



Informe de Seguridad Operacional

SUCESO: Incidente

TÍTULO: Fallo o malfuncionamiento de sistema/componente (no del grupo motor). Embraer E-190AR, matrícula LV-GIQ, nivel de vuelo 280 en las cercanías de General Belgrano, provincia de Buenos Aires

FECHA Y HORA DEL SUCESO: 24 de febrero de 2022 a las 12:38 horas (UTC)

EXPEDIENTE: EX-2024-102093144- -APN-DNISAE#JST

DIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE SUCESOS AERONÁUTICOS



**Secretaría
de Transporte**
Ministerio de Economía

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Incidente, LV-GIQ. General Belgrano, provincia de Buenos Aires. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2024.

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

ÍNDICE

SOBRE LA JST	5
SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN	6
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	7
SINOPSIS.....	9
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.....	10
1.1 Reseña del vuelo.....	10
1.2 Lesiones a personas	10
1.3 Daños en la aeronave.....	10
1.4 Otros daños	11
1.5 Información sobre el personal.....	11
1.6 Información sobre la aeronave.....	11
1.7 Información meteorológica.....	17
1.8 Ayudas a la navegación.....	17
1.9 Comunicaciones.....	17
1.10 Información sobre el lugar del suceso	17
1.11 Registradores de vuelo	18
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.....	19
1.13 Información médica y patológica	20
1.14 Incendio	20
1.15 Supervivencia.....	20



1.16	Ensayos e investigaciones.....	20
1.17	Información orgánica y de dirección	22
1.18	Información adicional	22
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	28
2.	ANÁLISIS	29
2.1	Introducción.....	29
2.2	Aspectos técnicos-operativos	29
3.	CONCLUSIONES	33
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente.....	33
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación.....	33
4.	ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	35

SOBRE LA JST

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) es mejorar la seguridad a través de la investigación de accidentes e incidentes y la emisión de recomendaciones de acciones eficaces. Mediante la investigación sistémica de los factores desencadenantes, se evita la ocurrencia de accidentes e incidentes de transporte en el futuro.

De conformidad con la [Ley N.º 27.514](#) de seguridad en el transporte, la investigación de todo suceso tiene un carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Según el artículo 26 de la [Ley N.º 27.514](#), la JST puede realizar estudios específicos, investigaciones y reportes especiales acerca de la seguridad en el transporte.

Esta investigación ha sido efectuada con el único objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula la ley de creación de la JST.

Los resultados de este Informe de Seguridad Operacional no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones con relación al presente suceso.

SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN

La JST ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de transporte modales, multimodales y de infraestructura conexas.

El modelo ha sido ampliamente adoptado, como así también validado y difundido 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 o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes e inmediatos del evento. Estos constituyen el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema de transporte junto a otros factores, que en muchos casos se encuentran alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- Las defensas del sistema de transporte procuran detectar, contener y ayudar a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- Los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea o la ocurrencia de fallas técnicas, así como 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.

En consecuencia, la investigación basada en el modelo sistémico tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque no guarden una relación de causalidad con el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. De esta manera, la investigación sistémica buscará mitigar riesgos y prevenir accidentes e incidentes a partir de Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO) que promuevan acciones viables, prácticas y efectivas.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

AC: Circular de Asesoramiento

AMS: Sistema de Gestión de Aire

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

AOM: Manual de Operaciones de la Aeronave

APU: Unidad de Potencia Auxiliar

ASO: Acción de Seguridad Operacional

CESA: Certificado de Explotación de Servicios Aéreos

CMC: *Central Maintenance Computer*

CPCS: Sistema de Control de la Presión de la Cabina

DVDR: *Digital Voice Data Recorder*

ECS: Sistema de Control Ambiental

EICAS: Sistema de Indicación de los Parámetros del Motor y de Alerta a la Tripulación

FAA: *Federal Aviation Administration*

FL: Nivel de Vuelo

FAR: Regulaciones Federales de Aviación

FAV: *Fan Air Valve*

HPSOV: *High Pressure Shutoff Valve*

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

MMEL: Lista de Equipamiento Mínimo Maestra

MTOW: Peso Máximo de Despegue

NAPRSOV: *Nacelle Pressure Regulating Shut-Off Valves*

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe, se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas.

ODS: *Overheat Detection System*

PACK: *Pressure and Air Conditioning Kit*

P/N: Número de Parte

QRH: *Quick Reference Handbook*

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

RSO: Recomendación sobre Seguridad Operacional

RTV: Registro Técnico de Vuelo

S/N: Número de Serie

SPMR: *Service Performance Monthly Report*

UTC: Tiempo Universal Coordinado

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al incidente de la aeronave LV-GIQ, un Embraer E190AR, en Ezeiza (provincia de Buenos Aires), el 24 de febrero de 2022 a las 12:38 horas², durante un vuelo de aviación comercial regular con código AR1802.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con los sistemas de sangrado (*bleed*) de aire y con la confiabilidad de sistemas y componentes del modelo de aeronave.

El informe incluye dos Acciones de Seguridad Operacional (ASO).



Figura 1. Aeronave LV-GIQ luego del suceso. Fuente: investigación JST

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

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 24 de febrero de 2022, la aeronave con matrícula LV-GIQ, un Embraer E-190AR operado por Aerolíneas Argentinas S.A., despegó del Aeroparque Jorge Newbery (Ciudad Autónoma de Buenos Aires) a las 12:15 horas con destino al Aeropuerto Internacional Piloto Civil Norberto Fernández (Río Gallegos, provincia de Santa Cruz), en un vuelo de aviación comercial regular.

Durante la fase de ascenso hacia el nivel de crucero, bajo condiciones de vuelo por instrumentos, la aeronave volaba aproximadamente a nivel de vuelo (FL) 190 cuando ingresó en una zona con condiciones favorables para la formación de hielo. En respuesta, el sistema antihielo se activó automáticamente.

Al cruzar el FL260, se activó el mensaje "*Bleed #1 Fail*" y, poco después, cerca del FL280, se activó también el mensaje "*Bleed #2 Fail*" en el Sistema de Indicación de los Parámetros del Motor y de Alerta a la Tripulación (EICAS). Ante esta situación, la tripulación decidió iniciar un descenso hasta el FL100. Durante el descenso, al pasar por el FL210, se activó la alarma "*Cabin Altitude Hi*", lo que llevó a la tripulación a realizar un descenso de emergencia y a desviar la aeronave hacia el Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (Ezeiza, provincia de Buenos Aires).

El aterrizaje se efectuó a las 12:56 horas en Ezeiza. Todos los ocupantes desembarcaron sin lesiones.

1.2 Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0
Ninguna	5	100	0	105

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Sin daños.

1.3.2 Motor

Sin daños.

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del comandante cumplía con la reglamentación vigente.

Comandante	
Sexo	Masculino
Edad	50
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto de Transporte de Línea Aérea
Habilitaciones	E190 CAT III
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 31/08/2022

Tabla 2

La certificación del primer oficial cumplía con la reglamentación vigente.

