JST | SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE

Informe de Seguridad Operacional

Sucesos Aeronáuticos

Vuelo en cizalladura o tormenta

Aerolíneas Argentinas S.A.

Airbus 330-223, LV-FNK

Sena Madureira, Amazonas, Brasil

18 de octubre de 2018

52843606/18

Ministerio de Transporte
Argentina

Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361, piso 6º

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

0800-333-0689

www.argentina.gob.ar/jst

info@jst.gob.ar

Informe de Seguridad Operacional 52843606/18

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

IF-2022-23536057-APN-DNISAE#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 10

1.3 Daños en la aeronave 11

1.4 Otros daños 11

1.5 Información sobre el personal 11

1.6 Información sobre la aeronave 13

1.7 Información meteorológica 15

1.8 Ayudas a la navegación 19

1.9 Comunicaciones 28

1.10 Información sobre el lugar del suceso 30

1.11 Registradores de vuelo 30

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto 32

1.13 Información médica y patológica 33

1.14 Incendio 33

1.15 Supervivencia 34

1.16 Ensayos e investigaciones 36

1.17 Información orgánica y de dirección 41

1.18 Información adicional 42

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces 42

2. ANÁLISIS 43

2.1 Introducción 43

2.2 Aspectos técnicos-operativos 43

3. CONCLUSIONES 50

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente 50

3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación 51

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL 53

4.1 A Aerolíneas Argentinas S.A. 53

APÉNDICE 1 54

ADVERTENCIA

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST), creada por Ley 27.514 de fecha 28 de agosto de 2019, es conducir investigaciones independientes de los accidentes e incidentes acaecidos en el ámbito de la aviación civil, cuya investigación técnica corresponde instituir para determinar las causas, y emitir las recomendaciones y/o acciones de Seguridad Operacional eficaces, dirigidas a evitar la ocurrencia de accidentes e incidentes de similar tenor. 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, el Artículo 185 del Código Aeronáutico (Ley 17.285), y el Artículo 17 de la Ley 27.514 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, el Código Aeronáutico y la Ley 27.514.

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 ABREVIATURAS[1]

ACC: Centro de Control de Área/Área de Control

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

AOA: Ángulo de Ataque

AP: A*utopilot*

A/THR: Comando automático de ajuste de empuje

ATC: Control de Tránsito Aéreo

ATS: Servicios de Tránsito Aéreo

BEA: *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile*

CCO: Departamento de Coordinación de Operaciones

CENIPA: *Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos*

CESA: Certificado de Explotación de Servicios Aéreos

CMV-AZ: Centro Meteorológico de Vigilancia Amazonico

CRM: Gestión de los Recursos de la Tripulación

CVR: Registrador de Voces de Cabina

DECEA: Rede de Meteorología do Comando da Aeronáutica

ETOPS: Extended-range Twin Engine Operation Performance Standards

FCOM: Manual de Operaciones de la Tripulación de Vuelo

FDR: Registrador de Datos de Vuelo

FIR: Región de Información de Vuelo

FL: Nivel de Vuelo

FCTM: Flight Crew Techniques Manual

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

---

1 Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas en inglés. En muchos casos las iniciales de los términos que las integran no se corresponden con los de sus denominaciones completas en español.

LOFT: Line Oriented Flight Training

LIDO: Lufthansa Integrated Dispatch Operation

MMO: Maximun Mach Operating

MOA: Manual de Operaciones de Vuelo

MCL: Maximum climb thrust

MCT: Maximum Continuous Thrust

ND: Navigation Display

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

OTT: Operations Training Transmission

PF: Pilot Flying

P/N: Número de parte

PM: Pilot Monitoring

QAR: Registrador de Acceso Rápido

QRH: Quick Reference Handbook

RTV: Registro Técnico de Vuelo

RVSM: Reduced Vertical Separation Minimum

SIGMET: Información Meteorológica Significativa

SMS: Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

S/N: Número de serie

SR: Shear Rate

TOGA: Take Off and Go Around

UTC: Tiempo Universal Coordinado

VMO: Velocidad límite máxima de operación

WX: Modo meteorológico

WX+T: Modo meteorológico y turbulencia

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al incidente grave experimentado por la aeronave LV-FNK, un Airbus A-330-223, en la zona de Sena Madureira (Amazonas, Brasil), el 18 de octubre de 2018 a las 18:22 horas,[2] durante un vuelo de aviación comercial regular.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con un contexto de vuelo en condiciones de meteorología adversa, así como también las consideraciones referentes al *briefing* y a la política del uso de cinturones de seguridad.

El informe incluye tres recomendaciones de seguridad operacional dirigidas a Aerolíneas Argentinas S.A.

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

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 18 de octubre de 2018 la aeronave matrícula LV-FNK, un Airbus A-330-223, despegó desde el aeropuerto de Miami (EEUU) a las 12:39 horas, para realizar un vuelo de aviación comercial regular con destino al Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (Ezeiza, Argentina).

En la fase de crucero a nivel de vuelo (FL) de 390, cuando estaban sobrevolando la zona de Sena Madureira (Amazonas, Brasil) a las 18:22 horas, el primer oficial que ocupaba el asiento derecho del cockpit desempeñaba las tareas de Pilot Flying (PF) y el comandante sentado a la izquierda oficiaba de Pilot Monitoring (PM). Mientras el vuelo atravesaba un área con meteorología adversa, nubes con tormentas y actividad convectiva, la aeronave se vio afectada por una turbulencia severa y granizo, ascendiendo hasta alcanzar FL 410. En consecuencia, resultaron heridos pasajeros y tripulantes de cabina.

Posterior al evento de turbulencia severa, la tripulación de cabina de pasajeros junto con médicos que viajaban en el vuelo asistieron a las personas afectadas. La aeronave continuó su vuelo y la tripulación comunicó el evento a la compañía que coordinó el servicio de asistencia médica. El vuelo aterrizó a las 22:11 horas en el aeropuerto de destino previsto (Ezeiza). A su arribo, personal sanitario atendió a los pasajeros y tripulantes afectados. Algunos de estos fueron derivados a centros de salud.

1.2 Lesiones al personal

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	8	17	0	25
Ninguna	4	181	0	185

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Daños leves: el radomo se dañó por los impactos de granizo y sobre el fuselaje se observaron impactos de rayos. También se encontraron daños en el interior de la cabina de pasajeros.

1.3.2 Motores

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	60 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto transporte línea aérea de avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno Vuelo por instrumentos Monomotores terrestres Multimotores terrestres A-319- A320- A330
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 31/10/2018

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	15798	1997
Últimos 90 días	141	141
Últimos 30 días	37	37
Últimas 24 horas	9	9
En el día del suceso	9	9

Tabla 3

La certificación del primer oficial cumplía con la reglamentación vigente.

Primer oficial al momento del evento	
Sexo	Masculino
Edad	53 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto transporte línea aérea de avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno Vuelo por instrumentos Monomotores terrestres Multimotores terrestres A-319-A320-A330
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 31/03/2019

Tabla 4

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	8688	2599
Últimos 90 días	176	176
Últimos 30 días	43	43
Últimas 24 horas	9	9
En el día del suceso	9	9

Tabla 5

La certificación del primer oficial cumplía con la reglamentación vigente.

Primer oficial	
Sexo	Masculino
Edad	63 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto transporte línea aérea de avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno Vuelo por instrumentos Monomotores terrestres Multimotores terrestres A-319-A320-A330
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/11/2018

Tabla 6

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	6185	2340
Últimos 90 días	171	171
Últimos 30 días	18	37
Últimas 24 horas	9	9
En el día del suceso	9	9

Tabla 7

La tripulación de cabina estaba compuesta por nueve miembros en las siguientes funciones: un jefe de cabina y ocho tripulantes de cabina de pasajeros. Las certificaciones de los tripulantes cumplían con las reglamentaciones vigentes.

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.

Figura 1. Perfil de la aeronave

Aeronave		
Marca		Airbus
Modelo		A-330 223
Fabricante		Airbus
Año de fabricación		2002
Número de serie		1877
Peso máximo de despegue		233.000 kg
Peso máximo de aterrizaje		182.000 kg
Peso vacío		154.000 kg
Horas totales		60.806
Horas desde la última inspección		170,74
Ciclos totales		11.089
Certificado de matrícula	Propietario	Aerolíneas Argentinas S.A.
	Fecha de expedición	22/12/2015
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Transporte
	Fecha de emisión	05/12/2013
	Fecha de vencimiento	Sin fecha

Tabla 8

Motor 1	
Marca	Pratt & Whitney
Modelo	PW4168A
Fabricante	Pratt & Whitney
Número de serie	P733409
Horas totales	58573,0
Ciclos totales	9783

Tabla 9

Motor 2	
Marca	Pratt & Whitney
Modelo	PW4168A
Fabricante	Pratt & Whitney
Número de serie	P735079
Horas totales	15517,0
Ciclos totales	2109

Tabla 10

Peso y balanceo al momento del incidente	
Peso vacío	122.171 kg
Carga paga	31.829 kg
Peso del combustible	22.770 Kg
Peso al momento de la turbulencia	176.770 kg

Tabla 11

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

La tripulación de vuelo, previo al despegue, contó con información meteorológica de pronóstico en ruta, incluida en el despacho operativo de la aeronave para realizar el vuelo Miami–Ezeiza. Esta fue expedida por el sistema automático integral de despacho operativo *Lufthansa Integrated Dispatch Operation* (LIDO) y analizada de manera conjunta por el despachante de la escala y el comandante. La misma contenía una previsión meteorológica del aeropuerto de despegue, de la ruta y alternativas, así como del aeropuerto de destino y de alternativas de arribo.

El pronóstico correspondiente a la *Flight Information Region* (FIR) AMAZÓNICA, en donde se produjo el evento, preveía formación de núcleos embebidos asociados a actividad convectiva, algunos intensificándose y otros en proceso de disipación. En esta información meteorológica también se reflejaban los topes nubosos a una altitud de FL470.

Como parte del despacho operativo del sistema LIDO, se incluye una columna con información acerca de la turbulencia en ruta, expresado por un índice de turbulencia *Shear Rate* (SR), con una escala de 1 a 20, en donde la intensidad de la turbulencia en aire claro es mayor cuanto mayor es el valor. A su vez, este concepto está incluido en el Manual de Operaciones de Vuelo del operador (MOA), estimado y considerado sólo para los puntos de notificación (*waypoints*) reales en segmentos del vuelo en crucero, desestimándose en las fases de ascenso y descenso, *Extended-*

range Twin-engine Operational Performance Standards (ETOPS) y otras posiciones del espacio aéreo. Este índice de turbulencia está asociado a los vientos en la ruta y niveles y no contempla un contexto de formación de núcleos convectivos. Es decir, que es referencial para contemplar el posible encuentro con turbulencia en aire claro.

OPSAR / MO-A Rev. 11
Fecha de Efectividad: 15 DIC 2019

Manual de Operaciones de Vuelo
CAPÍTULO 8.1: PREPARACIÓN DEL VUELO

EJEMPLO	DESCRIPCION
WIND 000/000	Viento: dirección / velocidad en la posición actual de la ruta (ej. 170/032)
SR	Shear rate en el segmento desde la posición previa real a la posición actual en la ruta. Mostrada solo para waypoints reales en segmentos de crucero entre el T_O_C inicial y el T_O_D final. No disponible para waypoints en Step Climb/Step Descent, ETOPS y posiciones del espacio aéreo.
TAS	Velocidad verdadera en el segmento desde la posición previa real a la posición actual en la ruta. Mostrada solo para waypoints reales en segmentos de crucero entre el T_O_C inicial y el T_O_D final. No disponible para waypoints en Step Climb/Step Descent, ETOPS y posiciones del espacio aéreo.

Figura 2. Definición de SR según MOA

La figura 3 corresponde al despacho operativo del sistema LIDO del vuelo. Este fue expedido a las 10:44 horas y en el mismo se observa que los valores estimados de turbulencia -en aire claro- son bajos (SR 01), de acuerdo con el índice mencionado anteriormente, para el nivel y la posición (punto de notificación Rio Branco) en que se encontraba la aeronave al momento del incidente.

POINT FREQ	FL MEA /AWY	MC TC	LAT LONG	WIND COMP OAT	SR TP	TAS G/S IAS/MK	DST ADST ETA	TM AT ATA	REM FUEL ACT BURN FUEL
ESBUK	390	173	S0913.8	069/012	01	470	101	00.13	23472
	018	164	W06805.3	P001	55	472	2249	04.48	30125
ESBUK/UL417				-53		815	....	.....	.....
RCO	390	174	S0952.6	072/013	01	470	040	00.05	23022
116.4	018	164	W06754.3	P001	56	472	2289	04.53	30575
RIO BRANCO/UL417				-53		815	....	.....	.....
-SLLF	390	173	S1035.6	076/013			045	00.06	22519
	019	163	W06741.0	M000	55		2334	04.59	31078
/UL417				-53		815	....	.....	.....

Figura 3. Índice de turbulencia SR

El informe técnico elaborado por la oficina del Centro de Vigilancia Meteorológica de Amazonas (CMV-AZ) refiere que, de acuerdo con las imágenes satelitales del 18/10/2018, 17:15 UTC, 17:30 UTC y 18:00 UTC, había nubosidad convectiva del tipo *Cumulus Congestus*, de acuerdo con la información relevada por la Rede de Meteorología do Comando da Aeronáutica (DECEA) Brasil.

En cuanto a los radares meteorológicos existentes en la zona del suceso, existe uno que cubre la ruta volada por la aeronave, ubicado en Tabatinga, que se encontraba inoperativo. A su vez, no se emitieron mensajes de alerta meteorológica de fenómenos significativos para la navegación aérea (SIGMET),[3] sobre la ruta o el área en la que se produjo la turbulencia.

Figura 4. Imagen satelital (visible) correspondiente al 18 de octubre de 2018 a las 18:30 horas

Según el informe elaborado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de Argentina, a las 18:00 horas la aeronave estaba volando por un espacio aproximado de 10 millas entre dos sistemas convectivos, uno a la izquierda de la trayectoria de la aeronave, en desarrollo, y otro a la derecha, llegando a la fase final de su desarrollo.

[3] Información relativa a la existencia real o prevista de determinados fenómenos meteorológicos en ruta y de otros fenómenos en la atmósfera que puedan afectar a la seguridad operacional de las aeronaves, expedida por una oficina de vigilancia meteorológica (a cargo de la observación de las condiciones meteorológicas de la FIR), la cual es utilizada por las dependencias de servicio de tránsito aéreo para alertar y/o redirigir a las aeronaves a fin de evitar dichos fenómenos.

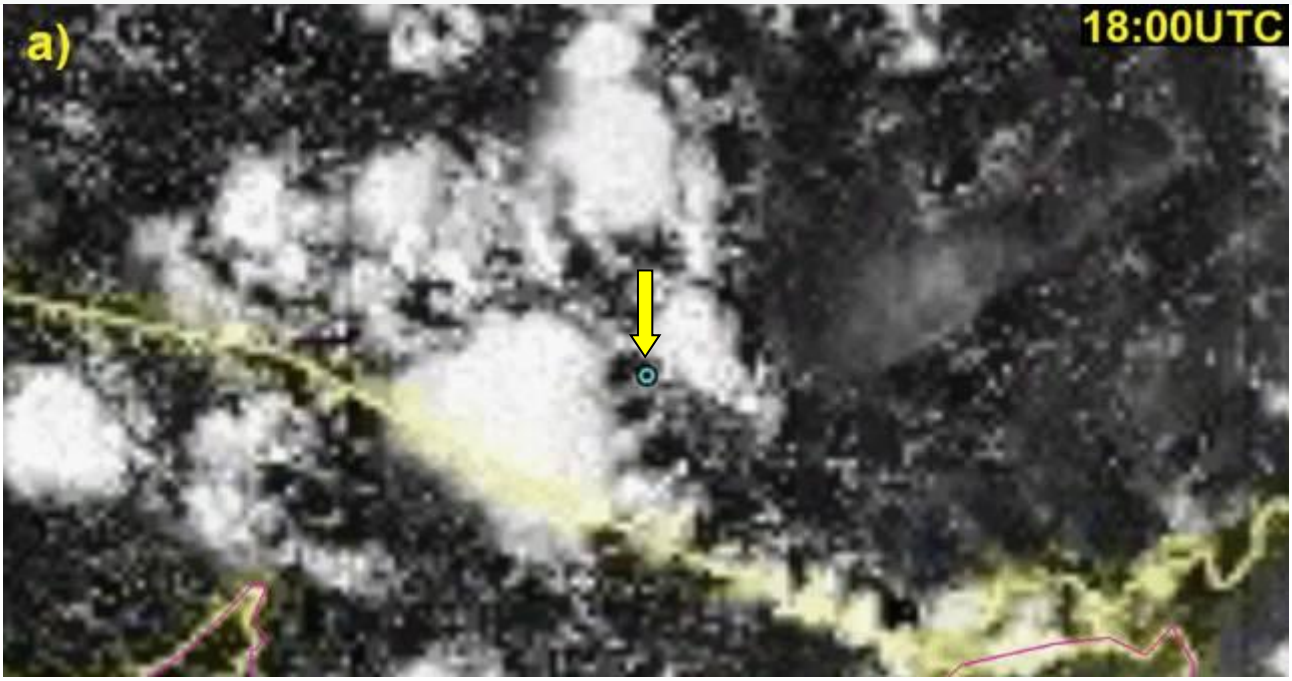


Figura 5. Imagen satelital (visible) correspondiente al 18 de octubre de 2018 a las 18:00 horas. El punto denota la posición de la aeronave al momento del encuentro con turbulencia severa

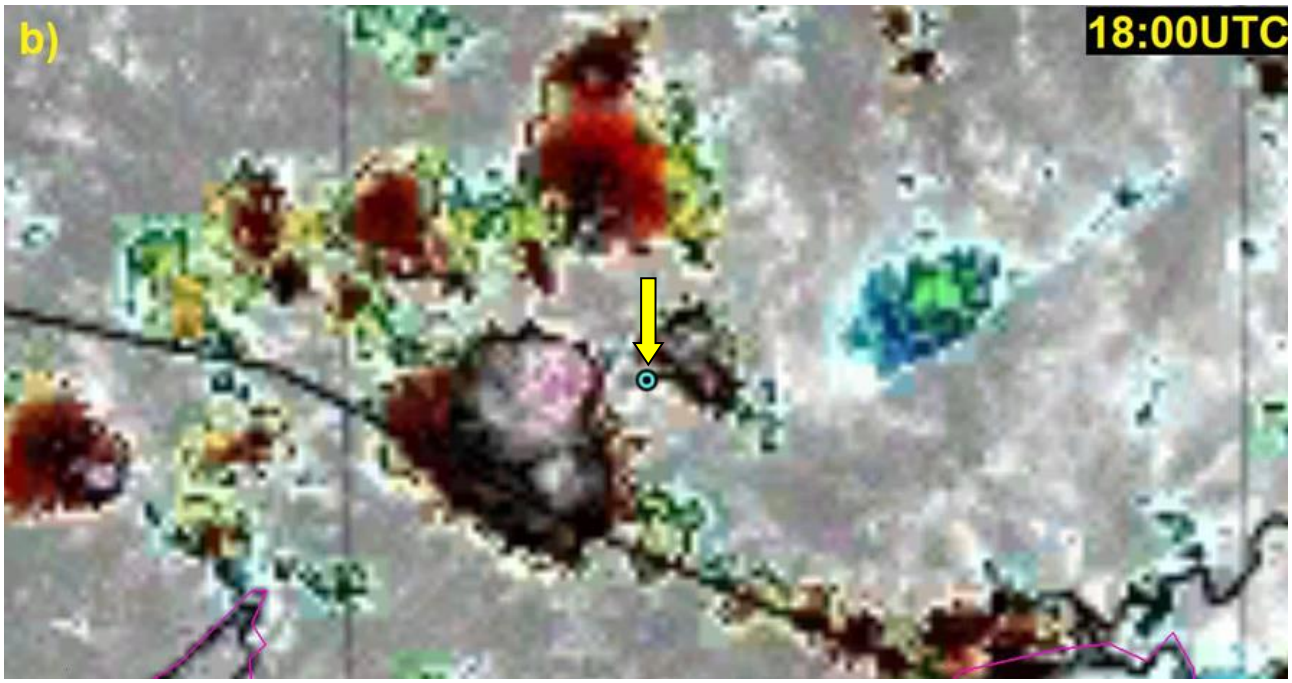


Figura 6. Temperatura de topes nubosos correspondiente al 18 de octubre de 2018 a las 18:00 horas. El punto denota la posición de la aeronave al momento del encuentro con turbulencia severa

Las siguientes imágenes radar corresponden a las 18:30 horas y muestran un desarrollo completo de los dos núcleos convectivos como así también un tercer núcleo sobre la trayectoria de la aeronave de gran desarrollo que no había sido detectado en las imágenes anteriores.

