduction, distribution and utilization of this document, as well as the communication of its contents to others without explicit authorization, is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. The original released document is located in the PLM System. Check the validation level of the copy prior to use.

LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG GMBH
Pflanzstrasse 50-52 - 88161 Lindenberg im Allgäu / Germany

L. 341-000



LIEBHERR

Ref.-Nr.: UA0092TLLD18 Ausgabe: 01 Seite: 1/2
REF.NO. ISSUE PAGE

**QUALITÄTSSICHERUNG
UNTERSUCHUNGS-ANFORDERUNG**

Anforderung gestellt von : **Andreas Boecker (TLLD)**

Datum : 07.06.2018

Flugzeug/Programm : ERJ190

Verfasser : H. Braun, C. Baumann, M. Butt, J. Dietrich, A. Boecker

externe Verfüg. : erlaubt nicht erlaubt

Vertraulichkeit : vertraulich geheim

Bericht erstellen : Ja Nein deutsch englisch

LIPRAM - Nr. : N/A
(für Untersuchung von
Problemen notwendig)

Grund der Untersuchung:

Nach einem Hard Landing Event ist die Fuse am Side Stay Crank Bolt gebrochen. Es soll die Bruchfläche analysiert werden um zu bestätigen, dass der Bruch als reiner Gewaltbruch durch Überlast entstanden ist und nicht durch äußere Einflüsse gestört ist.

Gegenstand der Untersuchung:

ERJ190 Side Stay Crank Bolt

PNR: 2821-0622

SNR: 1553

NOTE: Das ausgebrochene Teilstück am Auge konnte nach dem Hard Landing Event nicht sichergestellt werden und steht daher für die Auswertung nicht zur Verfügung.

Untersuchung zu erledigen bis: baldigst von Abt.: QMM

	Rolle	Unterschrift	Datum
erstellt	Mitarbeiter (Anforderer)	Andreas Boecker	07.06.2018
Genehmigt/akzeptiert	Leiter Organisationseinheit (durchführende Abteilung)		

LIEBHERR

Ref.-Nr.: UA0092TLLD18 Ausgabe: 01 Seite: 2/2
REF.-NO. ISSUE PAGE

Art der Untersuchung (Einzelheiten, mit Bezug, evtl. mit Skizze):

Obersicht:



Fuse Fracture:



Secondary Fracture:



1 ÄNDERUNGSSTAND

AUSGABE	DATE	ÄNDERUNGSBESCHREIBUNG
01	07.06.2018	ERSTAUSGABE



Apéndice 3 - SOP

Capítulo 1

PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES NORMALIZADOS (SOP)

1.1 GENERALIDADES

Los explotadores establecerán procedimientos operacionales normalizados (SOP) que proporcionen al personal de operaciones de vuelo orientación que permita llevar a cabo los procedimientos de vuelo de manera segura, eficiente, lógica y previsible.

Nota.— En la Preparación de un manual de operaciones (Doc 9376), Capítulo 8, 8.6.2, figuran consideraciones generales sobre los SOP. En el Manual de instrucción sobre factores humanos (Doc 9683), Parte 1, Capítulo 2, 2.5.11, figuran consideraciones generales sobre el diseño de los SOP.

1.2 OBJETIVOS DE LOS SOP

En los SOP se indica una secuencia de tareas y acciones para asegurar que los procedimientos de vuelo se lleven a cabo de conformidad con 1.1. Para lograr dichos objetivos, en los SOP debería indicarse claramente lo siguiente:

- a) la naturaleza de la tarea;
- b) el momento en que se lleva a cabo la tarea (hora y secuencia);
- c) la persona que lleva a cabo la tarea;
- d) el modo en que se lleva a cabo la tarea (acciones);
- e) la secuencia de las acciones; y
- f) el tipo de información que se proporciona como resultado de las acciones (llamada de voz, indicación de los instrumentos, posición de los conmutadores, etc.).

1.3 DISEÑO DE LOS SOP

1.3.1 Para asegurar la compatibilidad con entornos operacionales concretos y lograr que el personal de operaciones de vuelo cumpla los SOP, éstos deberían diseñarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) la naturaleza del entorno del explotador y el tipo de operación;
- b) la política operacional, incluyendo la coordinación de la tripulación;
- c) la filosofía de instrucción, incluyendo la relativa a actuación humana;



- d) la cultura de empresa del explotador, incluyendo el grado de flexibilidad que debe introducirse en los SOP;
- e) los niveles de experiencia de los diferentes grupos de usuarios, como tripulaciones de vuelo, mecánicos de mantenimiento de aeronaves y miembros de la tripulación de cabina;
- f) las políticas de conservación de recursos, como conservación de combustible o desgaste del grupo motor y de los sistemas;
- g) la automatización del puesto de pilotaje, incluyendo su disposición y la de los sistemas y la documentación de apoyo;
- h) la compatibilidad entre los SOP y la documentación operacional; y
- i) desviación respecto de los procedimientos durante situaciones anormales y/o imprevistas.

1.3.2 El personal de operaciones de vuelo debería participar en la elaboración de los SOP.

1.4 INTRODUCCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS SOP

Los explotadores deberían establecer un procedimiento oficial de información proporcionada por el personal de operaciones de vuelo para asegurar la normalización, el cumplimiento y la evaluación de los motivos para no cumplir en la implantación y aplicación de los SOP.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2021 - Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-FPT - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 67 pagina/s.