Primer oficial	
Sexo	Masculino
Edad	55
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto de Transporte de Línea Aérea
Habilitaciones	E190 CAT II
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 31/03/2022

Tabla 3

1.6 Información sobre la aeronave

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

Aeronave	
Marca	<i>Embraer</i>



Modelo		ERJ-190AR100IGW
Categoría		Transporte
Fabricante		Embraer
Año de fabricación		01/01/2016
Número de serie		190716
Peso máximo de despegue		52.000,0 kg
Peso máximo de aterrizaje		44.000,0 kg
Peso vacío		29.666,0 kg
Certificado de matrícula	Propietario	Aerolíneas Argentinas S.A.
	Fecha de expedición	17/02/2021
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Transporte
	Fecha de emisión	03/08/2016
	Fecha de vencimiento	No aplica

Tabla 4

Motor #1	
Marca	General Electric
Modelo	CF34-10E5A1
Fabricante	General Electric
Número de serie	424760

Tabla 5

Motor #2	
Marca	General Electric
Modelo	CF34-10E5A1
Fabricante	General Electric
Número de serie	424758

Tabla 6

Peso y balanceo al momento del iniciar el vuelo	
Peso vacío	29.505 kg
Peso del piloto	8.549 kg
Peso del combustible	8.811 kg
Peso total	46.865 kg
Peso máximo permitido de despegue	51.800 kg
Diferencia en menos	4.935 kg

Tabla 7

El peso y el balanceo de la aeronave al momento del despegue se encontraban dentro de los límites establecidos por el Manual de Vuelo. Sin embargo, al momento de realizar el aterrizaje de emergencia, el peso excedía el límite permitido debido a la cantidad de combustible a bordo.

Sistema de aire acondicionado y presurización

Los aviones comerciales deben garantizar condiciones adecuadas dentro de la cabina para proporcionar un buen nivel de confort y evitar la exposición a condiciones que puedan representar un riesgo para la salud. Para este propósito, las aeronaves están equipadas con un sistema de aire acondicionado y presurización, que utiliza aire proveniente de los motores, el cual es regulado y acondicionado antes de ser distribuido tanto a la cabina de pasajeros como a la cabina de mando.

El Embraer 190 cuenta con un Sistema de Gestión del Aire (AMS) que se integra con los siguientes subsistemas:

- Sistema Neumático
- Sistema de Control Ambiental (ECS)

El Sistema de Control de la Presión de la Cabina (CPCS) es parte del AMS, pero cuenta con un controlador independiente.

El controlador del AMS gestiona varios subsistemas del avión, tales como el control de derivación de aire de los compresores, la regulación del aire acondicionado, la detección de fugas en los conductos de aire, el control del nivel de oxígeno de la tripulación, y la activación de los sistemas antihielo de motores y alas. Además, el controlador AMS interactúa con los detectores de humo para la detección, aislamiento y notificación de fallas. El sistema cuenta con dos canales, de modo que, en caso de fallo de uno, el otro puede asumir el control sin afectar el funcionamiento del sistema.

Cada motor tiene dos salidas de aire: una de la zona de baja presión del compresor y otra de la zona de alta presión. Además, la Unidad de Potencia Auxiliar (APU) también suministra aire a los sistemas. El aire extraído de los motores es regulado y acondicionado mediante intercambiadores de calor y dos paquetes de aire acondicionado, conocidos como *PACK* (*Pressure and Air Conditioning Kit*).

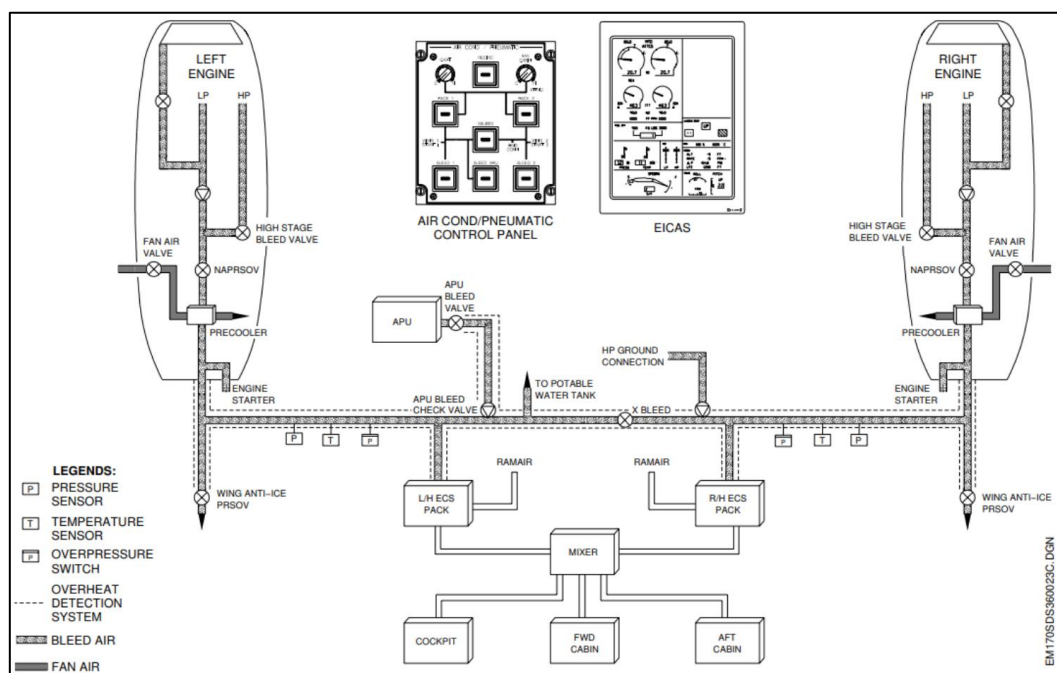


Figura 2. Esquema del sistema neumático del E-190. Fuente: Aerolíneas Argentinas S.A.

La presión en la cabina es controlada automáticamente por una válvula de salida (*outflow valve*) que ajusta su apertura en función de las señales enviadas por el controlador.

Para regular la temperatura, el intercambiador de calor utiliza aire frío derivado de la entrada de aire del motor, controlado mediante una válvula denominada *Fan Air Valve* (FAV). El sistema regula el caudal de aire mediante una mariposa accionada por un motor de torque integrado en la válvula.

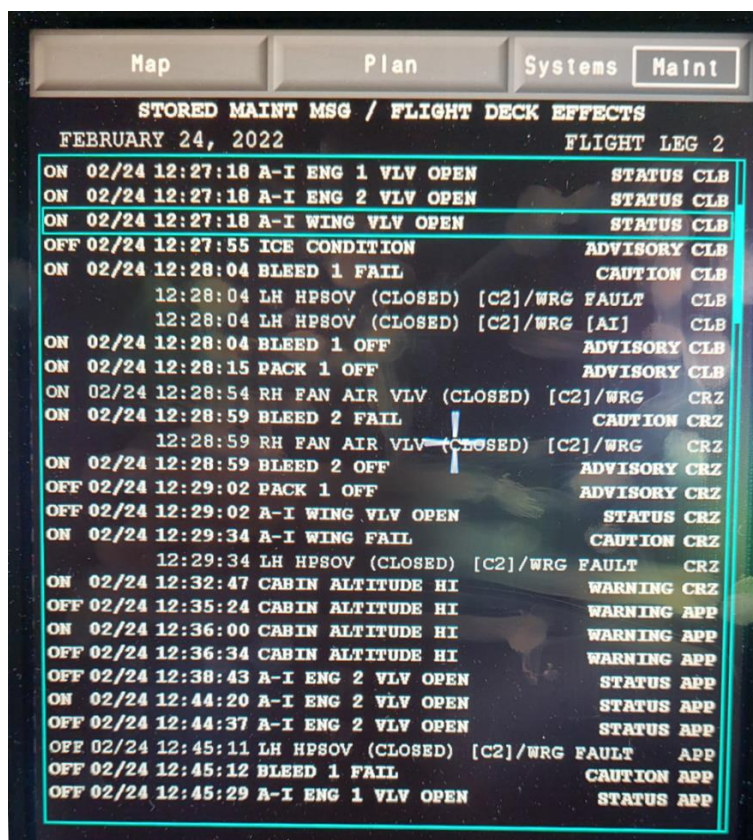
El aire extraído de los motores también se utiliza para evitar la formación de hielo en la entrada de aire de los motores (*engine anti-ice*) y en los bordes de ataque de las alas (*wing anti-ice*). Los conductos de aire están equipados con sensores del *Overheat Detection System* (ODS). Si se detecta una fuga de aire, el sobrecalentamiento en los sensores activará una señal que cerrará la válvula de sangrado correspondiente.