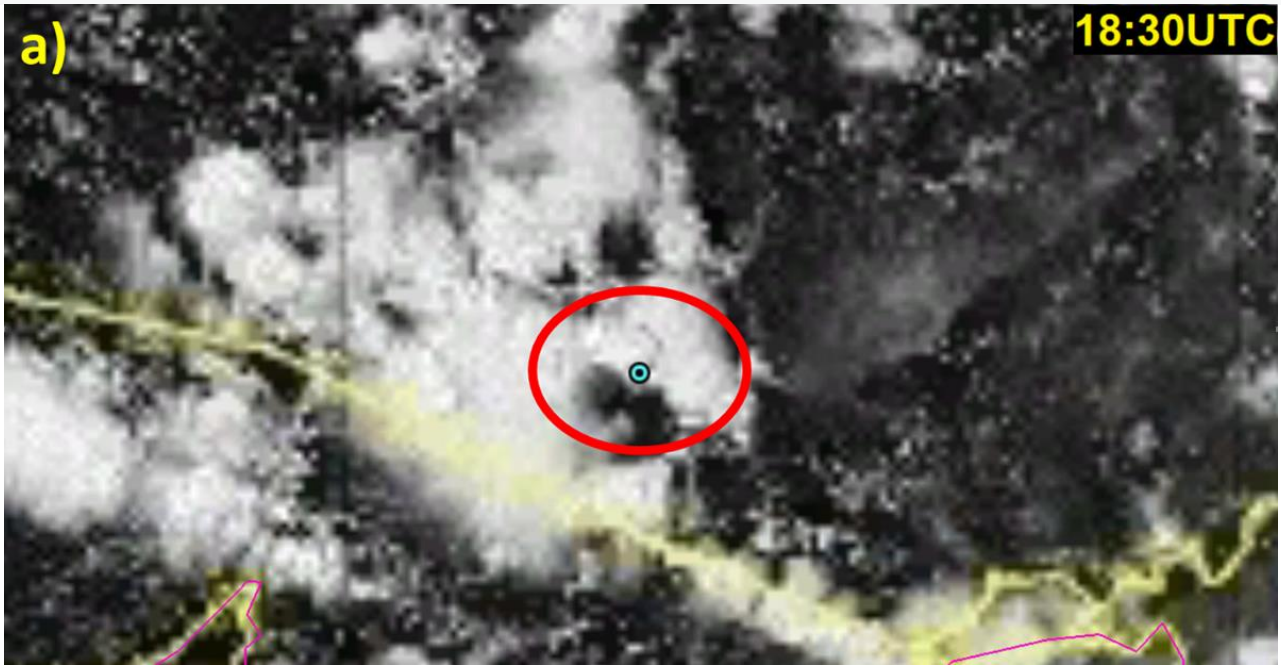


Figura 7. Imagen satelital (visible) correspondiente al 18 de octubre de 2018 a las 18:30 horas. El punto denota la posición de la aeronave al momento del encuentro con turbulencia severa

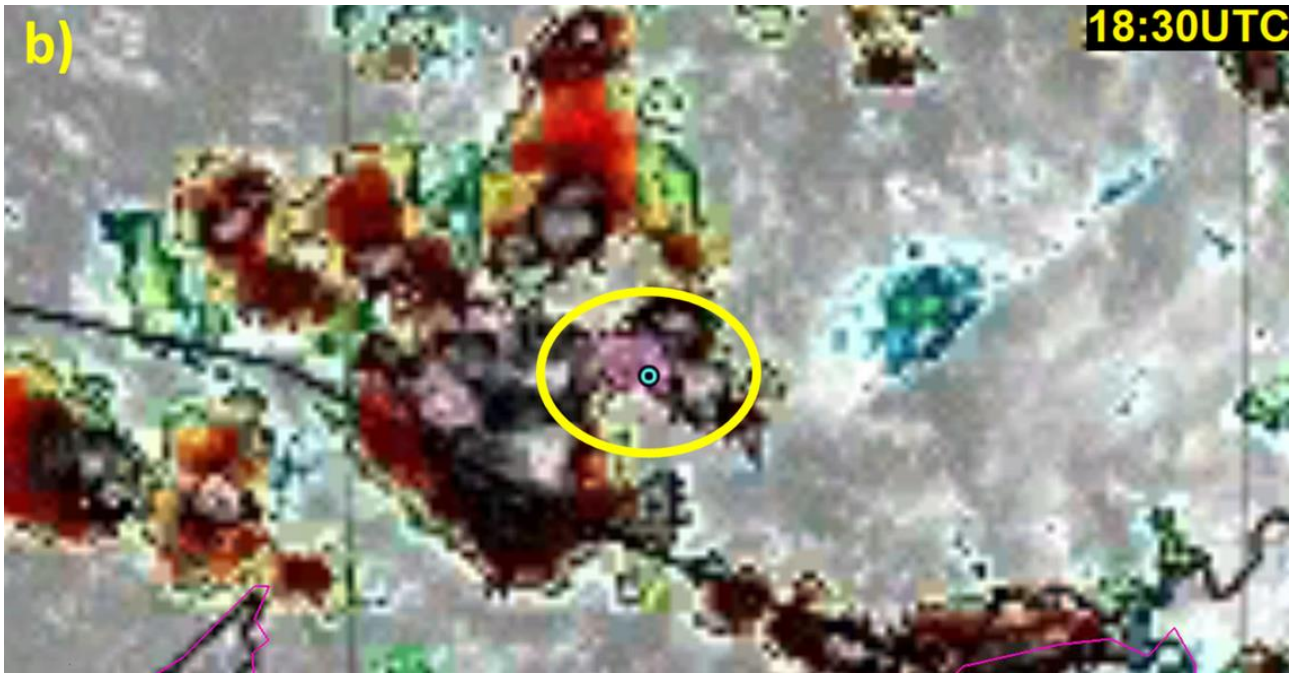


Figura 8. Temperatura de topes nubosos correspondiente al 18 de octubre de 2018 a las 18:30 horas. El punto denota la posición de la aeronave al momento del encuentro con turbulencia severa

1.8 Ayudas a la navegación

La aeronave estaba equipada con un radar meteorológico, el cual respondia a la reflectividad de las gotas de agua, representadas en las pantallas del *Navigation Display* (ND) de los puestos del

comandante y del primer oficial. Cada uno de ellos podía visualizar la información recibida de manera independiente. La aeronave contaba con una única consola de selección de modos, ganancia e inclinación de antena *(tilt*), ubicada en el pedestal central, del lado del comandante.

Figura 9. Consola de selección de modos de radar meteorológico

El *Flight Crew Techniques Manual* (FCTM) de Aerolíneas Argentinas brinda los lineamientos básicos para poder detectar e interpretar correctamente lo representado en las pantallas del ND.

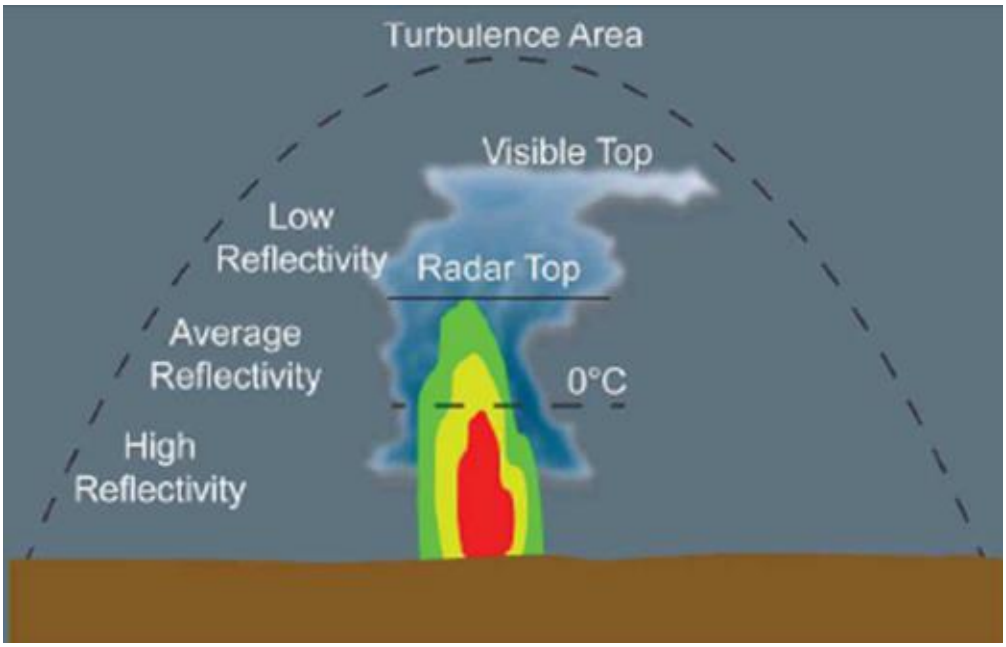


Figura 10. Imagen reflectiva de un cumulunimbus

La tripulación utilizaba los siguientes controles y funciones para operar el radar meteorológico:

- TILT (antena)
- GAIN (ganancia)
- MODE (modo)
- RANGE (rango)

Manejo manual del ángulo de la antena de radar (tilt)

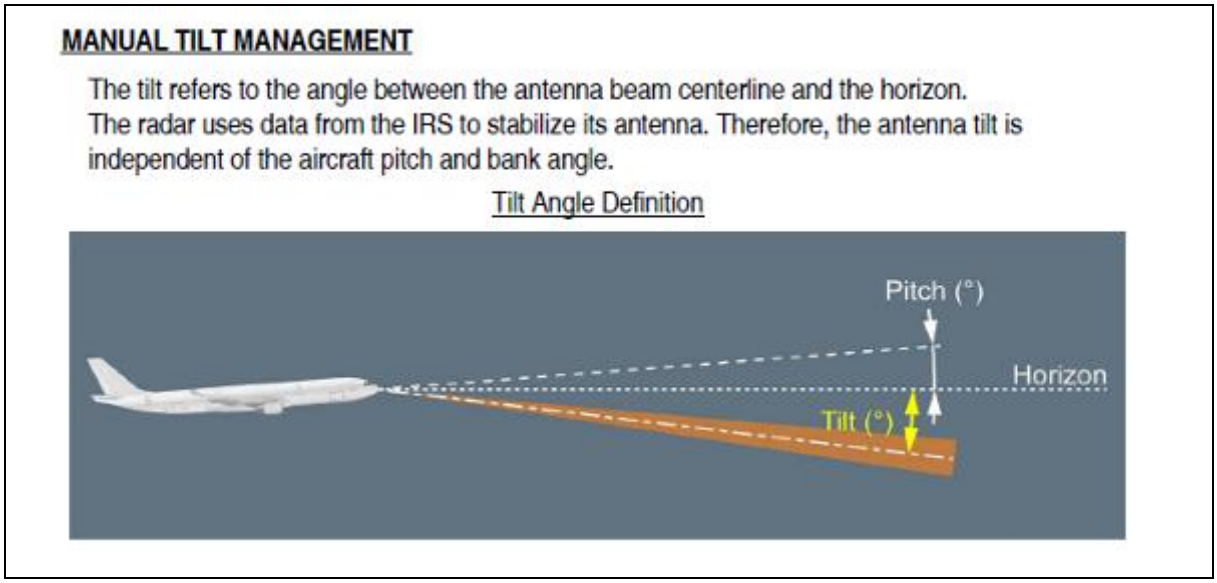


Figura 11. Gráfico del ángulo de tilt (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

El FCTM refiere al tilt como el ángulo formado entre la línea del horizonte y el haz de la antena del equipo. El radar utiliza datos de los sistemas inerciales para estabilizar la antena. Por consiguiente, el ángulo de inclinación de la antena es independiente del ángulo de ataque y del ángulo de banqueo de la aeronave.

En él se expresa la recomendación de escanear regularmente el área por delante de la aeronave en diferentes rangos y, a fin de identificar los ecos con mayor retorno, variar el ángulo de la antena del radar. Para obtener una representación de la célula de tormenta, la tripulación debería orientar el haz de la antena hasta el punto de mayor reflectividad. Un correcto seteo de la antena previene el escaneado por encima del tope de la célula de tormenta. También expresa la necesidad de asegurarse que el retorno de tierra se visualice en la parte superior del ND como práctica habitual.

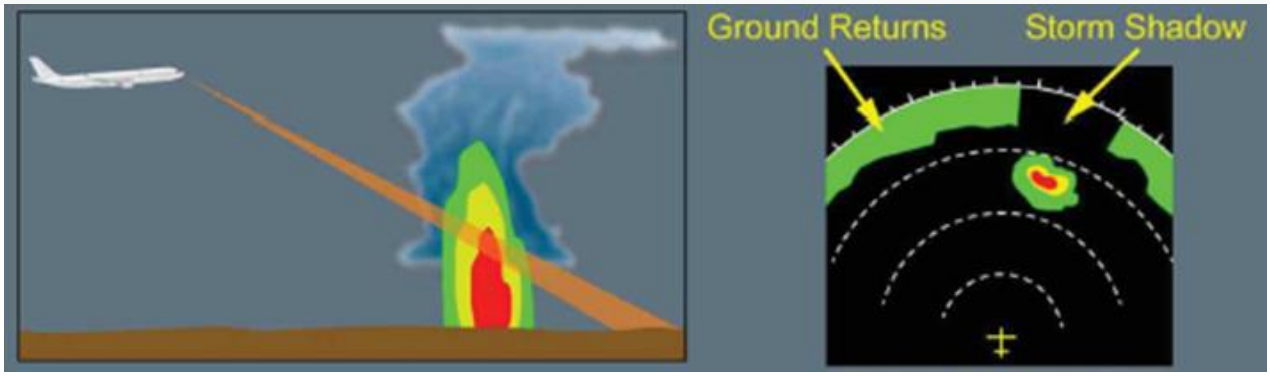


Figura 12. Visualización de retorno de ecos de superficie (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

A gran altitud, una célula de tormenta puede contener partículas de hielo de baja reflectividad. Si el ángulo de selección no es el adecuado, en el ND sólo se visualizará la parte superior (menor reflectividad) de la célula de tormenta (escaneado por encima). Como resultado, la tripulación puede subestimar o no detectar dicha célula.

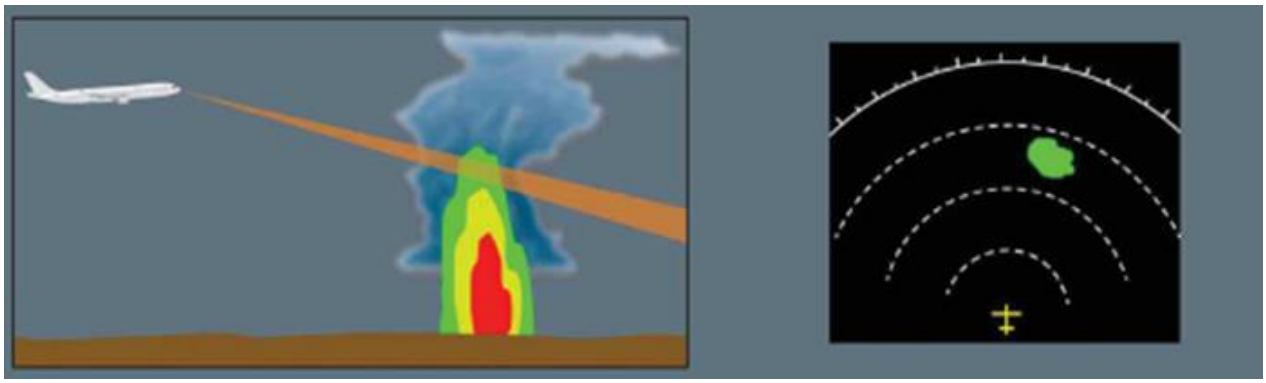


Figura 13. Orientación de la antena para la estimación de topes nubosos (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

Modificación de la ganancia para la detección de meteorología adversa

También se expresa en el FCTM la recomendación de utilizar la ganancia en modo “calibrado” (CAL), para la detección de meteorología adversa, como modo predeterminado en el radar. La utilización de este modo asegura una representación estándar de los colores en el ND. La tripulación puede ajustar y/o sintonizar de manera manual la ganancia para analizar las células de tormenta.

El radar cuenta con los siguientes modos de operación:

- WX (modo meteorológico): el ND indica áreas de precipitación. Los colores indican la intensidad de la precipitación según una escala colorimétrica (negro para la intensidad más baja, verde, ámbar y rojo indican intensidades progresivamente más altas respectivamente).

- WX+T (modo meteorológico y turbulencia): el ND indica áreas de precipitación y turbulencia en distintos colores, siendo las áreas de turbulencia de color magenta (solo son representadas dentro de un rango de 40 NM).

El radar fue selectado por la tripulación en modo WX+T (meteorología + turbulencia) antes de ingresar a volar en el área convectiva, tal como fue observado por la investigación.

Manejo del rango

Tanto el PF como el PM pueden realizar modificaciones de rango independientes, para la detección de meteorología adversa a corta y larga distancia. Para poder estimar el panorama de situación por delante, en la trayectoria de la aeronave, la tripulación se vale del rango de visualización del ND expresado en NM, buscando inicialmente la representación más lejana, y luego acotando el rango para identificar con mayor precisión la presencia de los núcleos y por donde navegar. Este ejercicio se repite durante gran parte del vuelo y varía el rango de visualización a requerimiento.

Si bien la selección del rango varía entre 10 NM y 320 NM, cuanto mayor sea el mismo (más lejano) mayor será la distorsión. Por tal motivo las tripulaciones habitualmente utilizan un rango de 80 NM para navegar, ya que la representación se vuelve más fiel respecto del escenario en el que se vuela.

En un rango de larga distancia, la precisión de lo representado en el ND es baja, debido a un incremento en el ancho del haz de proyección de la antena y una atenuación de la señal.

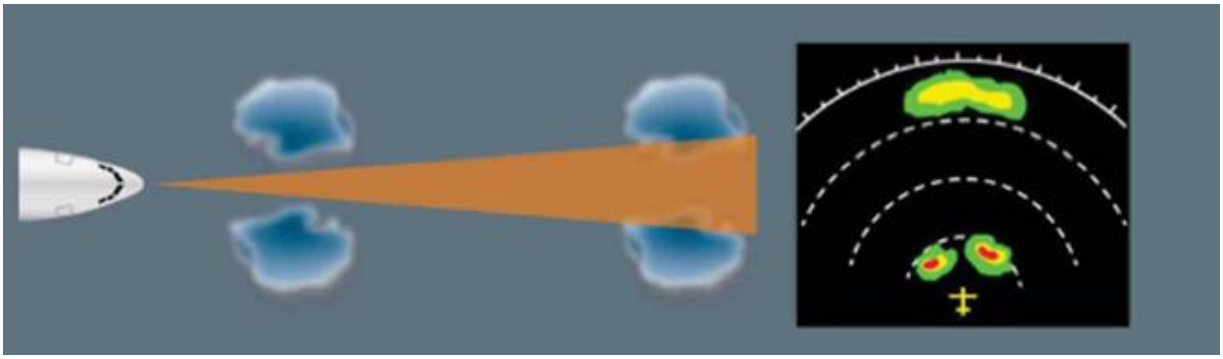


Figura 14. Precisión/distorsión de la representación del equipo radar (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

Otra recomendación es la de monitorear la meteorología a corta y larga distancia, a fin de poder planificar desvíos de manera eficiente, y evitar el "*blind alley effect*" o "callejón sin salida". Este efecto implica que un cambio de curso puede parecer apropiado a partir de lo visualizado en el ND

(en rango corto), pero al alejar el rango de visualización del ND se puede observar un obstáculo que impide el paso por ese lugar.

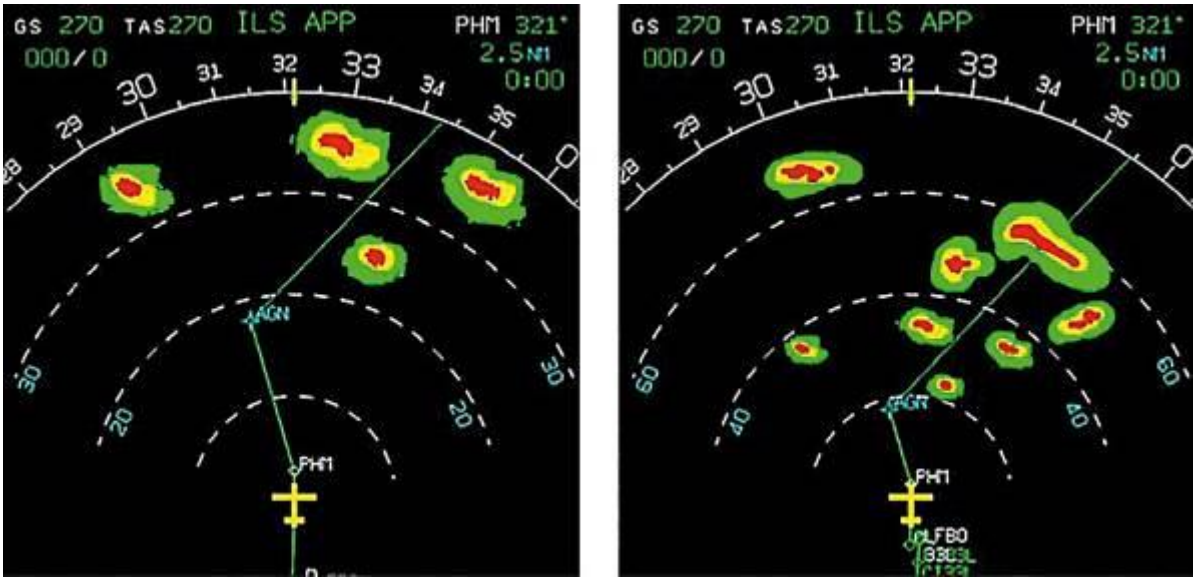


Figura 15. Representación en el ND del efecto del callejón sin salida (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

Para un vuelo nivelado en crucero, el FCTM recomienda el uso del radar de la manera que se indica a continuación.

Control de antena:

1- Ajustar el rango del ND según requerido.

2- Modificar regularmente el ángulo de la antena a fin de escanear lo que hay delante de la aeronave.

3- Cuando el escaneo se haya completado, ajustar la antena hasta que el retorno de tierra aparezca en el margen superior del ND.

En crucero, la combinación de los siguientes rangos del ND provee una buena representación del escenario meteorológico y de ser necesario se pueden utilizar rangos menores para evadir meteorología a corta distancia:

- 160 NM en el ND del PM.
- 80 NM en el ND del PF.

La aeronave estaba equipada con modo manual de radar y sólo contaba con una perilla de control de la antena (tilt). Por tanto, se utilizaba un valor promedio apto para ambos ND, según lo indicado en el FCTM.

El FCTM ofrece información para operaciones en áreas convectivas. A modo de resumen se recomienda lo siguiente:

- Iniciar la maniobra de desvío lo más temprano posible. A medida que la aeronave se va acercando a la zona convectiva, la información del radar a menudo se vuelve parcial. Hay que considerar una distancia mínima de 40NM respecto de la célula de tormenta /núcleo convectivo para decidir la realización de la maniobra evasiva.

- De ser factible, desviarse a barlovento. Usualmente hay menos turbulencia y granizo a barlovento de un núcleo convectivo. De ser factible, evitar el área de mayor amenaza identificada, al menos a 20 NM de distancia. Aplicar un margen adicional si los núcleos son muy dinámicos.

AEROLINEAS ARGENTINAS A330 Fleet FLIGHT CREW TECHNIQUES MANUAL	AIRCRAFT SYSTEMS WEATHER RADAR

OPERATIONS IN CONVECTIVE WEATHER

Ident.: AS-WXR-00019337.0001001 / 20 MAR 17
Applicable to: ALL

The flight should apply the following operational recommendations in convective weather conditions. These recommendations are applicable in addition to basic knowledge of meteorology and of operation in adverse weather conditions.

Weather detection:

- Always consider that a convective cloud may be dangerous, even if the weather echo is weak. Remember that the weather radar detects only water droplets
- Frequent lightning may indicate an area with high probability of severe turbulence
- Remember that the TURB function detects areas of wet turbulence only

Avoidance decision:

- Establish an "area of greatest threat" based on the locations and shape of the strongest weather radar echoes, and on the meteorological knowledge of the flight crew. This "area of greatest threat" corresponds to the zone where the flight crew estimates that the weather conditions are too dangerous to fly in
- Initiate your avoidance maneuver as early as possible. As the aircraft gets nearer to the convective weather zone, the information from the weather radar often becomes partial. Consider a minimum distance of 40 NM from the convective cloud to make the decision for avoidance maneuver.

Avoidance technique:

- If possible, perform lateral avoidance instead of vertical avoidance. Vertical avoidance is in general not recommended, particularly at high altitude, due to the reduction of buffet and performance margins. In addition, some convective clouds may have a significant and unpredictable build-up speed.
  - Lateral avoidance:
    - If possible, deviate upwind instead of downwind. Usually, there is less turbulence and hail upwind of a convective cloud
    - If possible, avoid the identified "area of greatest threat" by at least 20 NM
    - Apply an additional margin if the convective clouds are very dynamic
  - Vertical avoidance:
    - Avoid flying below a convective cloud, even in visual conditions, due to possible severe turbulence, windshear, microbursts, lightning strikes and hail. If an aircraft must fly below a convective cloud, the flight crew should take into account all indications (visual judgement, weather radar, weather report, pilot's report, etc.) before they take the final decision
    - For flight above a convective cloud, apply a vertical margin of 5 000 ft from the identified "area of greatest threat".

ARG A330 Fleet FLEET — AS-WXR P 11/16
FCTM — D → — 17 MAY 18

Figura 16. Operaciones en clima convectivo (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

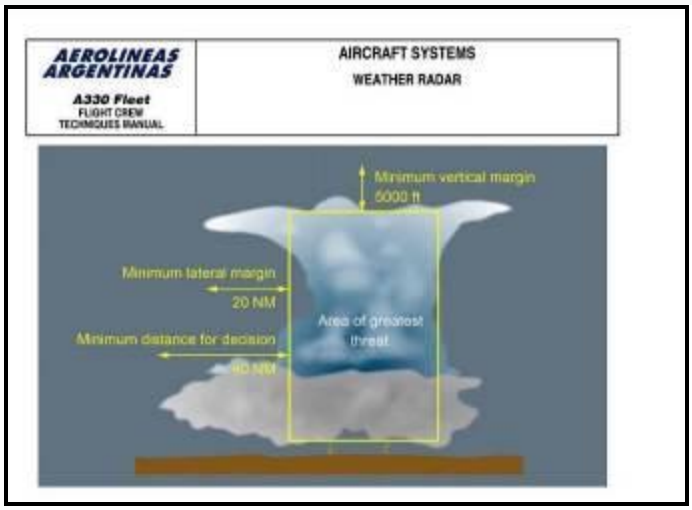


Figura 17. Márgenes laterales y verticales de separación de un núcleo convectivo (FCTM de Aerolíneas Argentinas)

De acuerdo con el *Flight Data Recorder* (FDR), el ND tuvo las siguientes variaciones:

- Del puesto del comandante -lado izquierdo-, quien oficiaba de PM

- 18:18:10 (4 minutos antes de la turbulencia) el rango seleccionado cambió de 80NM a 40NM

- 18:19:10 el rango cambió de 40NM a 20NM

- 18:21:18 el rango cambió de 20NM a 10NM

- Del puesto del primer oficial -lado derecho-, quien oficiaba de PF

- 18:18:42 (4 minutos antes de la turbulencia) el rango seleccionado cambió de 80NM a 40NM

- 18:21:46 el rango cambió de 40NM a 20NM

En referencia a los modos del sistema radar, el FDR indicó que a las 18:18:10 (4 minutos antes de la turbulencia) cambio de modo WX a WX+T. El FDR no registra la inclinación de la antena del radar, lo que se representa como *tilt* o ángulo de barrida en la pantalla ND como tampoco que sistema estaba en uso.

Según lo expresado por la tripulación, luego de la turbulencia ambos radares “se fueron a rojo” en todos sus modos, rangos y ganancias. Luego de varios intentos de cambios de los sistemas 1 y 2, se obtuvo representación de imagen radar, inicialmente de manera intermitente y luego permanente.

Los registros técnicos *Post Flight Status Report* (registro de estado de sistemas que fallaron durante el vuelo), no presentaron evidencia de falla en ninguno de los dos sistemas de radar meteorológico.

En el registro técnico de vuelo, la tripulación anotó la siguiente discrepancia: “falla de ambos radares WX. Se observa arco rojo todos los rangos con ganancia calibrada (CAL) y máximo (MAX) y diversos rangos de pitch en ambos ND. Se cambian los sistemas varias veces para lograr la representación de la imagen, inicialmente de manera intermitente y luego permanente”.

1.9 Comunicaciones

Al analizar las grabaciones de las comunicaciones realizadas entre el control de tránsito aéreo y la aeronave se verificó que la tripulación solicitó desvíos de su ruta a unas 100 millas antes del lugar del suceso, los cuales fueron autorizados por el servicio de tránsito aéreo y, como instrucción complementaria, se le solicitó a la tripulación volar directo al VOR Río Branco una vez finalizado el desvío. A posteriori, los desvíos continuaron por unas 85 millas después del suceso.

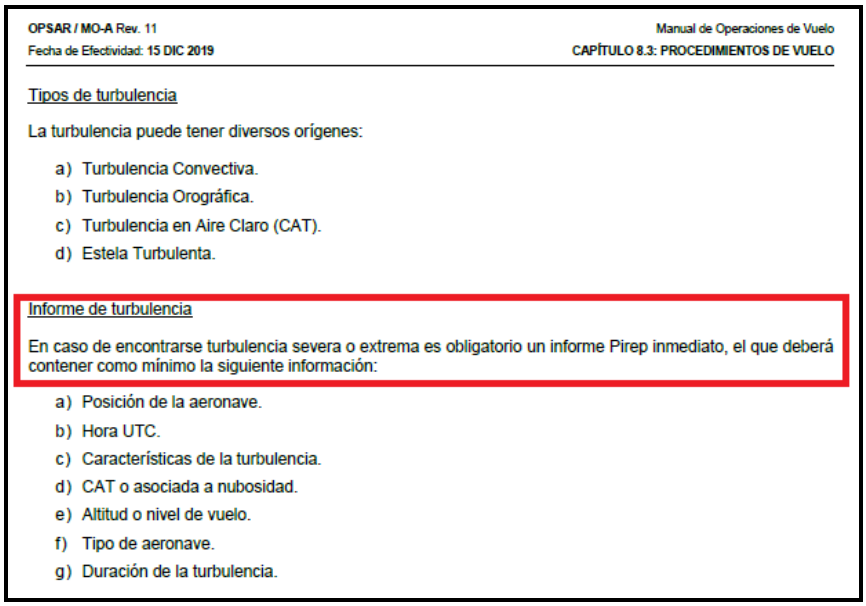
Cuando la aeronave se encontraba volando sobre el radial 352 a 107 NM del VOR Río Branco, se observó una variación de altitud de FL390 a FL410 en la representación de posición radar del Centro de Control de Área (ACC). Dicho momento coincidió con el evento de turbulencia severa.

En el informe de las comunicaciones brindada por Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) de Brasil, se registró que el control de tránsito aéreo preguntó a la tripulación de la aeronave por el cambio de nivel. La tripulación de la aeronave respondió estar volando a nivel FL390. El controlador informó que en la visualización del radar la aeronave aparecía manteniendo el FL410 y pidió que se revisara el equipo *transponder*. La tripulación volvió a confirmar al control que mantenía el nivel de vuelo FL390. El informe brindado por CENIPA confirmó que en ningún momento hubo pérdida de contacto radar ni interrupción o falla en las comunicaciones. Por otra parte, según el FDR, la aeronave alcanzó el nivel de vuelo FL410 durante el evento de la turbulencia severa.

Continuando con las comunicaciones entre la aeronave y el centro de control al momento del evento y posteriormente, no hubo evidencia de reporte de turbulencia severa por parte de la tripulación de cabina al control de tránsito aéreo.

En referencia a las comunicaciones a realizar luego de un evento de turbulencia severa, el Manual de Operaciones de Vuelo (MOA) de Aerolíneas Argentinas –sección 8.3.13.4 Turbulencia– indica

que “cuando se encuentre turbulencia severa o extrema, la tripulación de vuelo informará al *Air Traffic Control* (ATC) de manera inmediata” y detalla la forma de brindar dicha información:



OPSAR / MO-A Rev. 11 — Manual de Operaciones de Vuelo
Fecha de Efectividad: 15 DIC 2019 — CAPÍTULO 8.3: PROCEDIMIENTOS DE VUELO

Tipos de turbulencia

La turbulencia puede tener diversos orígenes:

a) Turbulencia Convectiva.
b) Turbulencia Orográfica.
c) Turbulencia en Aire Claro (CAT).
d) Estela Turbulenta.

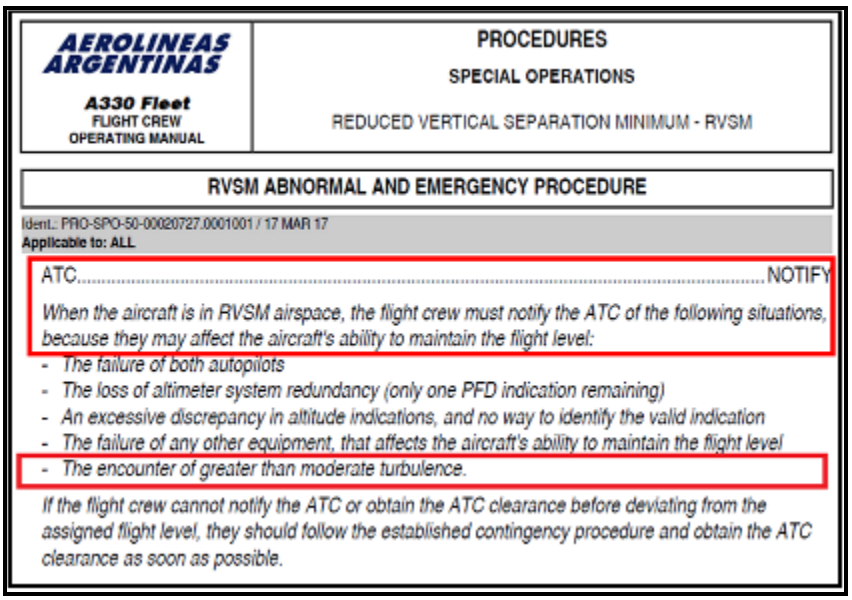
Informe de turbulencia

En caso de encontrarse turbulencia severa o extrema es obligatorio un informe Pirep inmediato, el que deberá contener como mínimo la siguiente información:

a) Posición de la aeronave.
b) Hora UTC.
c) Características de la turbulencia.
d) CAT o asociada a nubosidad.
e) Altitud o nivel de vuelo.
f) Tipo de aeronave.
g) Duración de la turbulencia.

Figura 18. Informe Pirep

Del mismo modo, el *Flight Crew Operating Manual* (FCOM) de Aerolíneas Argentinas indica que cuando la aeronave se encuentra en espacio aéreo *Reduced Vertical Separation Minimum* (RVSM), la tripulación tiene que notificar al control el encuentro con turbulencia mayor que moderada.



AEROLINEAS ARGENTINAS
A330 Fleet
FLIGHT CREW OPERATING MANUAL

PROCEDURES
SPECIAL OPERATIONS
REDUCED VERTICAL SEPARATION MINIMUM - RVSM

RVSM ABNORMAL AND EMERGENCY PROCEDURE

Ident.: PRO-SPO-50-00020727.0001001 / 17 MAR 17
Applicable to: ALL

ATC.....NOTIFY

When the aircraft is in RVSM airspace, the flight crew must notify the ATC of the following situations, because they may affect the aircraft's ability to maintain the flight level:

- *The failure of both autopilots*
- *The loss of altimeter system redundancy (only one PFD indication remaining)*
- *An excessive discrepancy in altitude indications, and no way to identify the valid indication*
- *The failure of any other equipment, that affects the aircraft's ability to maintain the flight level*
- *The encounter of greater than moderate turbulence.*

If the flight crew cannot notify the ATC or obtain the ATC clearance before deviating from the assigned flight level, they should follow the established contingency procedure and obtain the ATC clearance as soon as possible.

Figura 19. FCOM de Aerolíneas Argentinas

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	Zona norte de Sena Madureira, Amazonas, Brasil
Coordenadas	8°16'29.00"S–68°21'59.00"W

Tabla 12

Figura 20. Lugar del incidente

El vuelo y la ruta realizada correspondían a la frecuencia diaria que realizaba el operador hacia y desde ese destino. La tripulación se encontraba familiarizada con la ruta de vuelo.

1.11 Registradores de vuelo

La aeronave estaba equipada con una unidad FDR y una unidad *Cockpit Voice Recorder* (CVR), en concordancia con lo establecido por la normativa vigente para el tipo de aeronave y operación.

El CVR que fue desmontado de la aeronave, era marca Honeywell modelo HFR5-V (PN 980-6032-023, S/N 06134) y el FDR marca Honeywell (PN 980-4700-0003, S/N SSFDR-08826). Su lectura y transcripción se realizó en las instalaciones que la empresa explotadora de la aeronave tiene en el aeropuerto de Ezeiza, bajo supervisión de la JST.

El tiempo total de vuelo, a partir del evento de turbulencia severa hasta el aterrizaje, excedió los límites del registro del CVR y sólo se registraron las últimas dos horas de grabación.

El FCOM del operador indica las características y limitaciones del CVR. El mismo expresa que sólo las últimas dos horas de grabación son retenidas.

DESCRIPTION

Ident.: DSC-23-10-40-00019179.0001001 / 17 MAR 17
Applicable to: LV-FNI, LV-FNJ, LV-FNK, LV-FNL, LV-GKO, LV-GKP

The cockpit voice recorder (CVR) records :
- direct conversations between crew members in the cockpit
- all aural warnings sounded in the cockpit
- communications received and transmitted by radio
- intercom conversations between crew members
- announcements transmitted over the passenger address system, if PA reception is selected on at least one audio control panel.

Only the last 2 h of recording are retained.

ARG A330 Fleet FLEET — DSC-23-10-40 P 1/4
FCOM — A → — 13 SEP 17

Figura 21. Características del CVR

También se retiró la tarjeta de memoria para una lectura rápida de los datos de vuelo (P/N 2530400006, S/N 1406).

Figura 22. Equipos instalados en la aeronave

Figura 23. Tarjeta de memoria que se encontró instalada

De los registros obtenidos a partir del CVR y del FDR se observó que la aeronave entró en condiciones de turbulencia severa. Además, a partir del análisis de los tres ejes de componente de viento (vertical, lateral y longitudinal) se confirmó la duración de la turbulencia severa por el lapso de un minuto.

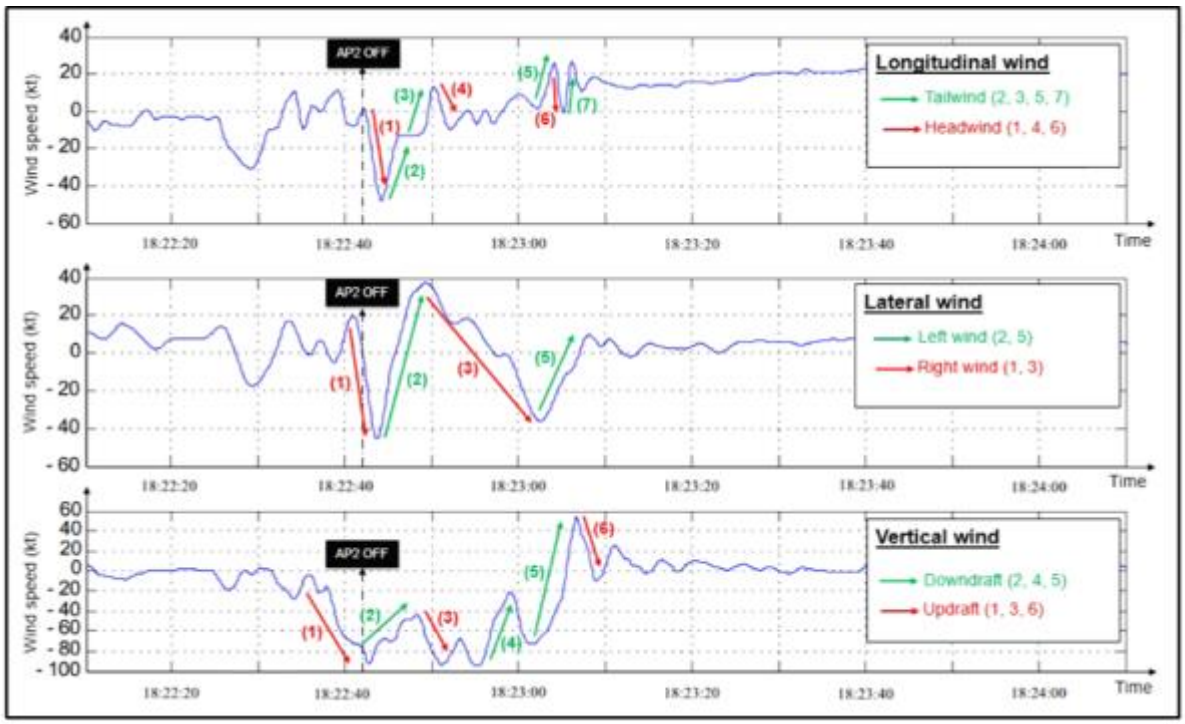


Figura 24. Intensidad de las componentes de vientos respecto de la aeronave

También se obtuvo información relevante del vuelo por medio del FDR, la cual se encuentra desarrollada en el punto 1.16.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave se encontraba en crucero a FL390, sobre Sena Madureira (Amazonas, Brasil), cuando experimentó turbulencia severa, en una zona con núcleos convectivos. En ese momento se estaba brindando el servicio de almuerzo, por lo que miembros de la tripulación de cabina y pasajeros sufrieron diferentes lesiones leves. Además, se produjeron daños en los compartimentos de cabina debido al impacto de objetos y personas.