Para prevenir la formación de hielo, el Embraer 190 está equipado con sensores montados en la nariz de la aeronave que activan automáticamente los sistemas antihielo de los motores y las alas cuando sea necesario.

Este sistema está diseñado para cumplir con todas sus funciones incluso si el suministro de aire de uno de los motores no está disponible.

Condición técnica de la aeronave

Al inicio del vuelo AR1802, la aeronave LV-GIQ no presentaba ítems de mantenimiento diferidos. Al finalizar el vuelo, se documentaron en el Registro Técnico de Vuelo (RTV) las siguientes discrepancias técnicas: “Falla *bleed* #1, falla *bleed* #2, *cabin altitude Hi*, *A/I wing fail*, aterrizaje *overweight* (45.100 kg)”. Estas discrepancias también fueron observadas en el *Central Maintenance Computer* (CMC) de la aeronave.



Map		Plan		Systems		Maint	
STORED MAINT MSG / FLIGHT DECK EFFECTS							
FEBRUARY 24, 2022				FLIGHT LEG 2			
ON	02/24 12:27:18	A-I ENG 1 VLV OPEN		STATUS	CLB		
ON	02/24 12:27:18	A-I ENG 2 VLV OPEN		STATUS	CLB		
ON	02/24 12:27:18	A-I WING VLV OPEN		STATUS	CLB		
OFF	02/24 12:27:55	ICE CONDITION		ADVISORY	CLB		
ON	02/24 12:28:04	BLEED 1 FAIL		CAUTION	CLB		
		12:28:04 LH HPB OV (CLOSED) [C2]/WRG FAULT			CLB		
		12:28:04 LH HPB OV (CLOSED) [C2]/WRG [AI]			CLB		
ON	02/24 12:28:04	BLEED 1 OFF		ADVISORY	CLB		
ON	02/24 12:28:15	PACK 1 OFF		ADVISORY	CLB		
ON	02/24 12:28:54	RH FAN AIR VLV (CLOSED) [C2]/WRG			CRZ		
ON	02/24 12:28:59	BLEED 2 FAIL		CAUTION	CRZ		
		12:28:59 RH FAN AIR VLV (CLOSED) [C2]/WRG			CRZ		
ON	02/24 12:28:59	BLEED 2 OFF		ADVISORY	CRZ		
OFF	02/24 12:29:02	PACK 1 OFF		ADVISORY	CRZ		
OFF	02/24 12:29:02	A-I WING VLV OPEN		STATUS	CRZ		
ON	02/24 12:29:34	A-I WING FAIL		CAUTION	CRZ		
		12:29:34 LH HPB OV (CLOSED) [C2]/WRG FAULT			CRZ		
ON	02/24 12:32:47	CABIN ALTITUDE HI		WARNING	CRZ		
OFF	02/24 12:35:24	CABIN ALTITUDE HI		WARNING	APP		
ON	02/24 12:36:00	CABIN ALTITUDE HI		WARNING	APP		
OFF	02/24 12:36:34	CABIN ALTITUDE HI		WARNING	APP		
OFF	02/24 12:38:43	A-I ENG 2 VLV OPEN		STATUS	APP		
ON	02/24 12:44:20	A-I ENG 2 VLV OPEN		STATUS	APP		
OFF	02/24 12:44:37	A-I ENG 2 VLV OPEN		STATUS	APP		
OFF	02/24 12:45:11	LH HPB OV (CLOSED) [C2]/WRG FAULT			APP		
OFF	02/24 12:45:12	BLEED 1 FAIL		CAUTION	APP		
OFF	02/24 12:45:29	A-I ENG 1 VLV OPEN		STATUS	APP		

Figura 3. Mensajes de mantenimiento registrados en la CMC. Fuente: investigación JST

A continuación, se detalla el significado de los mensajes visualizados en el EICAS según el Manual de Operación de la Aeronave (AOM):

- *Bleed 1 Fail* y *Bleed 2 Fail*: aparece en el EICAS como *Bleed 1(2) Fail*, una señal de precaución de color ámbar que indica que el sistema ha detectado una falla y que el suministro de aire del motor correspondiente ya no está disponible.

- Cabin Altitude Hi: es una alarma de color rojo que indica que la altitud de cabina ha alcanzado o superado los 9.700 pies, o que la altitud de cabina excede los 500 pies por encima de la elevación del campo de aterrizaje cuando ésta es mayor a 9.400 pies.
- A-I Wing Fail: indica una falla en el sistema de antihielo de las alas, lo que significa que ese sistema ya no está operativo.

Las acciones tomadas por la organización de mantenimiento del operador a raíz del suceso fueron las siguientes:

“Se reemplazó LH HPSOV según AMM 36-11-01-400-801-A, se realizó *leak check* AMM 36-1. Se reemplazó *Fan Air Valve* según 36-11-09-400801A *step2, step3*. Se realizó *overweight check* sin novedad.”

Las partes reemplazadas fueron:

- En el motor izquierdo, se reemplazó la *High Pressure Shutoff Valve* (HPSOV) con número de parte (P/N) 1001246-3 y número de serie (S/N) 2016030021. Esta válvula permite la salida de aire del compresor de alta presión y, junto con una válvula en el compresor de baja presión y otra en el fan, constituye una de las fuentes de aire del sistema neumático.

De acuerdo con el informe de reparación de *Med-Craft Inc.*, el testeo funcional preliminar mostró una pérdida excesiva de aire y la falla de la válvula completamente abierta. Durante el desarmado, se encontraron discrepancias que incluían corrosión, erosión, desgaste y pines eléctricos con sobrecalentamiento; por lo tanto, la unidad tuvo que ser sometida a una recorrida general para ser retornada al servicio.

- En el motor derecho, se reemplazó la FAV con P/N 1007086-7 y S/N 2016030002, ubicada en la parte superior del motor. El aire que pasa a través de esta válvula se dirige al *precooler*, que enfría el aire proveniente de los compresores.

Según la hoja de trabajo del taller CM Project: CM70665, durante la inspección visual se detectó juego en el mecanismo de mariposa de la válvula y fue reparada conforme a los procedimientos del *Hamilton Sundstrand* CMM 36-11-17, Rev 14, mediante el reemplazo del buje de carbón.