Figura 25. Imagen de los daños en el interior de cabina

El radomo de la aeronave se vio afectado por el impacto del granizo y de los rayos.

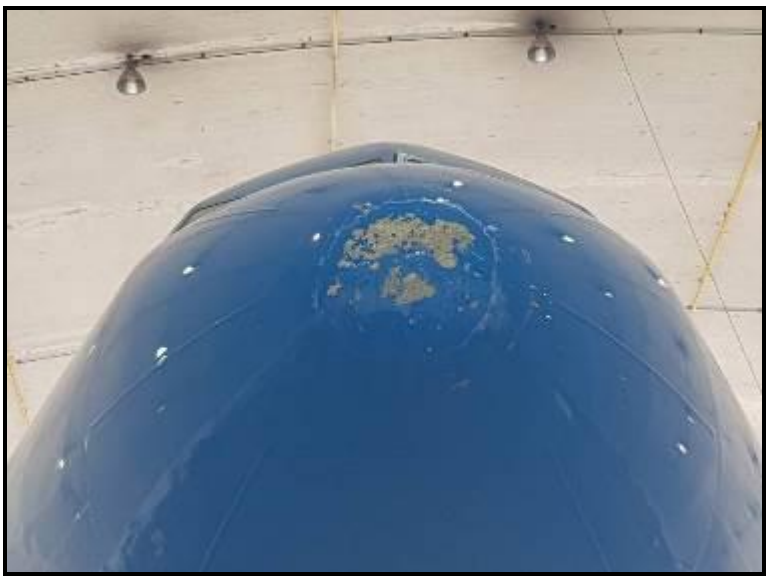


Figura 26. Imagen de la aeronave con daños en el radomo

1.13 Información médica y patológica

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

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

De acuerdo con lo manifestado por la tripulación técnica y de cabina, al momento de la turbulencia severa el cartel indicador de “cinturones colocados y ajustados” se encontraba apagado. Éste fue encendido en el momento en el que se había ingresado a zona de turbulencia severa.

Asimismo, por lo manifestado en la entrevista, es habitual que se efectúe el servicio de almuerzo en la zona en la que se produjo la ocurrencia (de acuerdo con los tiempos estipulados), a no ser que haya un aviso de advertencia por motivos técnicos y/o meteorológicos por parte de la tripulación técnica a la tripulación de cabina. No se realizó ningún tipo de comunicación a modo de advertencia, por lo que la tripulación de cabina estaba realizando el servicio del almuerzo. Además, algunos pasajeros se encontraban circulando y otros sentados en sus asientos sin los cinturones colocados.

Una vez pasado el evento, la tripulación de cabina notificó las lesiones de los pasajeros y tripulantes al comandante. Posteriormente comenzó el relevamiento de heridos (*triage),* con la ayuda de médicos que se encontraban a bordo. El vuelo continuó hasta el aeropuerto de destino previsto. Luego el comandante realizó la comunicación del evento a la compañía para disponer de asistencia médica al arribo.

E@REPORTE DE SEGURIDAD
Centro de Control Operacional (CCO)

EVENTO NIVEL 1
Evento con heridos abordo

CLASIFICACIÓN	SAFETY
TIPO DE REPORTE	Nuevo
ID	8689
NRO. DE VUELO	1303
FECHA DE VUELO	18/10/2018
HORA EVENTO (LOCAL)	18:00
HORA EVENTO (UTC)	21:00
LUGAR	En Vuelo
EQUIPO	Airbus 330
MATRICULA	LVFNK
ESCALA ORIGEN	(MIA) Miami
ESCALA DESTINO	(EZE) Ministro Pistarini
DESPEGUE (UTC)	18/10/2018 13:30:00
ESTIMA ATERRIZAJE (UTC)	18/10/2018 22:35:00
TRIPULACIÓN	12
PASAJEROS	198
MERPEL	

Descripción del Evento

COMANDANTE [redacted] INFORMA VIA ACARS EL PASO POR UNA TURBULENCIA SEVERA PROVOCANDO ENTRE 10 Y 15 PASAJEROS CON HERIDAS LEVES

Figura 27. Reporte de seguridad al CCO

De acuerdo con las entrevistas realizadas, el comisario de abordo realizó un *breifing* con el comandante de la aeronave en el que se acordó, en primera instancia, desembarcar a todos aquellos que no estuvieran heridos. En segunda instancia, se acordó el abordaje de personal médico, que aguardaría en el aeropuerto para atender al resto de los pasajeros. Por último, la tripulación de cabina hizo un *debriefing* de lo ocurrido. Como consecuencia del suceso, 17 pasajeros y 8 tripulantes sufrieron lesiones leves.

EL MOA, refiere en su punto 8.3.13.4, lo siguiente con relación a las turbulancias:

8.3.13.4 Turbulencia

Una aeronave en aire turbulento está sujeta a un irregular y aleatorio movimiento, mientras por su condición de estabilidad busca volver a su trayectoria de vuelo original.

Si las condiciones meteorológicas o las previsiones en ruta indican la posibilidad de turbulencia, se deberá encender el cartel indicador de ajustarse el cinturón de seguridad, e informar a la tripulación de cabina y a los pasajeros para que permanezcan sentados y que hagan uso de sus cinturones de seguridad. El equipamiento para el servicio de pasajeros y demás elementos no fijos en la cabina, deberán asegurarse hasta tanto la condición de turbulencia haya terminado.

Cuando se encuentre turbulencia severa o extrema, la tripulación de vuelo informará al ATC de manera inmediata.

Figura 28. Turbulencia, MOA

Por otra parte el mismo manual indica en su punto 8.1.16:

OPSAR / MO-A Rev. 11 — Manual de Operaciones de Vuelo
Fecha de Efectividad: 15 DIC 2019 — CAPÍTULO 8.1: PREPARACIÓN DEL VUELO

8.1.16 BRIEFING A LA TRIPULACIÓN DE CABINA

De acuerdo a las particularidades de cada aeronave y vuelo a realizar, el Comandante se reunirá con la Tripulación de Cabina para comentar las características del vuelo y coordinar las tareas de abordo. Se efectuará preferentemente en el aeropuerto de salida en el lugar que se crea conveniente, o abordo de la aeronave previo al inicio de las actividades. Si las particulares circunstancias dificultasen la presencia de toda la tripulación, el briefing podrá dirigirse al Jefe de Cabina/Comisario, y este por delegación, informará al resto de la tripulación.

El briefing deberá ser conciso y contener referencias a:

a) Acceso a la cabina de comando. Concepto de cabina estéril.
b) Establecer un código particular para alertar a la tripulación técnica de actividades sospechosas en la cabina de pasajeros.
c) Comunicación fluida entre los tripulantes de vuelo y TCPs.
d) Novedades técnicas que afecten al vuelo.
e) Confirmación de que los elementos de a bordo y el conocimiento de los respectivos roles cumplan con los estándares de seguridad.
f) Tiempo y nivel de vuelo.
g) Condiciones meteorológicas en ruta. Su efecto sobre el servicio abordo.
h) Cantidad mínima de tripulantes de cabina y habilitaciones vigentes.
i) Pasajeros especiales (con capacidades diferentes, detenidos, VIP, etc.)
j) Cargas/mercancías peligrosas.
k) Toda otra información que el Comandante considere importante.
l) Breve revisión de las acciones a tomar en caso de situaciones anormales o de emergencia, tales como incapacitación de un miembro de la tripulación de vuelo, despresurización de la cabina, fuego o humo a bordo, aterrizaje de emergencia o Ditching y evacuación de la aeronave.

Figura 29. Briefing a la tripulación de cabina

Además, como se observa en la figura anterior, entre las referencias a contener en dicho *briefing*, el punto “g” contempla las condiciones meteorologicas en ruta y su efecto sobre el servicio a bordo.

1.16 Ensayos e investigaciones

Los datos obtenidos de ambos registradores fueron enviados a La *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile* (BEA), que elaboró un informe del suceso (ver Apéndice 1).

Las condiciones iníciales de la aeronave previo al ingreso al área de turbulencia severa fueron las siguientes:

b) UTC 18:22:20 - Initial condition before entering the turbulence

- The F/O was the pilot flying
- Gross Weight: 176.7T
- CG: 38.1%
- Slats/Flaps configuration: Clean (0°/0°)
- Altitude: FL390
- Speed: M0.81 (Managed mode)
- Autopilot 2 and both FDs engaged in ALTCRZ / HDG modes
- A/THR was active in Mach mode
- Navigation Display (ND):
  - Captain ND: 10NM /ARC mode
  - F/O ND: 20NM / ARC mode
- Weather radar mode: WXR / TURB

Figura 30. Condición inicial antes de entrar en turbulencia

Al ingreso al área de turbulencia severa la aeronave realizó variaciones de velocidad entre 0.81 y 0.85 Mach. El empuje seleccionado estaba en 82% y había variaciones de la fuerza “G” entre +1 y + 1.7 G, un ángulo de cabeceo (*pitch agle*) que decreció de +2.8 a +1.4 y una variación del ángulo de ataque (AOA) entre +0.7º y +3.8º. Posteriormente la tripulación cambio el *mach mode* de *manage* a *selected* con una selección de velocidad de 0.72 mach.

Con referencia al vuelo automático, el A*utopilot* (AP2) se desconectó de forma involuntaria en dos oportunidades. La primera desconexión se debió a un incremento del ángulo de ataque de 7º que superó el valor de protección de desconexión del sistema. Para las condiciones de vuelo de la aeronave en ese momento, el valor máximo era 5º de ángulo de ataque y su incremento fue causado por la propia turbulencia. El AP2 fue reactivado una vez pasada la condición de

turbulencia severa. Sin embargo, sufrió una nueva desconexión debido a una deflexión del comando (del puesto del comandante) en 7º nariz abajo.[4] A partir de este momento la altitud de la aeronave se incrementó a FL 410. Durante el periodo de turbulencia severa los valores de aceleración vertical variaron desde -0.73 a + 1,79 M.

La figura 31 muestra la variación de velocidad entre valores de 0.86 (con alarma de Mach Máximo Operativo [MMO]) a 0.76 Mach. Las palancas de *thrust* fueron colocadas en TOGA, luego entre MCL (*maximum climb thrust*) y MCT (*maximum continuous thrust*) por consiguiente el A/THR fue desconectado.

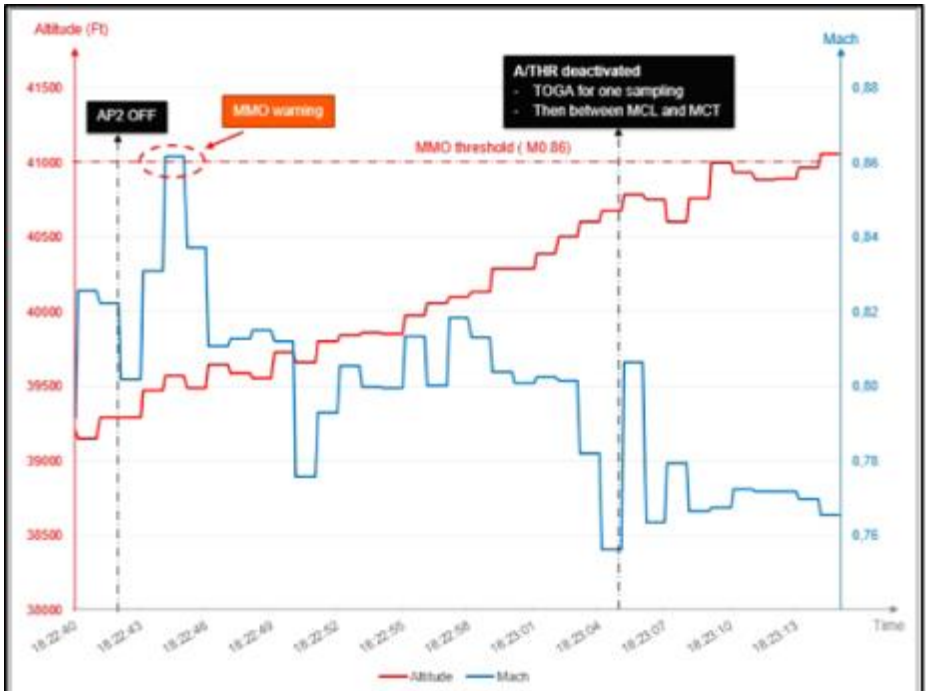


Figura 31. Evolución de altitud y velocidad (mach)

La *Quick Reference Handbook* (QRH), dentro de sus procedimientos anormales y de emergencia, en el capítulo 22.08 *Severe turbulence*, indica que para la condición de peso y nivel de vuelo de la aeronave debía volar a 0,8 de mach y un N1 de 81.2 o 81.3.

4 La desconexión del piloto automático por la deflexión del comando se produce cuando la desviación del comando es mayor de 6 ° en eje lateral y 5 ° en eje longitudinal, por un tiempo superior de 320 milisegundos.

AEROLINEAS ARGENTINAS LV-FNK QUICK REFERENCE HANDBOOK	ABNORMAL AND EMERGENCY PROCEDURES	22.08A 13 SEP 17

SEVERE TURBULENCE

SEAT BELTS.....ON
SPEED and THRUST.....ADJUST

FL	SPD or Mach	WEIGHT (1 000 kg)												
		120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
		N1 (%)												
410	0.8	78.0	78.8	79.8	80.8	81.8	83.4	85.4	-	-	-	-	-	-
390	0.8	76.9	77.7	78.5	79.4	80.3	81.2	82.3	83.8	85.8	-	-	-	-
370	0.8	76.0	76.6	77.4	78.1	78.9	79.7	80.6	81.5	82.5	84.0	-	-	-
350	260	74.2	74.8	75.5	76.3	77.1	78.0	78.8	79.7	80.6	81.7	82.9	84.3	-
330	260	72.9	73.5	74.1	74.8	75.6	76.5	77.4	78.3	79.2	80.1	81.1	82.2	83.5
310	260	71.3	72.1	72.9	73.6	74.3	75.0	75.9	76.8	77.7	78.7	79.7	80.6	81.7
290	260	69.8	70.5	71.3	72.2	73.0	73.8	74.5	75.4	76.3	77.2	78.2	79.3	80.2
270	260	68.7	69.3	70.0	70.7	71.6	72.5	73.2	74.1	75.0	75.9	76.7	77.6	78.8
250	260	67.3	67.8	68.4	69.1	69.9	70.7	71.6	72.5	73.4	74.3	75.2	76.0	76.9
200	240	62.0	62.7	63.4	64.1	64.9	65.7	66.5	67.4	68.3	69.3	70.3	71.4	72.6
150	240	58.5	59.2	59.9	60.7	61.4	62.2	63.0	63.8	64.6	65.4	66.3	67.2	68.2
100	240	54.6	55.3	56.0	56.8	57.6	58.5	59.4	60.3	61.2	62.1	62.9	63.7	64.6
50	240	51.2	51.8	52.5	53.2	54.0	54.8	55.7	56.6	57.6	58.7	59.8	60.8	61.6

KEEP AUTO PILOT ON

- **If excessive thrust variations:** DISCONNECT A/THR

DESCENT TO OR BELOW OPT FL.....CONSIDER

- **FOR APPROACH:**
  A/THR.....ON
  USE MANAGED SPEED

Figura 32. *Abnormal and emergency procedure*

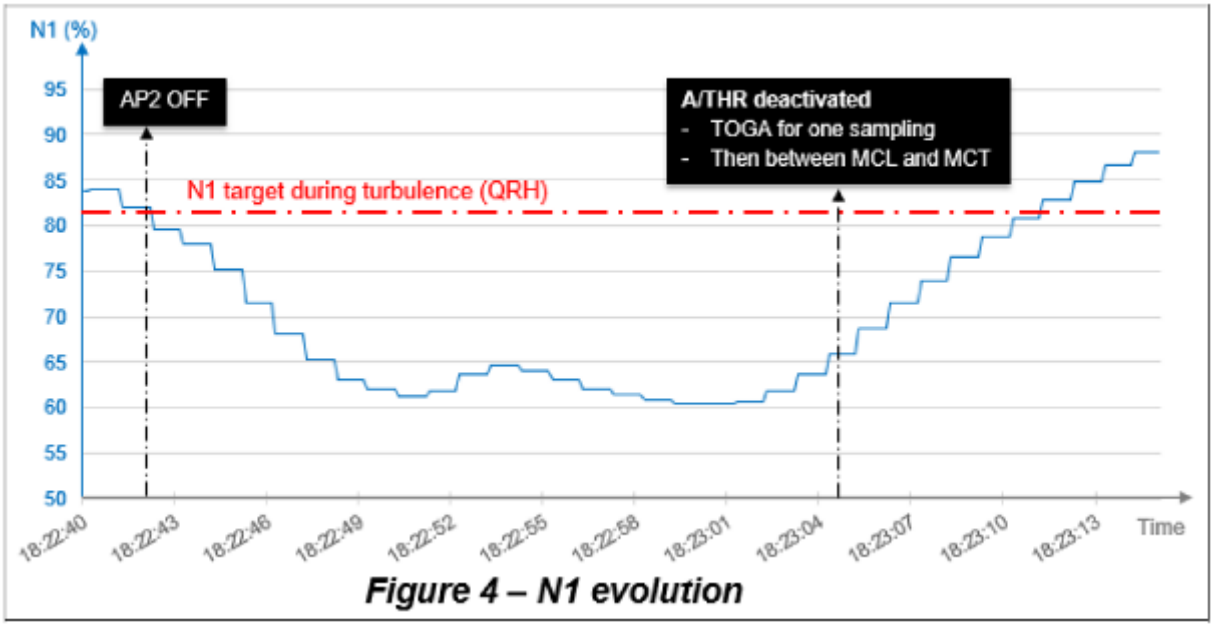


Figura 33. Evolución N1

IF-2022-23536057-APN-DNISAE#JST

La aeronave pertenece a la generación *Airbus fly-by-wire*, que convierte los movimientos de los mandos de vuelo del piloto en señales electrónicas. Los controles de vuelo son electrónicamente controlados e hidráulicamente activados, a excepción del empenaje y estabilizador horizontal que, además, pueden ser controlados mecánicamente.

Durante el vuelo manual causado por la desconexión involuntaria del AP2 se registraron *dual sidestick inputs,*[5] algunas veces en direcciones contrarias. Los datos no evidencian el uso del *sidestick priority push-button* por parte del PF o PM, sistema que permite evitar entradas simultaneas de comandos (entre los pilotos) y activa la prioridad de un comando sobre el otro. En los registros del FDR se observan los inputs simultáneos de cada comando individualmente y la respuesta de la aeronave consolidando ambos comandos.