1.7 Información meteorológica

De acuerdo con la información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), las condiciones en el FL280 al momento del suceso eran las siguientes:

Información meteorológica	
Viento	305°/ 53 nudos
Fenómenos significativos	Lluvia débil y neblina
Nubosidad	6/8 ST ³ 150 metros, 7/8 SC ⁴ 900
Temperatura	-27,0°C
Temperatura punto de rocío	-29,0°C
Presión a nivel medio del mar	345 hPa
Humedad relativa	83%

Tabla 8

1.8 Ayudas a la navegación

No relevante.

1.9 Comunicaciones

No relevante.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	En vuelo, en las cercanías de la localidad de General Belgrano, provincia de Buenos Aires
Nivel de vuelo (FL)	280

Tabla 9

³ Estrato

⁴ Estratocúmulo

1.11 Registradores de vuelo

La aeronave estaba equipada con dos unidades *Digital Voice Data Recorder* (DVDR) conforme a lo establecido por la normativa vigente para el tipo de aeronave y operación.

Con motivo de la investigación, se obtuvieron los datos de vuelo. La siguiente imagen resume algunos de los parámetros del vuelo AR1802.

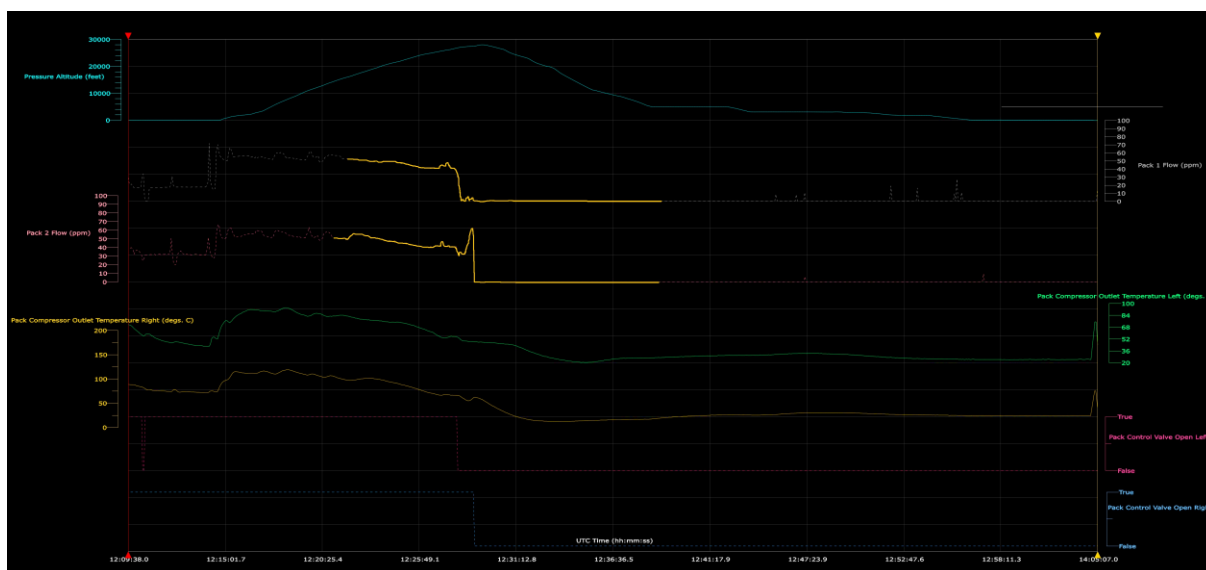


Figura 4. Datos de vuelo. Fuente: investigación JST

Durante el vuelo, ambos *PACKS* de aire acondicionado funcionaban de manera similar hasta que el *PACK 1* comenzó a reducir su provisión hasta quedar inoperativo. En ese momento, el *PACK 2* asumió toda la demanda, lo que provocó un aumento en su funcionamiento seguido de una interrupción abrupta. A partir de ese momento, ninguno de los dos *PACKS* suministró aire al fuselaje durante el resto del vuelo.

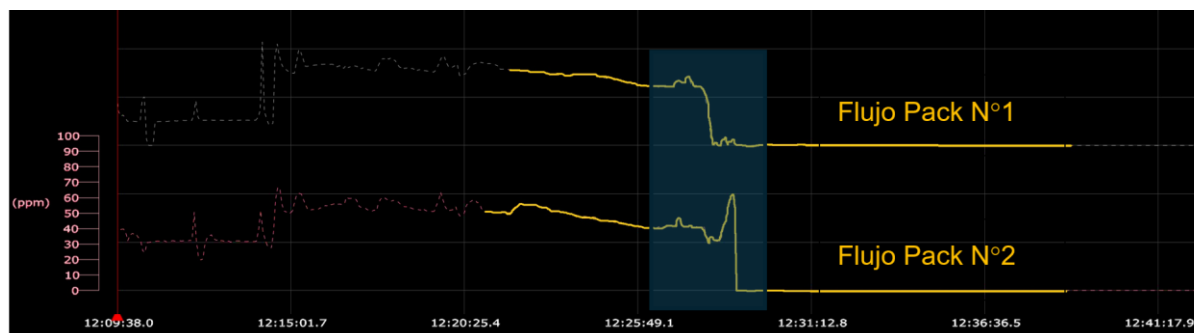


Figura 5. Variación del flujo de los *PACK 1* y *2*. Fuente: investigación JST

La información obtenida permitió establecer cronológicamente los eventos significativos del vuelo que se resumen en la siguiente tabla:

UTC Time (hh:mm:ss)	Parámetro	Condición
12:14:41	AIR GROUND (discrete)	AIR
12:26:50	Ice Detected Engine 1 (discrete)	ICE DETECTED
12:26:54	Ice Detected Engine 2 (discrete)	ICE DETECTED
12:27:04	Anti Ice Valve Open Engine 1 (discrete)	True
	Anti Ice Valve Open Engine 2 (discrete)	True
12:27:55	Anti Ice Slant Configuration (discrete)	2 SAI / 2 ENG
12:27:57	Anti Ice Slant Configuration (discrete)	1 SAI / ENG R
12:27:59	Pack Control Valve Open Left (discrete)	False
	Pack Control Valve Open Right (discrete)	True
12:28:00	Bleed Valve Open Engine 1 (discrete)	False
	Bleed Valve Open Engine 2 (discrete)	True
12:28:01	Pack 1 Flow (ppm)	26,62
12:28:04	ECAM Bleed 1	Fail
	Pack 1 Flow (ppm)	0
12:28:15	Pack 1	OFF
12:28:52	Anti Ice Slant Configuration (discrete)	NO ENG BLEED
12:28:54	Pack 2 Flow (ppm)	0
12:28:55	Pack Control Valve Open Right (discrete)	False
12:29:22	Vertical Speed (ft/min)	0
12:32:44	Master Warning (discrete)	True
	Master Warn: CABIN ALT HI Enabled (discrete)	True
12:32:46	Master Warn: CABIN ALT Displayed (discrete)	Act/Ack/Disp
12:34:36	Cabin Altitude (feet)	10800
12:35:49	Dump Switch Active (discrete)	True

Figura 6. Eventos significativos durante el vuelo. Fuente: investigación JST

Los datos revelaron que el sistema de aire acondicionado se mantuvo en la posición AUTO durante todo el vuelo, desde el despegue hasta el aterrizaje. Además, el sistema de detección de pérdida de aire no se activó en ningún momento. Sin embargo, el sistema de detección de formación de hielo se activó poco antes de que se presentara la falla en el *bleed* #1.

La grabación de las voces en cabina no pudo ser recuperada debido a que, tras el aterrizaje no se procedió a la desenergización de la aeronave. Como resultado, los datos fueron sobrescritos, lo que impidió evaluar aspectos operativos del suceso.

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 relacionada con el suceso.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

La tripulación y los pasajeros abandonaron la aeronave por sus propios medios y resultaron sin lesiones.

1.16 Ensayos e investigaciones

Quick Reference Handbook (QRH)

Los procedimientos para situaciones anormales o de emergencia están descritos en la *Quick Reference Handbook* (QRH). En caso de que el mensaje “*Bleed 1 (2) Fail*” aparezca en el EICAS, la tripulación debe seguir el procedimiento establecido en la QRH. Este procedimiento aborda el escenario en el que ambos sistemas de *bleed* presentan fallas, requiriendo en un paso específico que la tripulación responda afirmativamente a la pregunta: “¿AMBOS BLEEDS AFECTADOS?”.

La QRH vigente en el momento del suceso era la QRH-3708-212 Rev. 25, con fecha del 10 de noviembre de 2021.

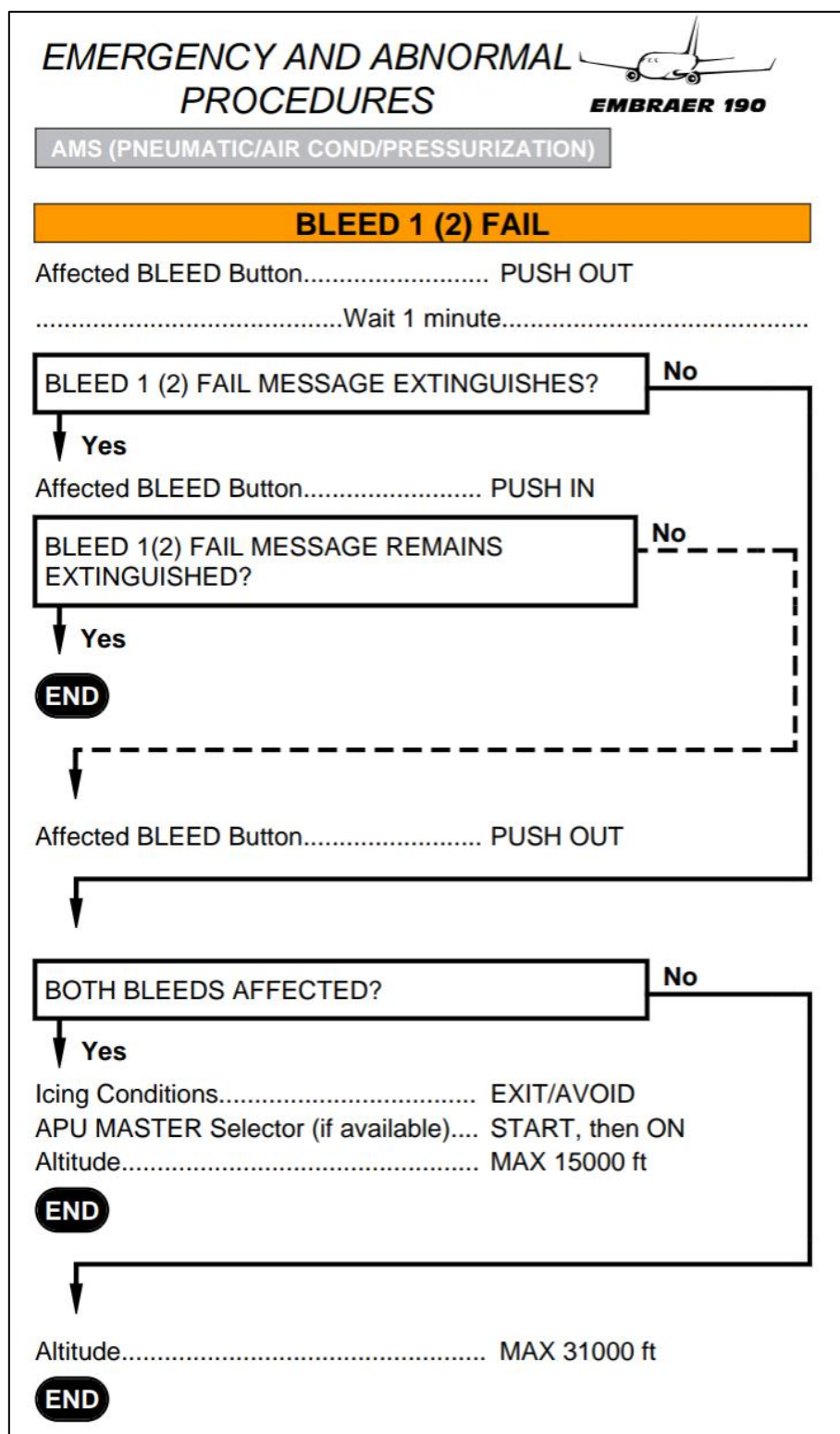


Figura 7. Procedimiento para falla de *bleed*. Fuente: Embraer 190 QRH-3708-2012

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave era operada por Aerolíneas Argentinas S.A. El Certificado de Explotador de Servicio Aéreos (CESA) autorizaba a Aerolíneas Argentinas para la explotación de servicios internos e internacionales de transporte aéreo, regular y no regular de pasajeros, carga y correo con aeronaves de gran porte.

1.18 Información adicional

En el Certificado Tipo Argentino, la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) acepta que los sistemas de la aeronave cumplan con niveles de seguridad equivalentes a los establecidos en la FAR 25.1301 y 25.1309: *Equipment, Systems and Installations (documented in TAD ELOS Memo TC0099IB-T-S-13)*.

A continuación, se transcribe una sección de la FAR 25.1309 traducido al castellano por el equipo de investigación, por lo que no constituye una traducción oficial⁵:

“[...] (a) Los equipos, sistemas e instalaciones cuyo funcionamiento es requerido por este subcapítulo, deben ser diseñados para garantizar que cumplan las funciones previstas en cualquier condición operativa previsible.

(b) Los sistemas del avión y los componentes asociados, considerados por separado y en relación con otros sistemas, deberán diseñarse de forma que:

(1) La ocurrencia de cualquier condición de falla que impida la continuación del vuelo y el aterrizaje de manera segura del avión sea extremadamente improbable, y

(2) La ocurrencia de cualquier otra condición de falla que reduzca la capacidad del avión o la capacidad de la tripulación para hacer frente a condiciones operativas adversas sea improbable.

(c) Se debe proporcionar información de advertencia para alertar a la tripulación sobre las condiciones inseguras de funcionamiento del sistema y, para que puedan tomar las medidas

⁵ La regulación original está en idioma inglés y puede ser consultada en la página de la FAA (www.faa.gov)

correctivas adecuadas. Los sistemas, los controles y los medios de vigilancia y advertencia asociados deberán estar diseñados para reducir al mínimo los errores de la tripulación que puedan crear peligros adicionales.

(d) El cumplimiento de los requisitos del párrafo (b) de esta sección debe demostrarse mediante el análisis y, cuando sea necesario, mediante pruebas apropiadas en tierra, en vuelo o en simulador. El análisis debe considerar

(1) Los posibles modos de fallas, incluidas las fallas de funcionamiento y los daños de origen externo.