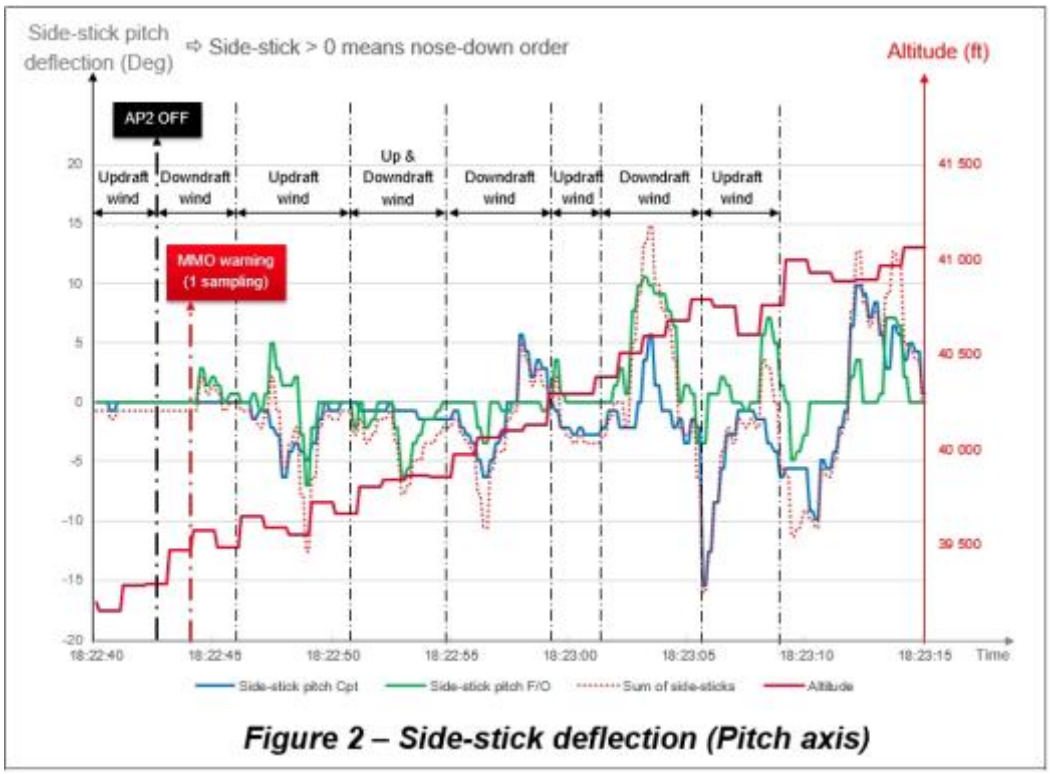
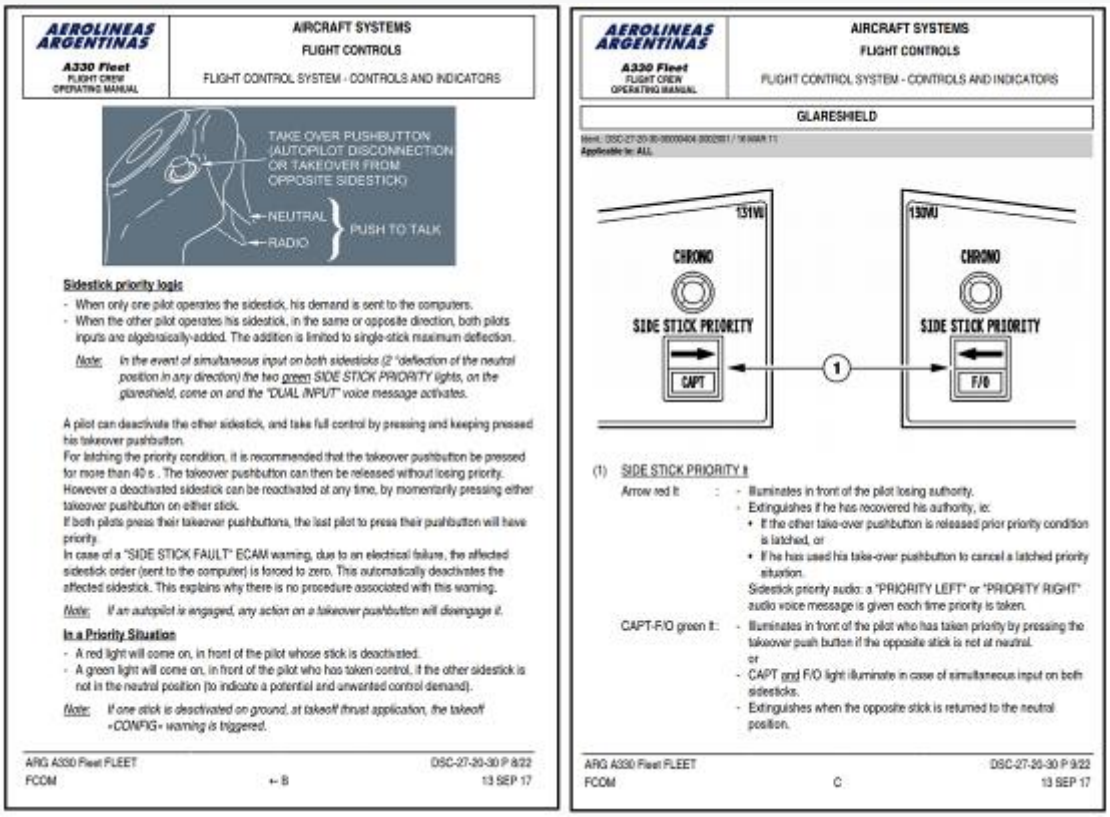


Figura 34. Sumas algebraicas de entradas de comando

El FCOM establece consideraciones operativas y específicas al uso del *sidesticks*.

5 *Dual sidestick inpunts*, corresponde cuando ambos pilotos accionan simultáneamente los mandos de vuelo sin aplicar el botón de prioridad de comandos.



AEROLINEAS ARGENTINAS
A330 Fleet
FLIGHT CREW OPERATING MANUAL

AIRCRAFT SYSTEMS
FLIGHT CONTROLS
FLIGHT CONTROL SYSTEM - CONTROLS AND INDICATORS

Sidestick priority logic
- When only one pilot operates the sidestick, his demand is sent to the computers.
- When the other pilot operates his sidestick, in the same or opposite direction, both pilots inputs are algebraically-added. The addition is limited to single-stick maximum deflection.

Note: *In the event of simultaneous input on both sidesticks (2 "deflection of the neutral position in any direction) the two green SIDE STICK PRIORITY lights, on the glareshield, come on and the "DUAL INPUT" voice message activates.*

A pilot can deactivate the other sidestick, and take full control by pressing and keeping pressed his takeover pushbutton.
For latching the priority condition, it is recommended that the takeover pushbutton be pressed for more than 40 s . The takeover pushbutton can then be released without losing priority.
However a deactivated sidestick can be reactivated at any time, by momentarily pressing either takeover pushbutton on either stick.
If both pilots press their takeover pushbuttons, the last pilot to press their pushbutton will have priority.
In case of a "SIDE STICK FAULT" ECAM warning, due to an electrical failure, the affected sidestick order (sent to the computer) is forced to zero. This automatically deactivates the affected sidestick. This explains why there is no procedure associated with this warning.

Note: *If an autopilot is engaged, any action on a takeover pushbutton will disengage it.*

In a Priority Situation
- A red light will come on, in front of the pilot whose stick is deactivated.
- A green light will come on, in front of the pilot who has taken control. If the other sidestick is not in the neutral position (to indicate a potential and unwanted control demand).

Note: *If one stick is deactivated on ground, at takeoff thrust application, the takeoff «CONFIG» warning is triggered.*

ARG A330 Fleet FLEET — DSC-27-20-30 P 8/22
FCOM — B — 13 SEP 17

AEROLINEAS ARGENTINAS
A330 Fleet
FLIGHT CREW OPERATING MANUAL

AIRCRAFT SYSTEMS
FLIGHT CONTROLS
FLIGHT CONTROL SYSTEM - CONTROLS AND INDICATORS

GLARESHIELD

(1) SIDE STICK PRIORITY ||
Arrow red lit : - Illuminates in front of the pilot losing authority.
- Extinguishes if he has recovered his authority, ie:
  - If the other take-over pushbutton is released prior priority condition is latched, or
  - If he has used his take-over pushbutton to cancel a latched priority situation.

Sidestick priority audio: a "PRIORITY LEFT" or "PRIORITY RIGHT" audio voice message is given each time priority is taken.

CAPT-F/O green lit: - Illuminates in front of the pilot who has taken priority by pressing the takeover push button if the opposite stick is not at neutral.
or
- CAPT and F/O light illuminate in case of simultaneous input on both sidesticks.
- Extinguishes when the opposite stick is returned to the neutral position.

ARG A330 Fleet FLEET — DSC-27-20-30 P 9/22
FCOM — C — 13 SEP 17

Figura 35. Uso del *sidestick*

De la misma manera, el FCTM contiene la filosofía operacional de Airbus y este establece la utilización del comando "de a un piloto a la vez", en relación con las técnicas y consideraciones para el uso del *sidestick* y si el *PM* desea actuar sobre el *sidestick* debe claramente anunciar *"I have control"*, presionar y mantener el *sidestick pushbutton.*

AEROLINEAS ARGENTINAS
A330 Fleet
FLIGHT CREW TECHNIQUES MANUAL

AIRBUS OPERATIONAL PHILOSOPHY
DESIGN PHILOSOPHY
FLY-BY-WIRE - UTILIZATION PRINCIPLES

USE OF SIDESTICK

Ident.: AOP-10-30-20-00016401.0001001 / 20 MAR 17
Applicable to: ALL

Only one pilot flies at a time.

If the PM wants to act on the sidestick, he/she must:
- Clearly announce "I have control"
- Press and maintain his/her sidestick pushbutton, in order to get full control of the Fly-By-Wire system.

The flight crew should keep in mind that sidestick inputs are algebraically added. Therefore dual inputs must be avoided, and will trigger aural and visual alerts.
Either pilot can make an input on their sidestick at any time.
Either pilot can deactivate the other pilot's sidestick by pressing on their sidestick pb.

Figura 36. Filosofía operativa de Airbus con relación al *sidestick*

En relación con el uso de sidestick y prioridad de comandos se puede visualizar en el Apéndice 1, Anexo 2 de este informe la *Operations Training Transmission* (OTT) (referencia 999.0113/17 *Sidestick priority logic takeover-technique-training recommendations)* brindada por Airbus con fecha del 22 de enero del 2018, referente a la lógica de la toma de control de comandos, la técnica y el entrenamiento recomendado.

1.17 Información orgánica y de dirección

La empresa Aerolíneas Argentinas S.A. es la operadora de la aeronave matrícula LV-FNK. Fue fundada en el año 1950 y representa una de las principales compañías aéreas de América del Sur. Desde su base de operaciones en el Aeroparque Jorge Newbery y el Aeropuerto Internacional de Ezeiza en Buenos Aires, Aerolíneas Argentinas vuela a diversos destinos internacionales y nacionales. Además, la empresa es miembro de la alianza global SkyTeam.

Aerolíneas Argentinas S.A. cuenta con un Certificado de Explotador de Servicios Aéreos (CESA) otorgado por la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). Asimismo, tiene implementado un Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS).

Aerolíneas Argentinas S.A. disponía de un programa de instrucción y entrenamiento Inicial para los pilotos y tripulantes de cabina de pasajeros ingresantes, que brindaba una capacitación integral, bajo los lineamientos de la cultura operativa y políticas de la compañía.

La empresa cuenta con un centro de capacitación en las adyacencias del aeropuerto de Ezeiza, (Centro de Formación y Entrenamiento de Pilotos de la República Argentina), donde la compañía además de la instrucción inicial realiza la instrucción recurrente, capacita a sus pilotos periódicamente con un curso teórico anual que abarca todas las áreas técnicas, operativas y reglamentarias, además de brindar entrenamiento en materias como factores humanos.

A su vez el centro de capacitación dispone de simuladores de vuelo de los distintos modelos de aeronaves que conforman la flota de la compañía. Además de la instrucción teórica anual y repetitiva, el programa de instrucción en simulador para los pilotos dispone de un entrenamiento periódico semestral y un control de eficiencia anual. Un piloto es entrenado cada seis meses en distintos escenarios y bajo diversas condiciones meteorológicas, operaciones en tiempo frío y en tiempo cálido, practicando todo tipo de emergencias.

El programa de capacitación dispone además de una sesión Line Oriented Flight Training (LOFT) con una periodicidad de 6 meses para los comandantes y anualmente para los copilotos. Dicha sesión consta de un turno de simulador para una tripulación que consiste básicamente en un vuelo

aleatorio en el cual se plantea un problema no necesariamente técnico, por ejemplo, un inconveniente con el sector de tráfico o del sector rampa, que ocasionan demoras y exige la coordinación con otro sector de la compañía a través del centro de control operacional. Puede también plantearse un escenario en el que haya una situación médica en vuelo con un pasajero acompañado por un factor meteorológico. En estas sesiones un facilitador designado por la compañía supervisa el accionar de la tripulación, en su funcionamiento como equipo de trabajo resolviendo las situaciones simuladas, la coordinación, la comunicación y la interacción con otros sectores de la compañía.

Las sesiones de simulador para la tripulación constan de dos turnos de dos horas cada uno. En el primer turno, uno de los tripulantes cumple funciones de piloto al mando y luego de un descanso donde el instructor puede hacer un *debriefing*, inician otra nueva sesión donde cambian los roles (el piloto que voló el turno anterior pasa a asistir a su compañero de tripulación). Finalizada la sesión integral, el instructor realiza una devolución pormenorizada, completa las planillas correspondientes y registra las observaciones que correspondan.

Además, la gerencia de operaciones dispone de un control de ruta/idoneidad en la que un inspector designado por la compañía realiza un chequeo y evaluación del piloto en un vuelo de línea de todas las fases del vuelo; desde la planificación, la consideración de la meteorología, la interacción con la tripulación, los *briefings*, hasta el aterrizaje y estacionamiento de la aeronave donde se observan diferentes aspectos (*handling*, procedimientos anormales, política de flota, coordinación de cabina, conocimientos teóricos, Crew Resource Management (CRM), interacción con el entorno meteorológico, aptitud al mando, control operacional, conciencia situacional, documentación operativa, evaluación del idioma inglés, entre otros).

Toda esta actividad de entrenamiento, instrucción y control queda registrada en planillas que forman parte del legajo de vuelo de cada piloto y en todas las instancias de instrucción e inspección se contemplan los ítems de *briefing*, consideraciones de meteorología y utilización del radar.

1.18 Información adicional

No aplica.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

La obtención de la información y el análisis se vio facilitado por la disponibilidad de elementos de captura automática de información del FDR, los cuales brindaron los valores sobre la trayectoria y gestión de la aeronave. En cuanto al CVR sólo se dispuso del audio de las últimas dos horas del vuelo hasta el aterrizaje y no fue posible desarrollar el análisis.

El análisis evalúa los factores que pudieron influir en la secuencia de eventos que culminaron con el suceso de turbulencia severa del LV-FNK. El análisis considera los aspectos técnicos-operativos gestionados por la tripulación en lo referente a la trayectoria de la aeronave en el escenario de meteorología adversa, la comunicación con la tripulación de cabina de pasajeros, el servicio de abordo y la notificación Pirep al *Air Traffic Service* (ATS) luego del encuentro con turbulencia.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

La investigación no halló indicios de fallos técnicos que influyeran como factores desencadenantes del suceso. Los daños de la aeronave fueron resultado del impacto de granizo y, en su interior, de los golpes de los elementos que no estaban asegurados, así como de las personas que no se encontraban en sus asientos o sin los cinturones de seguridad ajustados.

<u>Meteorología</u>

Una aeronave experimenta turbulencia cuando se ve alterado el equilibro de las fuerzas en su centro de gravedad, debido a condiciones meteorológicas que afectan instantáneamente la sustentación y la performance de vuelo. Puede haber otras razones causales de turbulencia además de las condiciones meteorológicas, pero en el presente informe el análisis se remite a las condiciones relevantes de la ocurrencia.

La OACI establece la definición de turbulencia severa como los cambios abruptos en la actitud y/o altitud de la aeronave, pudiendo quedar fuera de control durante cortos lapsos. Generalmente hay grandes variaciones de velocidad indicada de la aeronave. Los ocupantes se ven forzados violentamente contra sus cinturones de seguridad y los objetos sueltos pueden ser despedidos.

En cuanto a los radares meteorológicos existentes en la zona del suceso, existe uno que cubre la ruta volada por la aeronave, el de Tabatinga, el cual se encontraba inoperativo. A consecuencia de esto se produjo un déficit de datos para la confección y actualización temprana de SIGMET de tormentas por parte del CMV-AZ.

La región amazónica, en particular la FIR-SBMU (Manaos, Brasil), se caracteriza por ser una región con atmósfera baro trópica, tropical, inestable y con una altura de tropopausa por encima de FL500. Durante el mes de octubre, esta región recibe el máximo de insolación y una fuerte convergencia de los vientos alisos en niveles bajos, favoreciendo condiciones de inestabilidad y desarrollo de convección húmeda profunda. Esta Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se encuentra en la sección del monzón sudamericano, que se inicia en septiembre. Estos sistemas son los que favorecen el desarrollo de sistemas convectivos unicelulares (cumulonimbus) o multicelulares organizados con un ambiente de vientos débiles en todos los niveles de la atmósfera.

En la información contenida en la carpeta de despacho del vuelo, el escenario meteorológico preveía para la ruta formación de núcleos embebidos asociados a actividad convectiva, algunos intensificándose y otros en proceso de disipación; cuyos topes nubosos se reflejaban a una altitud de FL470. Este escenario pronosticado propiciaba tormentas eléctricas, ráfagas de viento, fuerte precipitación, granizo y turbulencia.

A partir de la información obtenida durante la investigación y de las imágenes satelitales se pudo confirmar que las condiciones pronosticadas para la ruta/zona en donde se produjo el encuentro con turbulencia, fueron las que predominaron al momento del paso de la aeronave por allí.

En el contexto meteorológico que se encontraba volando la aeronave se dio un fenómeno que amerita una consideración de análisis particular. La condición de vientos débiles favorece sistemas convectivos de pocas celdas caracterizados por tener un desarrollo muy profundo y abrupto en horas de la tarde/noche. Estos sistemas, cuando las condiciones son adecuadas, pueden alcanzar FL500 o FL600, llegando a la tropopausa o la baja estratósfera. Cabe destacar que, debido a la altura de estos sistemas, existe la fase hielo con posible acreción y desarrollo de granizo/graupel que puede afectar significativamente a una aeronave en niveles medios y altos, pero no en superficie (ver figura 8).

Al momento del encuentro con la turbulencia severa, se verificó en las imágenes satelitales, el surgimiento repentino de un nuevo núcleo convectivo (tercero), con temperaturas de topes nubosos por debajo de 180°K (-90°C) en la posición reportada de la aeronave (ver figura 8). Este nuevo núcleo convectivo se desprende del sistema ubicado a la izquierda de la trayectoria de la

aeronave, indicando que la aeronave se encontró de manera sorpresiva con *overshootings tops* debido a la gran velocidad de las ascendentes características de este tipo de celdas tropicales. En la figura 8, se observa que la velocidad de la ascendente que afectó a la aeronave alcanzaba un valor estimado a 100 KT. Esto sorprendió a la tripulación debido a que la nueva celda convectiva surgió por debajo de la trayectoria de vuelo de la aeronave. Si bien el sistema radar se encontraba en el modo WX+T, el ángulo de la antena *tilt* (sea cual fuera) no puede detectar los ecos asociados a la celda convectiva que originó la turbulencia.

Si se tienen en cuenta los datos del radio sondeo de la estación meteorológica de Río Branco, situado a 100NM aproximadamente del lugar del suceso, se obtiene que la temperatura de brillo de topes nubosos de las 18:30 UTC correspondería a un nivel FL500-FL600 (entre 15 y 18 km de altura aproximadamente). Como no existe cobertura de imágenes de la hora exacta del suceso (18:22UTC), se infiere que los *overshootings tops* del cumulonimbus en cuestión atravesaron el nivel de vuelo FL390 a esa hora, generando cambios abruptos en la performance de la aeronave y la consabida turbulencia severa debido a las corrientes ascendentes.

Este fenómeno de difícil detección temprana se presenta dentro de un contexto de núcleos convectivos. Hecho que refuerza la importancia de la decisión temprana de realizar los desvíos, según las recomendaciones del fabricante y las consideraciones del operador con el objetivo de evitar la zona.

Desempeño operativo

En referencia al escenario pronosticado, el mismo no representaba una condición anormal de operación, conforme con lo manifestado por la tripulación, ya que es habitual encontrar tales condiciones en esa ruta y región; y en ello basaron la decisión de atravesar la zona convectiva para continuar el vuelo al aeropuerto de destino.

Las variaciones del rango del ND, acotando la representación en la pantalla del ND hasta 10-20 NM (antes del evento), denotan que la aeronave se encontraba volando próxima y/o entre los núcleos convectivos. Y las variaciones de rumbo registradas en el FDR, también confirman la necesidad de realizar desvíos a fin de evitar volar dentro de los mismos. En lo que respecta a las variaciones de la antena (tilt), al no ser una variable de registro de la aeronave, no pudo determinarse si la misma se utilizó para estimar los topes nubosos.