(2) La probabilidad de fallas múltiples y de fallas no detectadas.

(3) Los efectos resultantes en el avión y los ocupantes, considerando la fase de vuelo y las condiciones de funcionamiento y, condiciones de operación, y

(4) Las señales de advertencia de la tripulación, la acción correctiva requerida y la capacidad de detectar fallos.”

Circular de Asesoramiento (AC) 25.1309-1A

La AC 25.1309-1A de la FAA tiene el propósito de describir métodos aceptables para cumplir con el requisito regulatorio FAR 25.1309. Sin embargo, no es de carácter obligatorio, y se pueden utilizar otros métodos para alcanzar el mismo objetivo.

El punto FAR 25.1309(b) establece requisitos generales para el diseño de sistemas, componentes e instalaciones en aeronaves de categoría transporte, definiendo una relación entre la probabilidad y la severidad aceptable de fallas.

Los estándares de aeronavegabilidad de la Parte 25 de las FAR, y por ende el diseño, construcción y mantenimiento de las aeronaves de categoría transporte, se basan en el concepto de diseño conocido como “*Fail Safe*” o “Falla Segura”. Los objetivos básicos de este enfoque son:

1. En cualquier sistema o subsistema, se debe asumir que la falla de un solo elemento, componente o conexión durante un vuelo, independientemente de su probabilidad, no debe impedir la continuación segura del vuelo y el aterrizaje, ni reducir significativamente la capacidad del avión o la habilidad de la tripulación para enfrentar las condiciones producidas por esa falla.

2. Se debe asumir que pueden ocurrir otras fallas simultáneamente y que pueden combinarse con la primera, a menos que la probabilidad de esa simultaneidad sea demostrablemente extremadamente improbable.

La AC 25.1309-1A establece que cuanto más grave sea el peligro resultante de una falla del sistema, equipo o instalación, menos probable debe ser esta. Las fallas catastróficas deben ser consideradas extremadamente improbables.

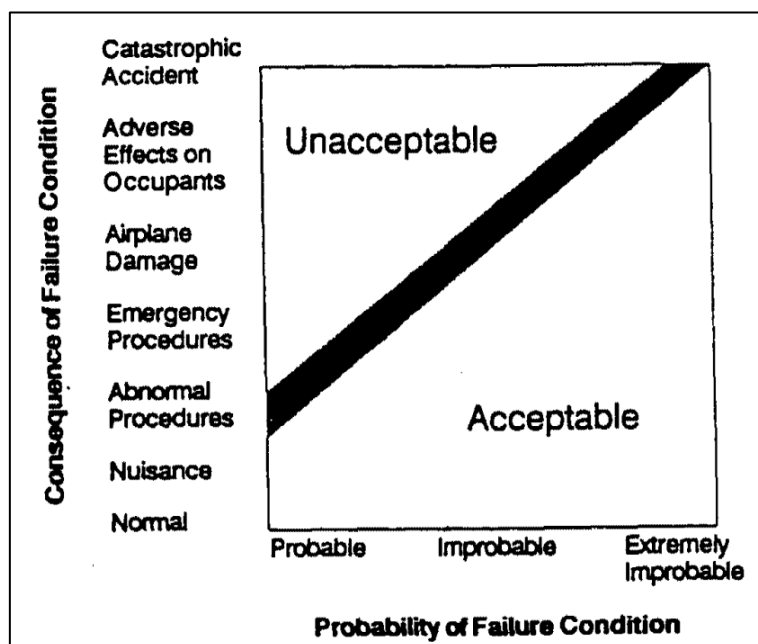


Figura 8. Criterio de aceptabilidad y probabilidad. Fuente: AC 25.1309, disponible en:

https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_25_1309-1A.pdf (acceso septiembre de 2024)

Además, la AC 25.1309-1A aborda criterios para la evaluación y elaboración de la lista de equipos que pueden estar inoperativos manteniendo un nivel de seguridad aceptable. Esto da lugar a la creación de la Lista de Equipamiento Mínimo Maestra (MMEL)⁶, utilizando los documentos necesarios para

⁶ Lista establecida para un determinado tipo de aeronave por el organismo responsable del diseño del tipo de aeronave con aprobación del Estado de diseño, en la que figuran elementos del equipo de uno o más de los cuales podría prescindirse al inicio de un vuelo. La MMEL puede estar asociada a condiciones de operación, limitaciones o procedimientos especiales. Fuente: Parte 1 de las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC).

demostrar el cumplimiento de los puntos 25.1309(b), (c) y (d), junto con otros datos técnicos derivados de la evaluación de las limitaciones operativas, tiempos y controles de la tripulación.

Circular de Asesoramiento (AC) 39-8

La AC 39-8 describe metodologías para la evaluación del mantenimiento de la aeronavegabilidad de los motores y APU en aeronaves de categoría transporte. Se aplica a la identificación, priorización y resolución de condiciones inseguras, incluyendo sistemas y subsistemas como la derivación de aire de los motores.

Tanto la AC 25.1309-1A como la AC 39-8 establecen criterios de severidad y probabilidad para la evaluación del riesgo asociado con la aparición de una condición insegura. La clasificación de probabilidad se detalla a continuación:

- Condiciones de falla probables: tienen una probabilidad mayor al orden de 1×10^{-5} .
- Condiciones de falla improbables: tienen una probabilidad del orden de 1×10^{-5} o menos, pero mayor que el orden de 1×10^{-9} .
- Condiciones de falla extremadamente improbables: tienen una probabilidad del orden de 1×10^{-9} o menos.

En cuanto a la severidad, las condiciones se clasifican en:

- Menor: condición en la que no se reduce significativamente la seguridad del avión.
- Mayor: condición que implica una reducción significativa en el margen de seguridad.
- Catastrófico: condición en la que la continuación del vuelo seguro o el aterrizaje se ve impedido.

Master Minimum Equipment List

La MMEL incluye ítems relacionados con el sistema de aire acondicionado (ATA 21) y el sistema neumático (ATA 36).

Para el sistema de aire acondicionado se permite despachar la aeronave con un *PACK* inoperativo, pero se limita su operación a altitudes de hasta FL310. De manera similar, es posible diferir el sistema de sangrado de aire de uno de los motores, lo que también restringe la altitud máxima de vuelo a FL310.

En el caso de que ambos *PACKS* de aire acondicionado estén inoperativos, la aeronave estará limitada a vuelos en los que se opere en configuración despresurizada.

Confiabilidad del sistema neumático de la familia ERJ190/195 y de sus componentes

De acuerdo con el *Service Performance Monthly Report* (SPMR) de enero de 2022, se ha registrado un promedio de 3,5 interrupciones por cada 10.000 vuelos relacionadas con el sistema neumático (ATA 36) y 2,4 interrupciones por cada 10.000 vuelos para el sistema de aire acondicionado (ATA 21) en los últimos 12 meses. Las interrupciones de vuelo incluyen retrasos, cancelaciones o desvíos debido a fallas técnicas.