Si bien la tripulación manifestó que la representación del ND se perdió momentáneamente a posteriori del encuentro con turbulencia (la pantalla se visualizó en su totalidad de color rojo), la información representada en el ND no se registra de ninguna manera en la aeronave. Sí, en

cambio, la aeronave cuenta con un sistema de registro de falla de sus sistemas durante el vuelo, que a posteriori se puede obtener e imprimir (*Post Flight Status Report*). En el vuelo de referencia no consta registro de fallas en el sistema del radar meteorológico de abordo.

La recomendación operativa dentro del FCTM es evitar volar en zonas convectivas, asociadas a nubes de tormenta, ya que representan en sí mismas un riesgo para la operación, debido a los fenómenos mencionados que las caracterizan; y para ello se resalta la importancia de la decisión temprana de realizar un desvío, estableciendo una anticipación de 40NM.

Cabe mencionar que resulta factible pensar en un desvío anticipado cuando lo que se presenta delante es un núcleo aislado, o una línea de inestabilidad bien delimitada; a diferencia de lo que implica realizar tales desvíos navegando en un área convectiva entre varios núcleos. En este caso la tripulación no realizó un desvío anticipado, ya que atravesó el área convectiva buscando un paso por un estrecho de aproximadamente de 10 millas entre dos sistemas convectivos, según lo observado en el radar.

Otra consideración, de ser factible, es desviarse a barlovento de los núcleos ya que usualmente hay menos turbulencia y granizo allí. En lo posible evitar el área de mayor amenaza identificada, al menos a 20 NM de distancia. Aplicar un margen adicional si los núcleos son muy dinámicos. Por lo que se visualiza en las imágenes en referencia a la trayectoria de la aeronave respecto de los núcleos, se puede inferir que la misma realizó el paso a barlovento según lo establecido en el FCTM.

Configuración de la aeronave

De acuerdo al registro del FDR, la configuración inicial antes del encuentro con turbulencia refiere que el Primer Oficial era el PF y el piloto automático AP2 estaba activado. La aeronave volaba en los siguientes modos: ALTCRZ (mantener altitud de crucero) a un nivel de vuelo de 390, HDG (rumbo) el cual era modificado por el piloto que volaba con la intención de evitar ingresar en las células convectivas y el *A/THR* se encontraba en *manage mode* M 0.81.

Luego del ingreso a la zona de turbulencia severa, el *mach mode* fue selectado en 0.72. El procedimiento correspondiente "*severe turbulence procedures",* de la QRH, indica la selección del valor M 0.8 de velocidad indicada.

En estas condiciones se desconectó el AP2, sin acción de la tripulación, debido al ángulo de ataque alcanzado por la aeronave el cual hizo accionar la protección de AOA denominada ALPHA FLOOR (El AOA fue igual o mayor a 7º). Con la protección ALPHA FLOOR y el *autothrust* conectado se activa máximo empuje independientemente de la posición de las palancas de

A/THR. Esta protección se activa cuando el ángulo de ataque de la aeronave está por encima de un umbral determinado en función de la configuración de la aeronave.

Una vez que la aeronave pasó de manera involuntaria a control manual, se produjeron entradas (*inputs*) simultáneas en ambos comandos (izquierdo y derecho), a veces en dirección opuesta. La evidencia no indica que se haya utilizado el botón de prioridad de comandos. Cuando ambos *sidestick* laterales se utilizan al mismo tiempo sin utilizar el botón de prioridad de comandos, las deflexiones de estos se suman algebraicamente, provocando una reacción de la aeronave que no obedece a ninguno de las dos entradas. Incluso en algunos casos puede ser nula. El sistema limita la acción a la deflexión máxima correspondiente a la de un solo sidestick lateral siendo estos valores máximos de (16 ° del eje de cabeceo y 20 ° del eje de rolido).

Cabe destacar que, por diseño de la aeronave, cada miembro de la tripulación de vuelo opera de manera independiente su *sidestick*, no pudiendo observar la posición del otro ni sus movimientos.

Para que esto no suceda, Airbus establece el uso del comando “de a un piloto a la vez”, en su filosofía operacional referida a las técnicas y anuncios para el uso del *sidestick*, pudiendo cualquiera de los pilotos pulsar el botón de prioridad de comando para anular al otro comando y obtener el control solo en un sidestick. Automáticamente un aviso audible de prioridad izquierda o derecha informará a la tripulación de vuelo sobre el lado que tiene la prioridad, además aparecerá una flecha roja en el protector antideslumbrante y señalará la dirección del miembro de la tripulación de vuelo que tiene la prioridad.

De manera complementaria quien pulsa el botón para tomar el control deberá realizar el *callout* anunciando: *“I have control”* (tengo el control), el que será respondido con el *callout “You have control”* (tuyo el control). Dado que no se obtuvieron datos del CVR del momento del suceso, no se pudo comprobar si se realizaron los mencionados *callouts.*

La aeronave ascendió a FL 410 en concordancia con la información registrada por el radar de vigilancia, y la velocidad alcanzó el valor de 0.862 con la consecuente alarma de MMO warning. El tránsito de la velocidad hacia la MMO *warning* se debió a una ráfaga (*gust*) de viento de frente, de aproximadamente 46 kt.

Luego de alcanzarse la velocidad 0.86 M el N1 fue decreciendo desde 82% hasta estabilizase en un valor aproximado de 62% debido a una selección de velocidad indicada de 0.72 M. Posteriormente las palancas fueron colocadas hacia TOGA, luego entre MCL y MCT y consecuentemente el A/THR fue desactivado.

A medida que la turbulencia fue decreciendo la tripulación activó el AP2. Sin embargo, cinco segundos después el AP2 fue nuevamente desactivado involuntariamente debido a un *Captain sidestick inputs* más allá de su límite de deflexión de 7º (*pitch down*). La desconexión del AP por la acción del comando de sidestick ocurre cuando la deflexión es mayor a 6º en el eje lateral y 5º en el eje longitudinal. Al finalizar la turbulencia severa la aeronave se encontraba volando a FL 380. Las palancas de A/THR fueron puestas en MCL y el A/THR y AP2 fueron reconectados.

Notificación al ATC de la turbulencia

Más allá de que las aeronaves están diseñadas, desarrolladas estructuralmente y certificadas para soportar las cargas asociadas a turbulencias ligeras, moderadas y severas, los fabricantes y operadores promueven evitar volar en esa condición. Cuando no fuera posible evitarla, o se diera un encuentro imprevisto con ella, es importante la comunicación de advertencia al ATC con el fin de que otros tránsitos en ruta/zona puedan evitar estas condiciones.

De manera complementaria, la tripulación deberá reportar tal situación a través de la comunicación con la ACC para la emisión de un AIREP especial (ARS), que constituye un mensaje informando condiciones meteorológicas con carácter de urgencia. El procedimiento consiste en avisar a la ACC correspondiente a la UIR/FIR respectiva. La oficina de tránsito aéreo codifica la información en formato FM42 AIREP para luego ser enviada a las Oficinas de Vigilancia Meteorológica otras ACC y en forma radiofónica para tripulaciones de otras aeronaves en el espacio aéreo notificado. De acuerdo con el ACC Amazonas no se registraron informes o reportes de turbulencia por parte de la tripulación.

Briefing

En términos generales, al volar en un escenario de meteorología adversa hay algunas consideraciones que resultan en barreras defensivas para la seguridad de operación del vuelo; como lo son la preparación de cabina -briefing en vuelo- y la defensa a través de los cinturones de seguridad colocados y ajustados.

El briefing del vuelo entre la tripulación técnica y la tripulación de cabina se realizó en el aeropuerto de Miami, con toda la información contenida en la carpeta de vuelo. En el área del suceso había pronóstico de nubosidad convectiva, y el índice de turbulencia SR (en aire claro) era bajo.

En la ruta realizada por la aeronave, y en la zona en la que se produjo la ocurrencia, (de acuerdo con los tiempos estipulados para ese vuelo) es habitual que se realice el servicio de almuerzo, a no ser que haya un aviso de advertencia (briefing) por parte de la tripulación técnica a la

tripulación de cabina respecto de cuestiones técnicas y/o meteorológicas que resulten en la postergación o suspensión del servicio. De acuerdo con lo manifestado, no se realizó ningún tipo de comunicación de advertencia previo al suceso. Por lo tanto, la tripulación técnica se encontraba almorzando en el *cockpit,* la tripulación de cabina estaba realizando el servicio del almuerzo, y varios pasajeros se encontraban circulando por los pasillos y *galleys*.

Al momento del encuentro con la turbulencia severa el cartel indicador de “cinturones colocados y ajustados” se encontraba apagado. Este fue encendido una vez que la aeronave se encontró en esa condición/situación y experimentó el fenómeno turbulencia severa.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente

- ✓ Las condiciones meteorológicas informadas a la tripulación en el despacho de la aeronave no alertaban de las condiciones de turbulencia severa durante el vuelo.
- ✓ La tripulación no recibió alertas de fenómenos significativos en ruta por parte del proveedor de servicios meteorológicos para la navegación aérea de la FIR del suceso.
- ✓ El estado no operativo del radar Tabatinga impidió un análisis temprano que permitiera la elaboración de un SIGMET de tormenta para la actualización de la información meteorológica de la zona.
- ✓ Antes de ingresar en turbulencia severa, el ND del puesto izquierdo fue selectado a un rango de 10 MN y el ND del puesto derecho fue selectado a un rango de 20 MN. El modo radar se cambió de modo WXR a WXR/TURB.
- ✓ La aeronave voló en un área de condiciones meteorológicas adversas, donde la tripulación encontró condiciones de turbulencia severa.
- ✓ Previo al ingreso a la zona de turbulencia severa la tripulación solicitó desvíos de su ruta para evadir núcleos convectivos.
- ✓ La aeronave navegó por un espacio aproximado de 10 millas entre dos núcleos convectivos.
- ✓ Dentro de este espacio, la aeronave se encontró de manera imprevista con una nueva (tercera) celda convectiva que se venía desarrollando con una velocidad de ascenso estimada en 100 kt.
- ✓ La nueva celda convectiva no fue detectada por el radar y el sistema radar de la aeronave no permite la detección de celdas convectivas por debajo del ángulo máximo del tilt de la antena.
- ✓ La aeronave ascendió de 390 a 410 debido a la turbulencia severa con la que se encontró.

- ✓ La aeronave alcanzó un MMO equivalente a 0,862 debido a un gradiente de viento de frente de 46 kt.

- ✓ Durante la turbulencia severa la tripulación colocó el A/THR en *selected mode* con una velocidad selectada de 0.72 en divergencia con la velocidad sugerida para volar en turbulencia severa 0.80 M.

- ✓ Las protecciones automáticas de AOA denominada ALPHA FLOOR fue activada, con el consecuente incremento del autothrust a máximo empuje.

- ✓ El AP2 se desconectó involuntariamente por la condición de gran AOA y la tripulación tomó los mandos de forma manual.

- ✓ Durante la maniobra de recuperación de la actitud anormal de la aeronave debido al encuentro con turbulencia severa se evidenciaron *sidestick inputs* algunos de los cuales fueron en direcciones opuestas, alcanzando en algunos casos valores máximos.

- ✓ El comando de *priority push-button* no fue accionado.

- ✓ Luego de reconectar el AP2, este fue desconectado involuntariamente debido a una condición de *sidestick input.*

- ✓ La aeronave experimentó condiciones de turbulencia severa, por al menos un minuto.

- ✓ La tripulación de cabina no recibió una comunicación por parte de la tripulación técnica, sobre la previsión de condiciones meteorológicas adversas posibles.

- ✓ El cartel indicador de “cinturones ajustados” se encontraba apagado.

- ✓ En el momento de la turbulencia severa la tripulación de cabina se encontraba brindando el servicio de almuerzo.

- ✓ La investigación identificó que los parámetros de la aeronave durante el encuentro con la turbulencia severa, tuvieron como consecuencia una aproximación a una pérdida de control en vuelo.

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

La investigación identificó otro factor relacionado con el incidente, con potencial impacto en la seguridad operacional:

- ✓ Posterior al suceso no se registraron comunicaciones/reportes de turbulencia severa de la aeronave al ACC.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A Aerolíneas Argentinas S.A.

La investigación identificó que como consecuencia del ingreso a una zona de turbulencia severa, se produjo un desfajase significativo respecto a los parámetros normales de vuelo, provocando inclusive la activación de las protecciones de la aeronave por exceso de AOA. Asimismo, las maniobras realizadas para recuperar la trayectoria y los parámetros, presentaron un potencial de pérdida de control de la aeronave. Por ello se recomienda:

RSO AE-1881-22

Incluir en las sesiones de simulador (de acuerdo con la tecnología disponible) u otros tipos de entrenamientos operacionales, un escenario de ingreso sorpresivo a zona de turbulencia severa, incluyendo la recuperación de la aeronave de parámetros inusuales (exceso de AOA, desconexión sorpresiva de AP, sobrepaso de la MMO, ascenso no controlado).

RSO AE-1883-22

Modificar el entrenamiento de instrucción a partir de las OTT Ref. 999.0113/17 desarrollada por el fabricante.

RSO AE-1884-22

Realizar una gestión de riesgo operacional y garantía de seguridad, a través de los datos de vuelo brindados por el FQA, que contemple el monitoreo y detección de sistemas convectivos, en la zona tropical/amazónica con el fin de elaborar medidas de mitigación, referidas al planeamiento y ejecución de vuelos, que eviten incidentes y/o accidentes relacionados a turbulencias.

APÉNDICE 1

AIRBUS

Aerolineas Argentinas

A330 MSN358 (LV-FNK)

Severe turbulence

October 18, 2018

Airbus Report

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

Reference : GSI 420.1002/19 issue 1 (Xavier Barriola) date : 06 February 2019 1/19

AIRBUS

TABLE OF CONTENTS

1 EVENT DESCRIPTION 5
2 AIRCRAFT INFORMATION 5
3 WEATHER INFORMATION 6
3.1 WEATHER DATA 6
3.2 WIND ASSESSMENT 7
4 FLIGHT DATA 8
4.1 FLIGHT DATA READOUT 8
4.2 FLIGHT DATA SUMMARY 15
6 ADDITIONAL INFORMATION 16
6.1 LOADS ASSESSMENT 16
6.2 MAINTENANCE RECOMMENDATIONS 16
6.2.1 Part to be inspected 16
6.2.2 Inspection tasks and results 17
6.3 POST FLIGHT REPORT (PFR) 17
7 SUMMARY 18
8 OPERATIONAL CONSIDERATIONS 19
8.1 DUAL SIDE-STICK INPUTS 19
8.2 USE OF WEATHER RADAR 19

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

AIRBUS

INTRODUCTION

The sole objective of this report is to prevent reoccurrence. It is not aimed to apportion blame or liability.

This report has been compiled thanks to the information available at Airbus at the date of its publication and could be updated should new information becomes available.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

ABBREVIATION

AFS	Auto Flight System
ALT	Altitude
AMM	Aircraft Maintenance Manual
AOA	Angle Of Attack
AP	Auto Pilot
A/THR	Auto Thrust
CAS	Computed Air Speed
CONF	Configuration
DFDR	Digital Flight Data Recorder
FCOM	Flight Crew Operating Manual
FCPC	Flight Control Primary Computer
FCTM	Flight Crew Training Manual
FLT	Flight
FCU	Flight Control Unit
FD	Flight Director
F/O	First Officer
HTP	Horizontal Tape Plane
INR	Inner
ND	Navigation Display
NM	Nautical Miles
OTT	Operations Training Transmission
PFD	Primary Flight Display
PFR	Post Flight Report
PF	Pilot Flying
PM	Pilot Monitoring
QRH	Quick Reference Handbook
TFU	Technical Follow Up
THS	Trimmable Horizontal Stabilizer
TK	Tank
TURB	Turbulence
UTC	Universal Time Coordinated
WX	Weather

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

AIRBUS

1 EVENT DESCRIPTION

During flight Miami/Buenos Aires, while flying above North of Sena Madureira, Amazonia, Brazil, the aircraft experienced a severe turbulence.
Ten passengers and four crewmembers were injured.

The event is the subject of an Annex 13 investigation led by the JIAAC of Argentina with the French BEA as accredited representative.

2 AIRCRAFT INFORMATION

Aircraft type: A330-223
Manufacturer Serial Number: 358
Registration: LV-FNK
Engines type: PW4168A
Flight Hours*: 60806
Flight Cycles*: 11089

* Information known at Airbus at time of event.

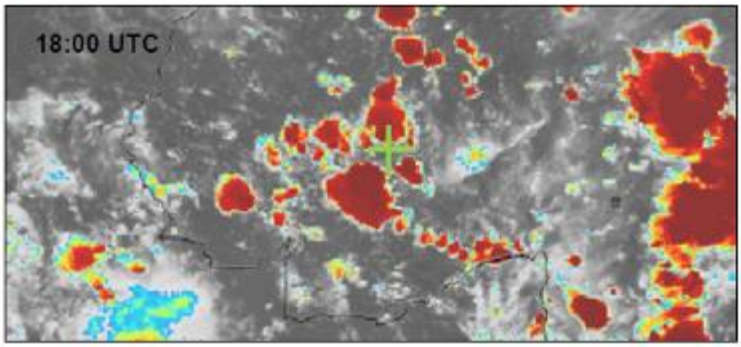
© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

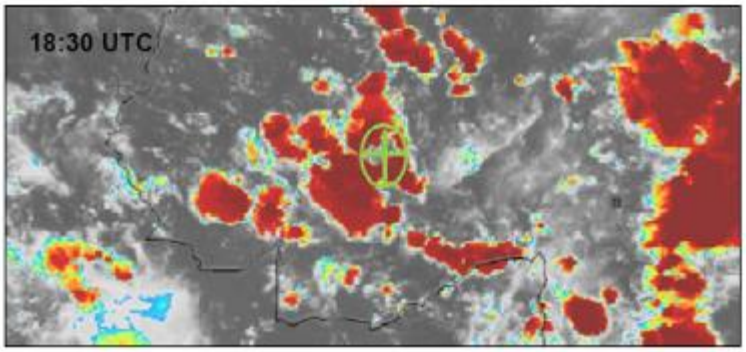
AIRBUS

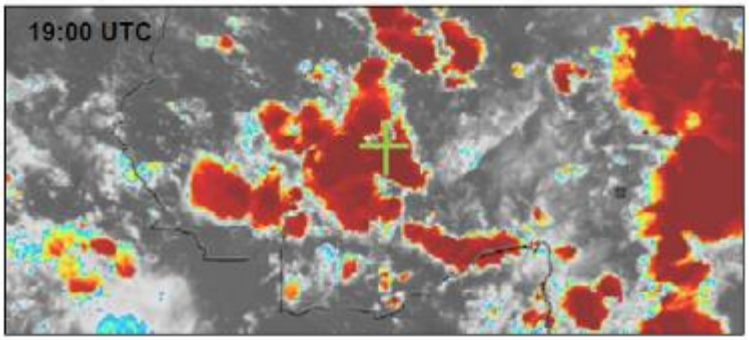
3 WEATHER INFORMATION

3.1 Weather data

The below pictures show the evolution of the meteorological conditions between 18:00 UTC and 19:00 UTC. According to the flight data analysis, the severe turbulence was experienced between 18:22:20 and 18:23:15.
The green cross represents the localization of the aircraft.



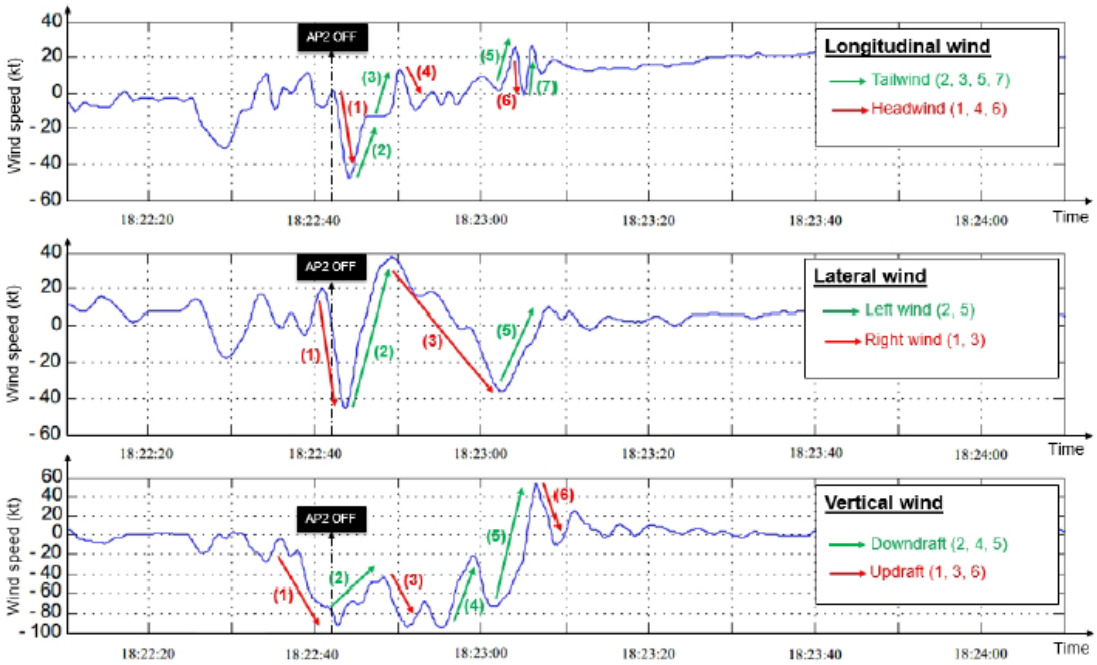




© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

3.2 Wind assessment

The wind has been assessed on the three axis thanks to the flight data.
It confirms a severe turbulence which lasted about 1mn.



© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

4 FLIGHT DATA

The analysis has been carried out from data extracted from a DFDR (128wds/sec).
The associated plots are available in annex1.

4.1 Flight data readout

a) *Navigation Displays (NDs) and Weather Radar selections before the turbulence*

Captain's ND was in ARC mode:
- At UTC 18:18:10 (About 4mn before entering the turbulence) the range changed from 80NM to 40NM
- At UTC 18:19:10 the range changed from 40NM to 20NM
- At UTC 18:21:18 the range changed from 20NM to 10NM

F/O's ND was in ARC mode:
- At UTC 18:18:42 (About 4mn before entering the turbulence) the range changed from 80NM to 40 NM
- At UTC 18:21:46 the range changed from 40NM to 20NM

Radar:
- At UTC 18:18:10 (About 4mn before entering the turbulence) the radar mode changed from WX to WX/TURB

Note 1: The NDs and the weather radar stayed in the same configuration during the event. The weather radar tilt is not recorded by the DFDR.
Note 2: Useful information on the use of the weather radar are available in Annex 3.

Comment:
- WX : Weather mode:
  The ND indicates precipitation areas. Colors indicate the intensity of precipitation (black for the lowest intensity, green, amber and red indicate progressively higher intensities).
- WX/TURB: Weather and Turbulence mode:
  The ND indicates precipitation and turbulence areas. Turbulence areas are displayed in magenta (within 40 NM).

b) *UTC 18:22:20 - Initial condition before entering the turbulence*
- The F/O was the pilot flying
- Gross Weight: 176.7T
- CG: 38.1%
- Slats/Flaps configuration: Clean (0°/0°)
- Altitude: FL390
- Speed: M0.81 (Managed mode)
- Autopilot 2 and both FDs engaged in ALTCRZ / HDG modes
- A/THR was active in Mach mode
- Navigation Display (ND):
  - Captain ND: 10NM /ARC mode
  - F/O ND: 20NM / ARC mode
- Weather radar mode: WXR / TURB

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

c) Between UTC 18:22:20 & 18:22:29 – Start of the turbulence

- The Mach varied between 0.81 and 0.85
- Thrust (N1) was at 82%
- Vertical G variations between +1G and +1.7G
- Pitch angle decreased from +2.8° to +1.4°
- AoA variations between +0.7° and +3.8°

Analysis:
The wind assessment (refer to §3.2) confirms that the aircraft encountered a severe turbulence.

d) At UTC 18:22:30

The Mach mode became "Selected" with a target of 0.72, up to UTC 18:24:30.
Comment:
According to QRH 22.08A (Severe Turbulence), at FL390 and for a weight of 176.7T:

- The Mach should be adjusted at 0.8
- The thrust (N1) should be adjusted around 82%

The Selected Mach target (0.72) was thus lower than the one recommended by the QRH (0.8).

AEROLINEAS ARGENTINAS A330/A340 QUICK REFERENCE HANDBOOK	ABNORMAL AND EMERGENCY PROCEDURES	22.08A 04 DEC 18

SEVERE TURBULENCE

SEAT BELTS.....ON
SPEED and THRUST.....ADJUST

FL	SPD or Mach	WEIGHT (1 000 kg)												
		120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
		N1 (%)												
410	0.8	78.0	78.8	79.8	80.6	81.8	83.4	85.4	-	-	-	-	-	-
390	0.8	76.9	77.7	78.5	79.4	80.3	81.2	82.3	83.8	85.8	-	-	-	-

e) Between UTC 18:22:31 & 18:22:42 – Altitude increase and autopilot disconnection

- The Mach varied between 0.78 and 0.82
- The N1 increased from 82% to 88% before decreasing again to 82%
- Updraft wind was experienced between UTC 18:22:36 and 18:22:41 (Refer to §3.2)
  - The pitch angle increased up to +5°
  - The altitude started to increase from FL390
  - The vertical G increased up to +1.77G
  - The AoA increased up to +7°
  - The elevator position increased up to 7° (downward ⇨ pitch-down order).
- The autopilot 2 disconnected at UTC 18:22:42

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

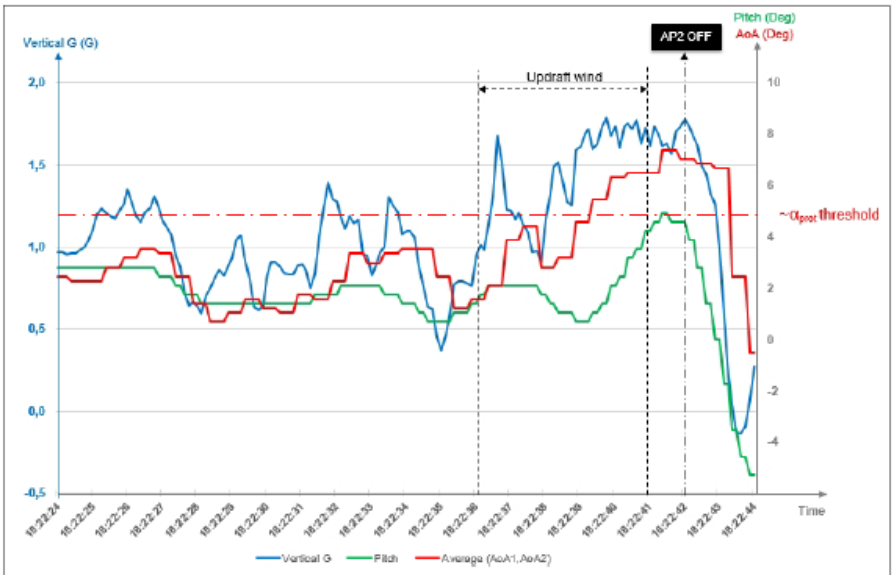


Figure 1 – Flight parameters variations

Analysis:

- Whereas the autopilot was engaged, the variations of the flight parameters (pitch, AoA, vertical, Mach, altitude) were the consequence of the turbulence (refer to figure 1).
- The elevator movement (pitch-down order) was commended by the autopilot to compensate the altitude increase generated by the turbulence.
- The autopilot 2 disconnection was involuntary (Refer to §5.3) and was caused by the AoA protection (α_{prot}) activation. Indeed in clean configuration and for Mach>0.53, the autopilot disconnects when $\alpha_{(filtered\ 3s)} \geq \alpha_{prot} + 0.7°$.
  For the subject event, with a Mach variation between M0.81 and M0.85, the α_{prot} threshold was between +4° and +4.6°.
  Note: $\alpha = (AoA1 + AoA2)/2$

f) Between UTC 18:22:42 & 18:23:15 – Severe turbulence area

- Manual control (Refer to Figure 2):
- Large dual side-stick inputs, sometimes in opposite direction
- No use of side-stick priority push-button
- The sum of both side-stick inputs corresponded often to nose-up orders (refer to red dot line on Figure 2).

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

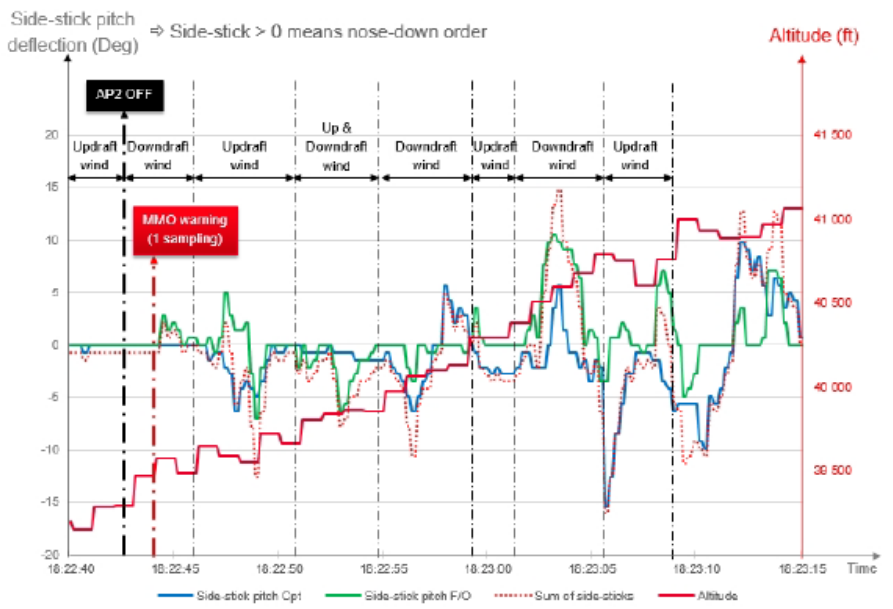


Figure 2 – Side-stick deflection (Pitch axis)

Comment:
When both side-stick are used at the same time with no use of the priority push-button, their inputs are algebraically added. However, the maximum is limited to the maximum deflection of a single side-stick (16° of pitch axis and 20° on roll axis).

- Vertical and lateral load factors:
  - Lateral G variations between +0.175G and -0.113G
  - Vertical G variations between +1.78G and -0.73G

- Aircraft attitude:
  - Pitch variations between -5.6° and +15°
  - AoA variations between -3° and +10°

- Mach, thrust and altitude (refer to Figures 3 & 4):
  - The altitude was still increasing toward FL410
  - The Mach target was still "Selected" at 0.72
  - The Mach increased to 0.862 before decreasing again. MMO warning triggered during one sampling when M0.86 was reached at UTC 18:22:44
  - The N1 decreased from 82% to stabilize around 62% until about UTC 18:23:02. At UTC 18:23:04 the thrust levers were put to TOGA for one sampling, then between MCL and MCT. Consequently, the A/THR deactivated.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

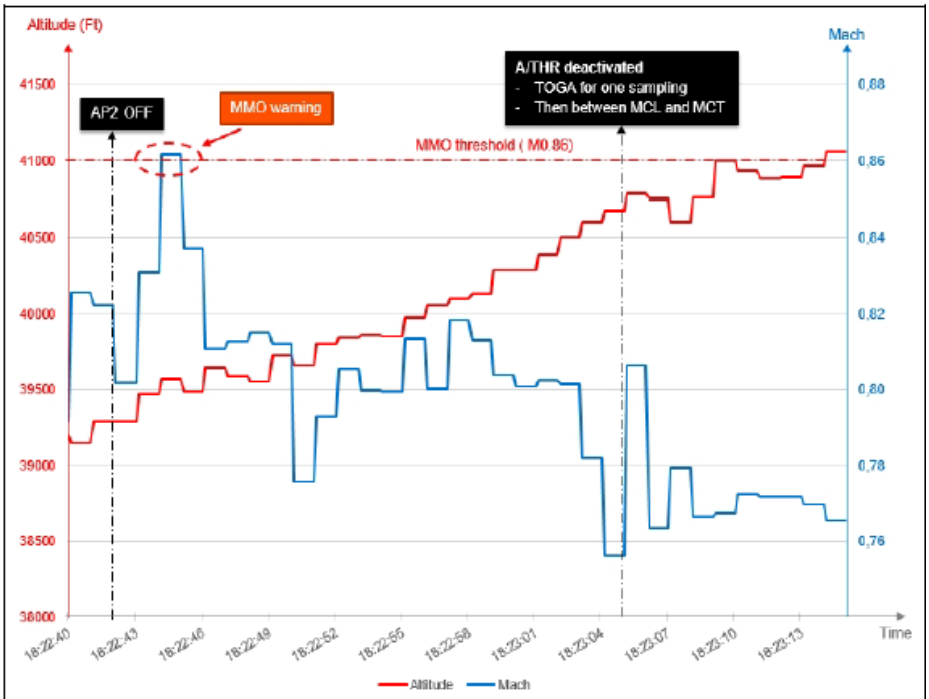


Figure 3 – Altitude and Mach evolution

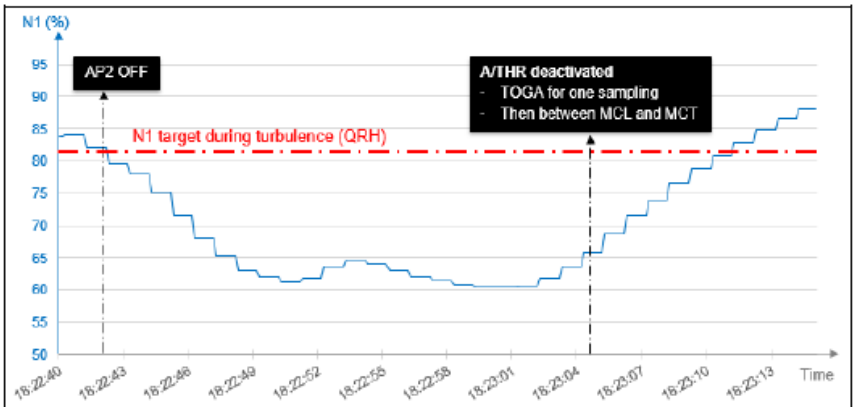


Figure 4 – N1 evolution

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

Analysis:

- The transient MMO warning was caused by a headwind gust (refer to Figure 5) of 46kt at 23kt/sec. The overspeed warning was triggered when the Mach exceeded MMO+M0.006, and lasted until Mach was below MMO (M0.86).
  The N1 decrease to 62% was caused by the Selected Mach target at 0.72, which was lower than the target recommended by the QRH 22.08A (Severe Turbulence).

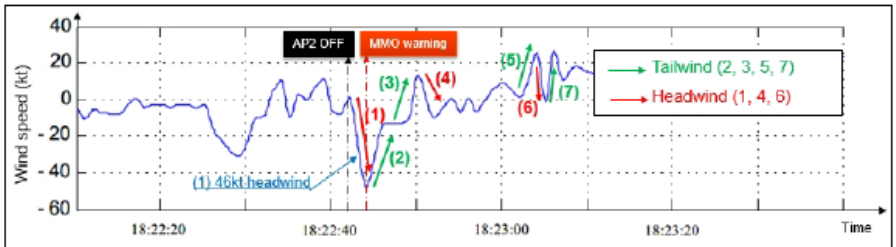


Figure 5 – Longitudinal wind

- Downwash hysteresis events (refer to Figure 6):
  At high aircraft AoA values (greater than α_{max}), an aerodynamic non-linear phenomenon called "Downwash hysteresis" is encountered. This phenomenon creates a significant pitch down moment with abrupt decrease of aircraft AoA, pitch and Vertical G.
  During the turbulence, the aircraft experienced two downwash hysteresis events when the AoA values were respectively at +7° for the first time and +10° for the second time.
  These AoA values of +7° and +10° were greater than α_{max}.
  For 0.75<Mach<0.86 ⇨ 6° < α_{max} < 5°.

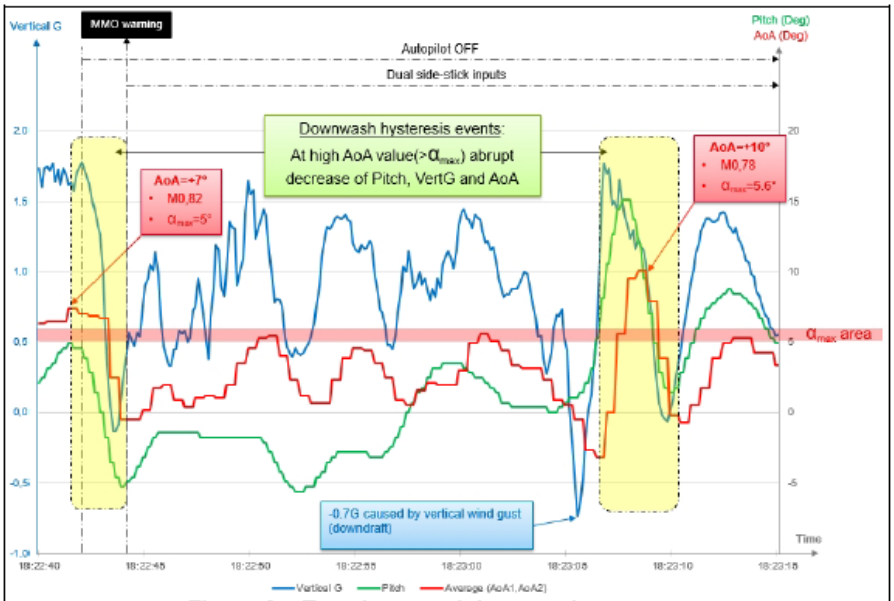


Figure 6 – Two downwash hysteresis events

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

- Between the two "Downwash Hysteresis" events (refer to figure 6) the large variations of Vertical G, AoA and pitch were caused both by the turbulence (refer to §3.2) and by the various side-stick inputs (refer to figure 2). During this period, the AoA (α) stayed below α_{max}.

  Around UTC 18:23:06, the vertical G dropped to -0.7G. This drop was caused by a downdraft wind gradient of 125kt at 25kt/sec (refer to Figure 7).

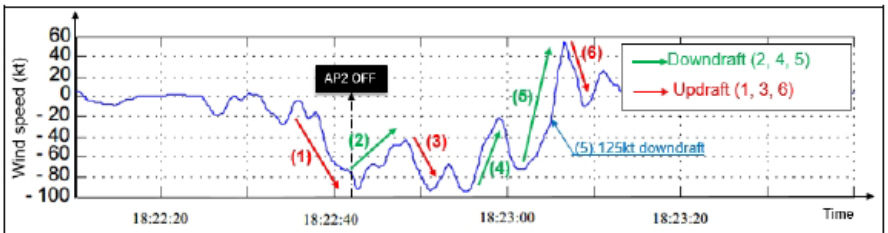


Figure 7 – Vertical wind

g) Between UTC 18:23:17 and 18:23:22 – Autopilot activation and deactivation

- The magnitude of the turbulence was decreasing
- The autopilot 2 was re-engaged at UTC 18:23:17
- At UTC 18:23:22 the autopilot disengaged further to Captain side-stick inputs up to a deflection of 7° (pitch-down inputs)
- No F/O side-stick input was recorded during this period

Analysis:
The autopilot disconnection by side-stick force occurs when the side-stick deflection is greater than 6° on lateral axis and 5° on longitudinal axis, with a confirmation time of 320ms. For the subject event, the autopilot 2 disconnection occurred for a Captain side-stick deflection of 7° (pitch-down).

h) From UTC 18:23:22 until the end of the flight

- The altitude decreased toward FL380
- The A/THR lever were put to MCL at UTC 18:23:29 ⇨ The A/THR reactivated
- The autopilot 2 was re-engaged at UTC 18:23:51
- The turbulence stopped and the remaining flight was uneventful.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

4.2 Flight data summary

The following has been highlighted from the flight data analysis:

About 4mn before entering the turbulence, both NDs range changed from 80NM to 40NM. Then before entering the turbulence the Captain's ND was set to 10NM, and the F/O's ND was set on 20NM. The weather radar mode changed from WXR to WXR/TURB.

The aircraft entered a severe turbulence that lasted about 1mn. During the turbulence:

- The autopilot disconnected on high AoA condition (α_{prot} condition), and the manual control was done from both sides with large side-stick inputs, sometimes in opposite direction. There was no use of the priority push-button.
- MMO warning triggered during one sampling, when the Mach increased transiently above M0.86 due to a head wind gradient of 46kt.
- The crew changed the Mach target to "Selected", with a target of 0.72. This low target resulted in a thrust (N1) decrease to 62%. The thrust levers were transiently put to TOGA then put between MCL and MCT. The A/THR was no more active and the N1 increased.
- Two aerodynamic events ("Downwash Hysteresis") were experienced, resulting in sudden and massive decrease of vertical G, AoA and pitch angle.
- A downdraft wind gradient of 125kt caused a vertical G decrease to -0.7G
- A first attempt to re-engage the autopilot 2 failed on Captain side-stick input condition.