En cuanto a los componentes reemplazados como parte de las acciones correctivas tras el incidente del vuelo AR1802, se destaca:

- HPSOV (P/N 1001246-3): este componente, utilizado en las posiciones HPSOV RH/LH y NAPRSOV⁷ RH/LH, ha sido reemplazado en la flota reportada en 8.534 ocasiones hasta enero de 2022. Esto indica un tiempo medio entre remociones no programadas de 4.392 horas o una remoción de 0,228 veces por cada 1.000 horas de vuelo. Es el componente de la familia ERJ170/190 que más remociones no programadas ha requerido en la historia de utilización de estos modelos de aeronaves.
- FAV: El catálogo de partes muestra tres números de parte elegibles para la misma posición de la FAV. En total, las remociones no programadas para estos números de parte suman 2.913 a lo largo de la vida del modelo de aeronave.

Antecedentes de fallas dobles del sistema neumático en aeronaves de categoría transporte

Existen antecedentes documentados de fallas dobles en el sistema de sangrado de aire en aeronaves de categoría transporte, incluyendo modelos de la familia E-JET de Embraer, como los ERJ170/175 y ERJ190/195.

1. Vuelo 212 de *Fuji Dreams Airlines*: El 7 de julio de 2015, un ERJ170 registrado como JA06FJ, operado por *Fuji Dreams Airlines*, tuvo una interrupción del flujo de aire en los dos motores durante la fase de ascenso a aproximadamente 33.000 pies. El evento ocurrió a unos 100

⁷ *Nacelle pressure regulating shut-off valves*

kilómetros del aeropuerto de Akita, Japón. La tripulación declaró la emergencia, realizó un descenso de emergencia hasta los 10.000 pies y aterrizó en el aeropuerto de Niigata, Japón.

2. Vuelo B6-201 de *JetBlue*: El 30 de septiembre de 2016, un ERJ-190 registrado como N198JB, en un vuelo de *JetBlue* desde Nueva York a Fort Lauderdale, tuvo una falla doble de sangrado de aire al pasar por el FL280 durante la fase de ascenso. La aeronave aterrizó en Baltimore (EEUU) aproximadamente 50 minutos después del despegue.
3. Vuelo YM-206 de *Montenegro Airlines*: En un vuelo desde Tivat (Montenegro) a Belgrado (Serbia) un ERJ-195 registrado como 4O-AOC tuvo una falla en el sistema de aire del motor izquierdo. Mientras la tripulación intentaba resolver la falla, también se presentó una falla en el sistema del motor derecho. Como resultado, se realizó un descenso de emergencia y se continuó el vuelo hasta Belgrado a FL100.

Antecedentes de fallas en el sistema neumático en la flota de Aerolíneas Argentinas S.A.

La organización de mantenimiento del operador proporcionó a la investigación información sobre las fallas en el sistema neumático de su flota de aeronaves ERJ-190 durante los últimos cinco años, junto con detalles de las acciones implementadas fuera del plan de mantenimiento aprobado para minimizar la recurrencia de estas fallas.

Hasta enero de 2022, la flota de aeronaves ERJ-190 del operador acumulaba un total de 557.346 horas de vuelo en 404.479 vuelos. Durante este período, se registraron fallas en el sistema neumático en 21 (0,0052%) de esos vuelos, de los cuales 15 requirieron aterrizajes de emergencia. Además, en tres de estos casos se produjo una falla doble del sistema neumático; el evento bajo investigación es uno de ellos.

A/C	Matrícula	Nº de Vuelo	Fecha	Hallazgo	Tipo de falla
E190	CMA	2872	24/8/2017	After TO, CAS MSJ "BLEED 1 FAIL", Follow QRH with no success. Proceed QRF to AEP	DUAL BLEED FAIL
E190	CEU	2233	3/11/2019	FL 280 and through adverse MET, ICE CONDITION light ON and CAS BLEED 2 FAIL, in synoptic ECS, appear both BLEED Closed and both PACKS F/S. EGA Descend	DUAL BLEED FAIL
E190	GIQ	1802	24/2/2022	BLEED FAIL #1 and #2. Performed QRF	DUAL BLEED FAIL

Figura 9. Registro de eventos de falla doble del sistema *bleed* en la flota del operador. Fuente: Aerolíneas Argentinas S.A.

El operador puso a disposición de la investigación un resumen de las acciones de mantenimiento preventivo que se añadieron al plan de mantenimiento para el sistema neumático de la flota ERJ-190 desde su incorporación. Entre estas acciones se destacan:

- Modificación de los plazos de reemplazo de filtros
- Actualización de software y componentes
- Chequeos operacionales y funcionales de los sistemas
- Reemplazo preventivo de componentes

Estas medidas le permitieron al operador mejorar los índices de confiabilidad del sistema, superando los de la flota mundial reflejados en el SPMR. Además, el operador adoptó la política de no despachar aeronaves desde su base principal de mantenimiento con ítems relacionados con mantenimiento diferido para los sistemas de ATA 21 y ATA 36.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

El análisis del suceso ocurrido durante el vuelo AR1802 con la aeronave LV-GIQ, que resultó en una falla del sistema neumático y un aterrizaje de emergencia, incluyó una evaluación de la cronología del evento y la condición técnica de los componentes involucrados. Además, se examinó el caso desde la perspectiva de las normas de diseño y se revisó la confiabilidad del sistema en relación con las directrices de certificación y las recomendaciones de las AC 25.1309 y AC 39-8, junto con las medidas correctivas implementadas para prevenir futuros eventos similares.

La grabación de las voces en cabina no pudo ser recuperada para su análisis debido a que, tras el aterrizaje de emergencia, la aeronave permaneció energizada. Esta circunstancia limitó el análisis de los aspectos operativos relacionados con el suceso.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Cronología del suceso

Durante la fase de ascenso del vuelo AR1802, la aeronave LV-GIQ detectó condiciones de formación de hielo. En respuesta, los sistemas de antihielo de los motores y las alas se activaron automáticamente. Instantes después, el EICAS mostró la advertencia *Bleed #1 Fail*, seguida del cierre del *PACK 1*.

En esa situación, el sistema neumático del motor derecho asumió toda la demanda de aire, que anteriormente compartía con el sistema izquierdo. Este sistema debía suministrar el caudal necesario para presurizar la aeronave en ascenso, mantener la temperatura en su interior y evitar la formación de hielo en las alas y los motores. Sin embargo, pocos segundos después, el sistema neumático del motor derecho también falló, incapaz de satisfacer la demanda. A partir de este punto, ninguno de los dos sistemas suministró aire al fuselaje durante el resto del vuelo.

Los datos del DVDR corroboraron los mensajes recibidos por el CMC la aeronave, así como lo descrito por la tripulación en las entrevistas. Con ambas fuentes de aire desactivadas, la aeronave no pudo mantener las condiciones de presión y temperatura internas, ni proporcionar protección contra la formación de hielo, situación que fue advertida a la tripulación mediante mensajes en el EICAS.

Aproximadamente cuatro minutos después de que ambos sistemas dejaron de suministrar aire, se activó la alarma de "*Cabin Altitude Hi*". Esto llevó a la tripulación a ejecutar el procedimiento específico de emergencia establecido en la QRH, que incluyó un descenso de emergencia. El descenso se llevó a cabo de inmediato, estabilizando la altitud de la cabina y permitiendo que el aterrizaje se completara sin dificultades adicionales.

La tripulación del vuelo AR1802 se enfrentó a una situación -falla de los dos sistemas de provisión de aire- que estaba contemplada en un paso específico de la QRH "*Bleed 1 (2) Fail*". No obstante, las circunstancias evolucionaron rápidamente hacia una condición de "*Cabin Altitude Hi*", lo que llevó a la ejecución del procedimiento de emergencia correspondiente.

Mantenimiento correctivo y desempeño del sistema neumático

Las acciones de mantenimiento correctivo, realizadas por la organización de mantenimiento como resultado de la evaluación y solución de fallas, confirmaron que dos componentes del sistema neumático (uno en cada motor) fallaron. Tras su reemplazo, ambos sistemas recuperaron su condición operativa.

La ANAC convalidó el Certificado Tipo original del LV-GIQ en base a las normas de certificación de aeronaves de categoría transporte FAR 25, con las enmiendas especificadas en la hoja de datos del certificado tipo, aceptando los niveles de seguridad equivalentes establecidos en la FAR 25.1309. Estos niveles de seguridad pueden ser demostrados mediante análisis o pruebas adecuadas en tierra, en vuelo o en simulador.

El informe de taller posterior al suceso reveló la condición técnica de la HPSOV del motor izquierdo. Esta se encontraba desgastada mecánicamente, afectada por un proceso de corrosión y sobrecargada eléctricamente, posiblemente debido a que el motor de torque demandaba más energía para controlar la posición requerida en cada etapa de los vuelos anteriores, como consecuencia del desgaste por uso. En estas condiciones de degradación, las capacidades de la válvula para cumplir su función se encontraban comprometidas, lo que incrementaba el riesgo de falla.

Por otra parte, la FAV del sistema neumático del lado derecho del avión presentaba juego en el mecanismo de mariposa debido al desgaste del buje de carbón. Sin embargo, no se pudo determinar con precisión cómo esta condición técnica afectaría la capacidad de la válvula para funcionar correctamente, en especial en un contexto donde el sistema neumático izquierdo se encontraba inoperativo.

El desempeño observado durante la vida útil del sistema neumático del modelo sugiere la posibilidad de desviaciones respecto a lo esperado. Al respecto, el operador del LV-GIQ ha registrado otros casos de

fallas dobles en el sistema neumático en su flota (además del evento en investigación). Asimismo, se ha comprobado que otros operadores de aeronaves del mismo modelo han experimentado fallas dobles similares.

La falla presentada podría clasificarse como una de las situaciones que la FAR 25 requiere como improbable para ser aceptable, especialmente cuando se compara con la ocurrencia de cualquier condición que reduzca la capacidad del avión o de la tripulación para enfrentar condiciones operativas adversas. La regulación aplicable exige un análisis de confiabilidad que incluya los posibles modos de falla, la probabilidad de fallas múltiples y los efectos resultantes en las distintas fases de vuelo y condiciones operativas.

Confiabilidad del sistema y sus componentes

La relación entre lo sucedido con la aeronave LV-GIQ, el reporte de confiabilidad del fabricante y las directrices vigentes, incluyendo las AC 25.1309 y AC 39-8, sugiere que el sistema neumático del modelo podría encontrarse en una condición de confiabilidad inaceptable, especialmente al considerar fallas dobles.

Según el reporte de confiabilidad del fabricante, el componente P/N 1001246-3, utilizado en las posiciones HPSOV RH/LH y NAPRSOV RH/LH, ha experimentado el mayor número de remociones no programadas a nivel mundial.

En este contexto, los datos disponibles revelan que el sistema neumático del modelo ha presentado una cantidad significativa de fallas. Esta información sugiere una posible tendencia hacia una menor robustez del sistema, lo que podría incrementar el riesgo de fallas combinadas y provocar un número considerable de interrupciones de vuelos. No obstante, para una interpretación precisa de estos datos y una evaluación completa de su impacto en el rendimiento general del sistema, es necesario realizar un análisis más detallado.

El concepto de falla segura, estipulado en la AC 25.1309, establece que, en cualquier sistema o subsistema, la falla de un solo elemento, componente o conexión durante un vuelo no debe impedir la continuación del vuelo, independientemente de su probabilidad.

Según lo estipulado en la AC 39-8, las fallas dobles se clasificarían como fallas mayores debido a su severidad. Esto es particularmente relevante cuando se consideran escenarios operativos adversos, como condiciones meteorológicas desfavorables o vuelo en zonas montañosas. Este tipo de eventos exige una

rápida identificación y una reacción inmediata, ya que las consecuencias pueden incluir la despresurización de la cabina.

Para prevenir la recurrencia de estos eventos, tanto el fabricante como el operador han implementado soluciones técnicas. Aunque en algunos casos estas soluciones han mejorado el rendimiento, los esfuerzos siguen en curso para abordar de manera efectiva el problema.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente

- ✓ Durante la fase de ascenso del vuelo AR1802, en condiciones de formación de hielo, se produjo una falla en el sistema neumático izquierdo
- ✓ Posteriormente, se produjo la falla del sistema neumático derecho
- ✓ La falla doble en el sistema neumático derivó en la activación de la alarma de *Cabin Altitude Hi*, lo que requirió la ejecución del procedimiento de emergencia según las listas de verificación establecidas
- ✓ La falla del sistema neumático izquierdo se originó por una falla en la HPSOV del motor izquierdo
- ✓ La condición técnica de la HPSOV reveló desgaste extremo que incluía una sobredemanda eléctrica y corrosión
- ✓ La falla del sistema neumático derecho pudo haber sido consecuencia de una falla en la *Fan Air Valve*

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

La investigación identificó otros factores, sin relación de causalidad con el incidente, pero con potencial impacto en la seguridad operacional:

- ✓ El operador había registrado fallas recurrentes en los sistemas neumáticos y de presurización a lo largo de la vida útil del modelo, lo que condujo a la implementación de medidas de mantenimiento preventivo adicionales a las especificadas por el fabricante
- ✓ A nivel global, tanto el operador como otras flotas han reportado incidencias de fallas dobles en el sistema neumático
- ✓ Según el reporte de confiabilidad del fabricante, el componente P/N 1001246-3, utilizado en las posiciones HPSOV RH/LH y NAPRSOV RH/LH, ha sido el que ha

experimentado el mayor número de remociones no programadas a lo largo de la vida útil de la flota

- ✓ La revisión del sistema neumático de la aeronave LV-GIQ sugiere una condición de confiabilidad inaceptable, particularmente en situaciones de fallas dobles

4. ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Las lecciones que surgen de esta investigación que pueden ser base de acciones por explotadores y fabricantes de aeronaves o de difusión y comunicación por la Administración Nacional de Aviación Civil son dos:

ASO AE-172-24

- ✓ La integridad de los sistemas en aeronaves de transporte es fundamental para garantizar su seguridad. La recurrencia de fallas detectadas en el sistema neumático, específicamente en las *High Pressure Shutoff Valve* (HPSOV), pone de manifiesto que la confiabilidad de un sistema puede verse afectada por demandas operativas diferentes a las previstas en el proceso de diseño y certificación, a pesar de cumplir con los estándares regulatorios. Por lo tanto, es esencial implementar programas de mantenimiento proactivos basados en datos reales de confiabilidad para mitigar estos riesgos.

ASO AE-173-24

- ✓ El resguardo adecuado de las grabaciones de cabina es esencial para una investigación completa y precisa. En este caso, la falta de desactivación oportuna del sistema resultó en la sobreescritura de las grabaciones, lo que impidió su análisis y limitó la evaluación de aspectos operativos del evento.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-GIQ - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 35 pagina/s.