The remaining flight was uneventful.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

5 ADDITIONAL INFORMATION

5.1 Loads assessment

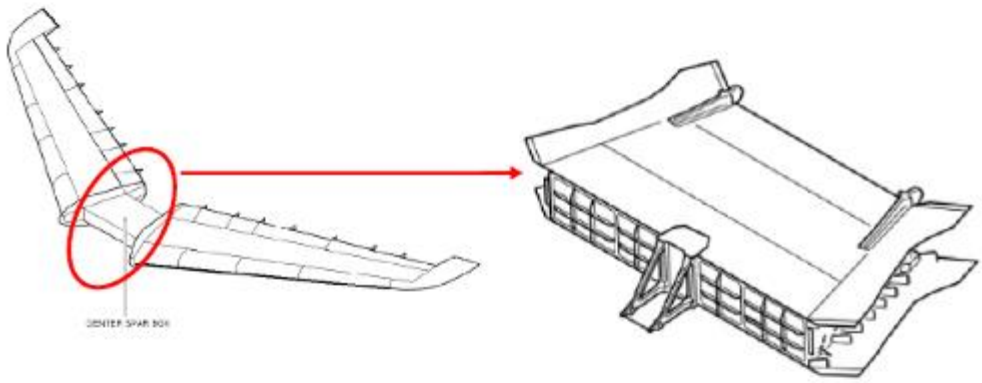
The loads assessment shows exceedance at the HTP level as follows:
- 33% over limit load on pivot
- 59.5% over the limit load on HTP rolling moment

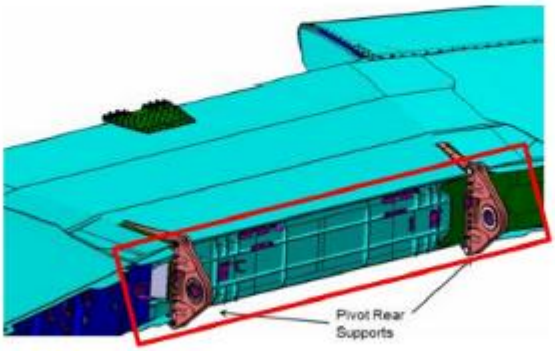
This load exceedance was the result of the severe turbulence.

5.2 Maintenance recommendations

Further to the load assessment, specific maintenance checks were provided to the operator.

5.2.1 Part to be inspected





© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

5.2.2 Inspection tasks and results

a) Inspection of the Horizontal Stabilizer as per AMM Subtask 05-51-44-210-054-A
⇨ *Inspection feedback: Nil findings*

b) THS fuel leak check as per AMM Subtask 28-11-00-790-812-A
⇨ *Inspection feedback: Nil findings*

c) Specific detailed inspection prepared by Airbus (Doc ref: TD/80528993/034/2018#A). Two batch of tests were defined. One to be done during January 2019 "A check" and another one to be done at the opportunity of the next "C check", today scheduled for November 2019.
⇨ *January 2019 "A check" feedback: Nil findings*

5.3 Post Flight Report (PFR)

At time of event there were two messages recorded on the PFR:
- "AUTO FLT AP OFF" Warning
- "FUEL INR TK DENS2(41QT2)" failure message

a) "AUTO FLT AP OFF" Warning
Airbus refers to two different types of autopilot disengagement:
- "Voluntarily" means disengagement:
  - Through the instinctive side stick push button

⇨ In such a case no message is noted in the PFR
- "Involuntarily" means disengagement:
  - By FCU pushbutton, or
  - With sidestick or rudder pedal input, or
  - Due to a failure, or
  - A specific condition

⇨ In such a case the "AUTO FLT AP OFF" warning is mentioned in the PFR

For the subject event the first autopilot 2 disconnection was involuntary on α_{prot} condition, and the second disconnection was also involuntary on side-stick input condition.
Note: If several autopilot involuntary disconnections occurred during a flight, the PFR record only the first one. This logic explains why only the first "AUTO FLT AP OFF" warning was recorded.

b) "FUEL INR TK DENS2(41QT2)" failure message
According to TFU 28.42.18.002 this message has to be considered as spurious in cruise, and thus can be disregarded.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

6 SUMMARY

During flight Miami/Buenos Aires, while flying above North of Sena Madureira, Amazonia, Brazil, the aircraft experienced a severe turbulence which lasted about 1mn.
14 people were injured.

The following has been highlighted from the flight data analysis:

About 4mn before entering the turbulence, both NDs range changed from 80NM to 40NM and the weather radar mode changed from WXR to WXR/TURB. As the radar tilt is not recorded, it was not possible to rule on its use. Consequently, it was not possible to determine if the weather radar was correctly used to avoid the turbulence.

During the turbulence:

- The autopilot disconnected on high AoA condition (α_{prot} condition). This AoA increase above the α_{prot} threshold was cause the severe turbulence (updraft wind gradient).
- The manual control was done from both sides with large side-stick inputs, sometimes in opposite direction.
  The side-stick priority push-button was not used. Consequently, the inputs from the two pilots were algebraically added. The maximum being the maximum deflection of a single side-stick.
- MMO warning triggered during one sampling, when the Mach increased transiently above M0.86 due to a head wind gradient of 46kt.
- The crew changed the Mach target to "Selected", with a target of 0.72. This low Mach target (refer to QRH) resulted in a thrust (N1) decrease to 62%. The thrust levers were transiently put to TOGA then put between MCL and MCT. Consequently, the A/THR was no more active and the N1 increased above 82%.
- During the turbulence the AoA increased above α_{max}.Two aerodynamic events ("Downwash Hysteresis") were experienced, resulting in sudden and massive decrease of vertical G, AoA and pitch angle.
- A downdraft wind gradient of 125kt caused a vertical G decrease to -0.7G
- A first attempt to re-engage the autopilot 2 failed on Captain side-stick input condition. At that time, there was no F/O side-stick input.

The remaining flight was uneventful.

The loads assessment confirmed that high loads were experienced at the HTP level during the turbulence.
Airbus provided the operator with specific inspections tasks, and the preliminary result was nil findings.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

7 OPERATIONAL CONSIDERATIONS

7.1 Dual side-stick inputs

a. FCTM extract – AIRBUS OPERATIONAL PHILOSOPHY – DESIGN PHILOSOPHY - FLY BY WIRE – UTILISATION PRINCIPLES – USE OF SIDESITCK:

Only one pilot flies at a time.
If the PM wants to act on the sidestick, he/she must:
- *Clearly announce "I have control"*
- *Press and maintain his/her sidestick pushbutton, in order to get full control of the Fly-By-Wire system.*

The flight crew should keep in mind that sidestick inputs are algebraically added.
Therefore dual inputs must be avoided, and will trigger aural and visual alerts.
Either pilot can make an input on their sidestick at any time.
Either pilot can deactivate the other pilot's sidestick by pressing on their sidestick push-button.

b. OTT ref: 999.0113/17 – Sidestick priority logic – Takeover technique – Training recommendations

This OTT (refer to annex 2) provides Operators with recommendations on training techniques or training programs.

7.2 Use of weather radar

The FCTM extract available in annex 3 provides with useful information on the way to use the weather radar.

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

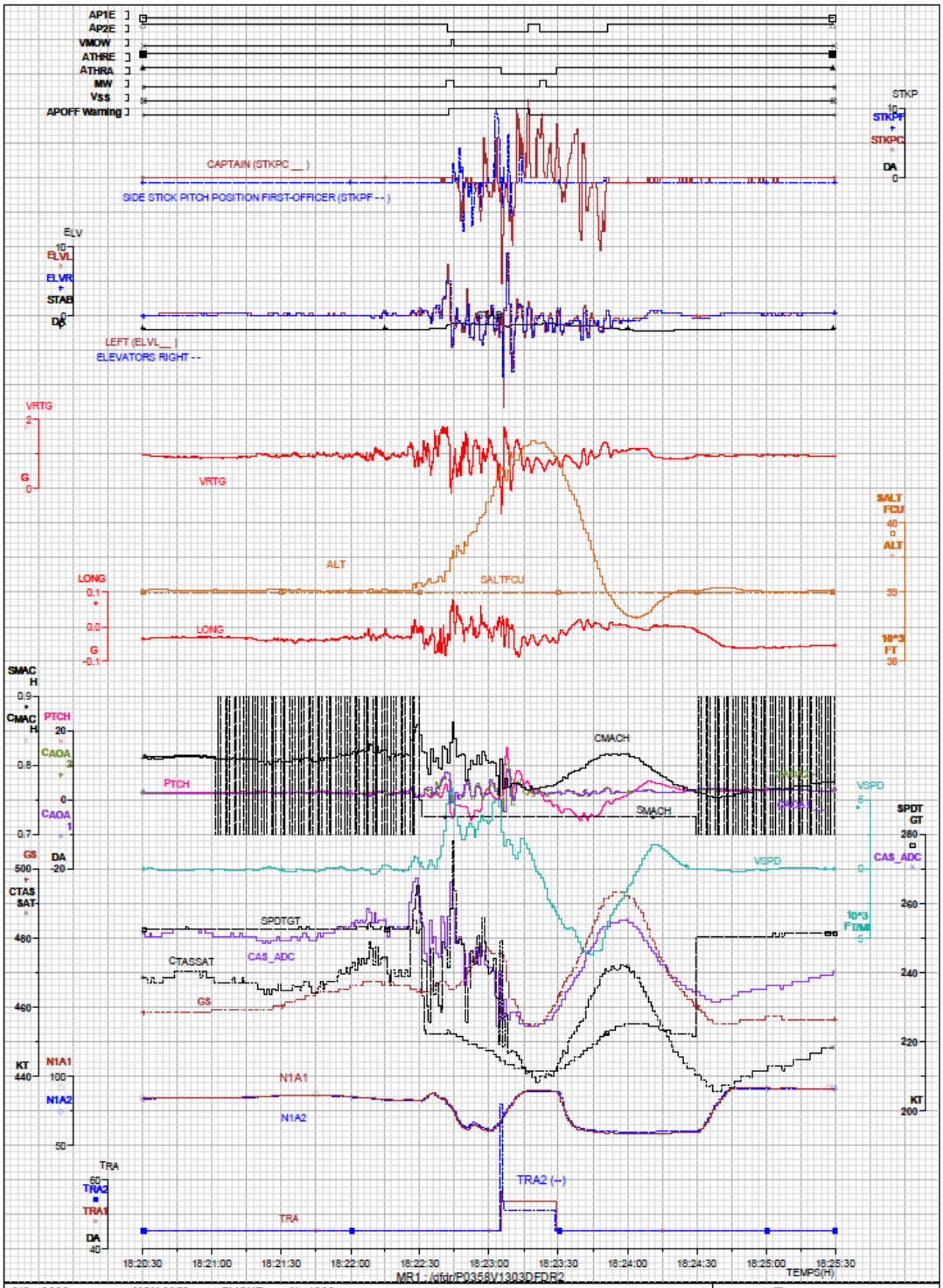
AIRBUS

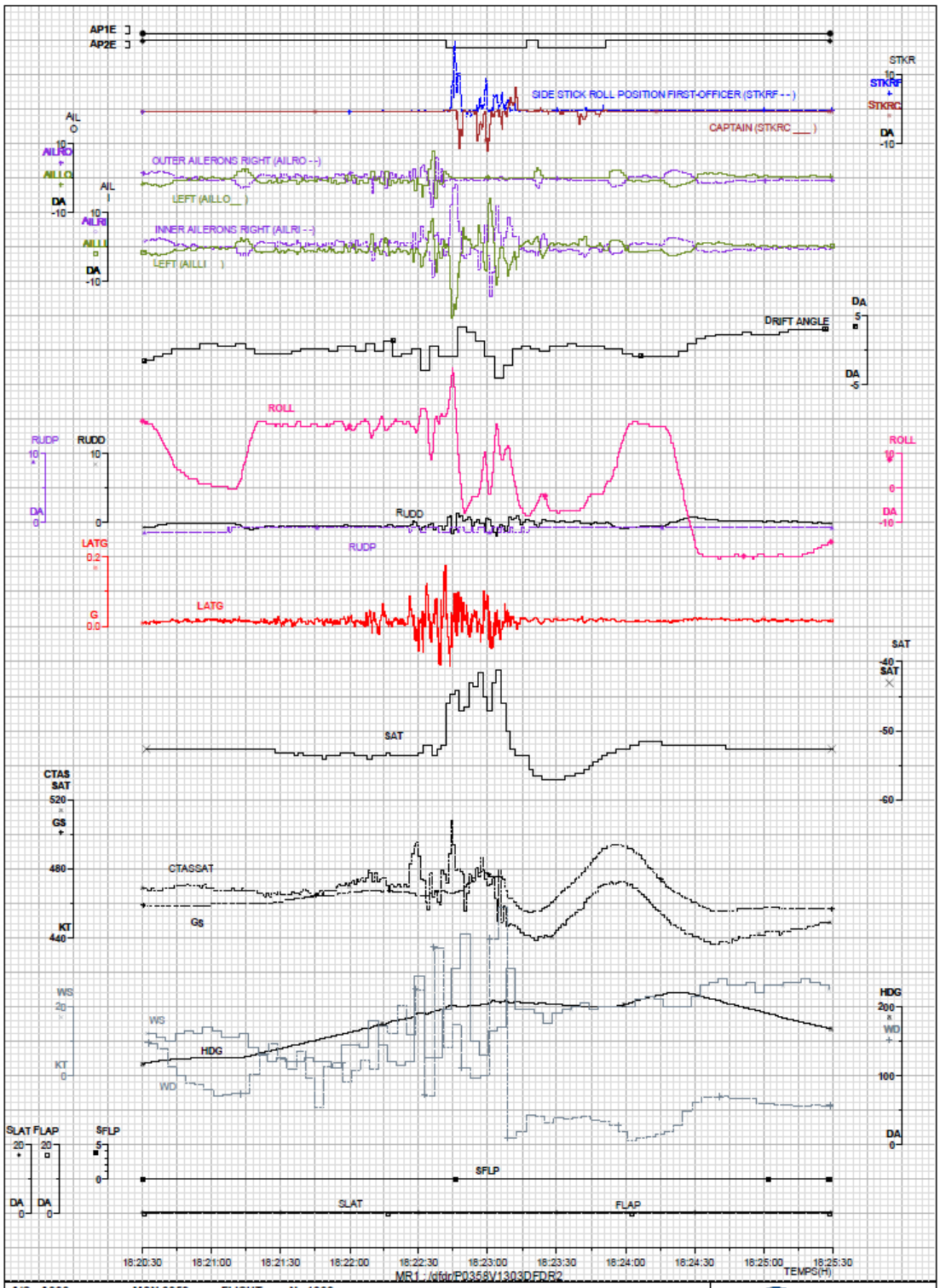
Annex 1

Flight data plots

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

Reference : GSI 420.1002/19 issue 1 date: 06 February 2019


AP1E
AP2E
VMOW
ATHRE
ATHRA
MW
VSS
APOFF Warning
STKP
STKPF
STKPC
DA
CAPTAIN (STKPC__)
SIDE STICK PITCH POSITION FIRST-OFFICER (STKPF - -)
ELV
ELVL
ELVR
STAB
DA
LEFT (ELVL__)
ELEVATORS RIGHT - -
VRTG
G
VRTG
SALT
FCU
ALT
ALT
SALTFCU
LONG
LONG
SMAC
H
CMAC
PTCH
CAOA
CMACH
PTCH
SMACH
VSPD
SPDT
GT
CAS_ADC
GS
CTAS
SAT
VSPD
SPDTGT
CTASSAT
CAS_ADC
GS
KT
N1A1
N1A2
N1A1
N1A2
TRA
TRA2
TRA1
TRA2 (--)
TRA
18:20:30
18:21:00
18:21:30
18:22:00
18:22:30
18:23:00
18:23:30
18:24:00
18:24:30
18:25:00
18:25:30
TEMPS(H)
MR1 : /dfdr/P0358V1303DFDR/2
A/C : A330-
MSN 0358
FLIGHT
No 1303
CG (%) 38.08
GWL (LBS) 389840
GWK (KG) 176831
CRUISE (LONGITUDINAL AXIS)
/workgroup/operation/dfdr/visage/samuelS/A330/P0358V1303_SEVERE_TURB/cruise-longi-PW-IAE-RR.ilv
AIRBUS
Flight And Integration Tests Centre
Edited : 5/2/2019
Figure
1.7.1

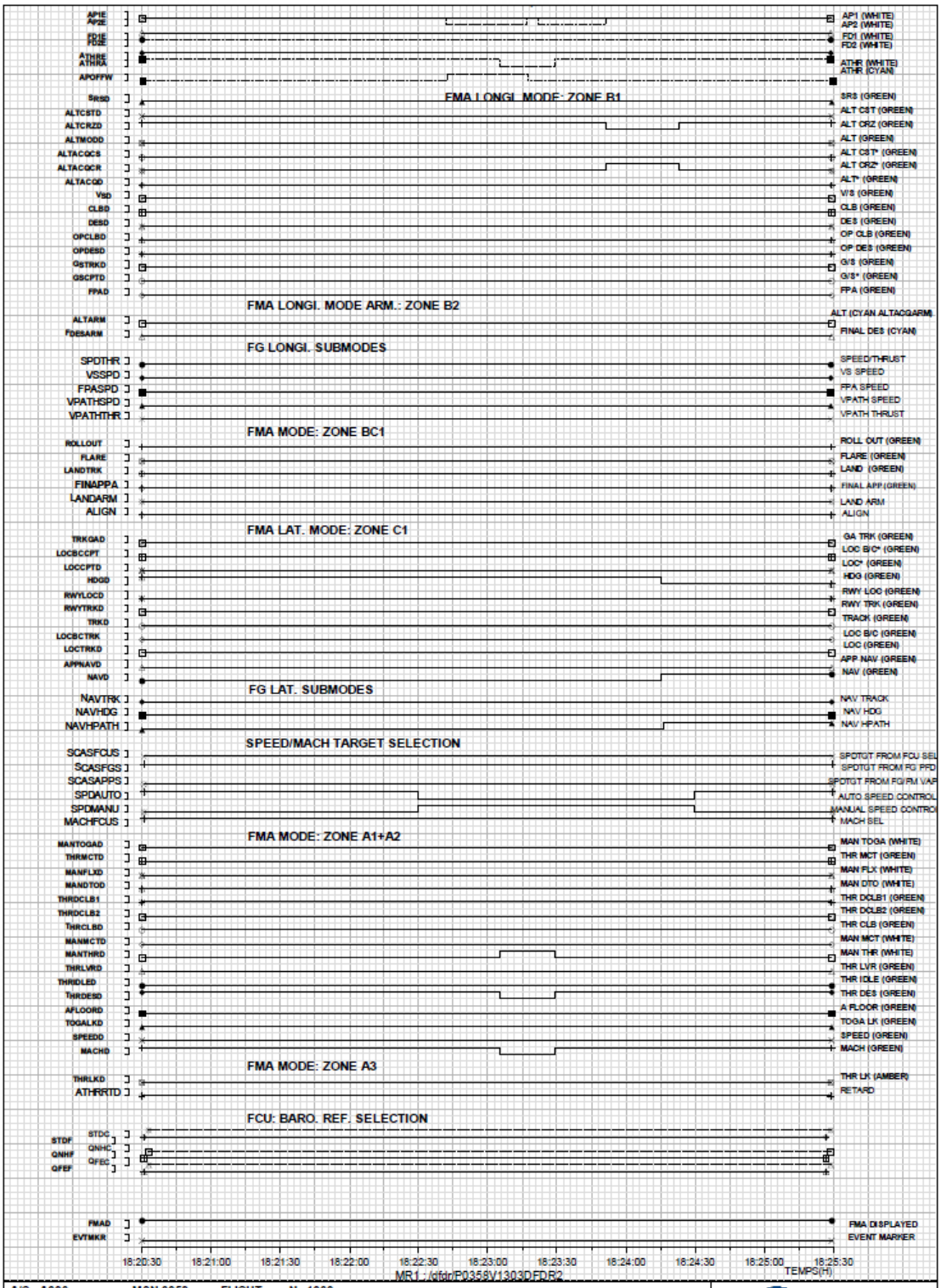


A/C : A330-	MSN 0358	FLIGHT	No 1303
CG (%) 38.08 GWL (LBS) 389640 GWK (KG) 176831	**CRUISE (LATERAL AXIS)**		
/workgroup/operation/dfdr/visage/samuelS/A330/P0358V1303_SEVERE_TURB/cruise-lat.ilv			

Airbus — Flight And Integration Tests Centre

Edited : 5/2/2019 — Figure 1.7.2

IF-2022-23536057-APN-DNISAE#JST



A/C : A330- MSN 0358 FLIGHT No 1303

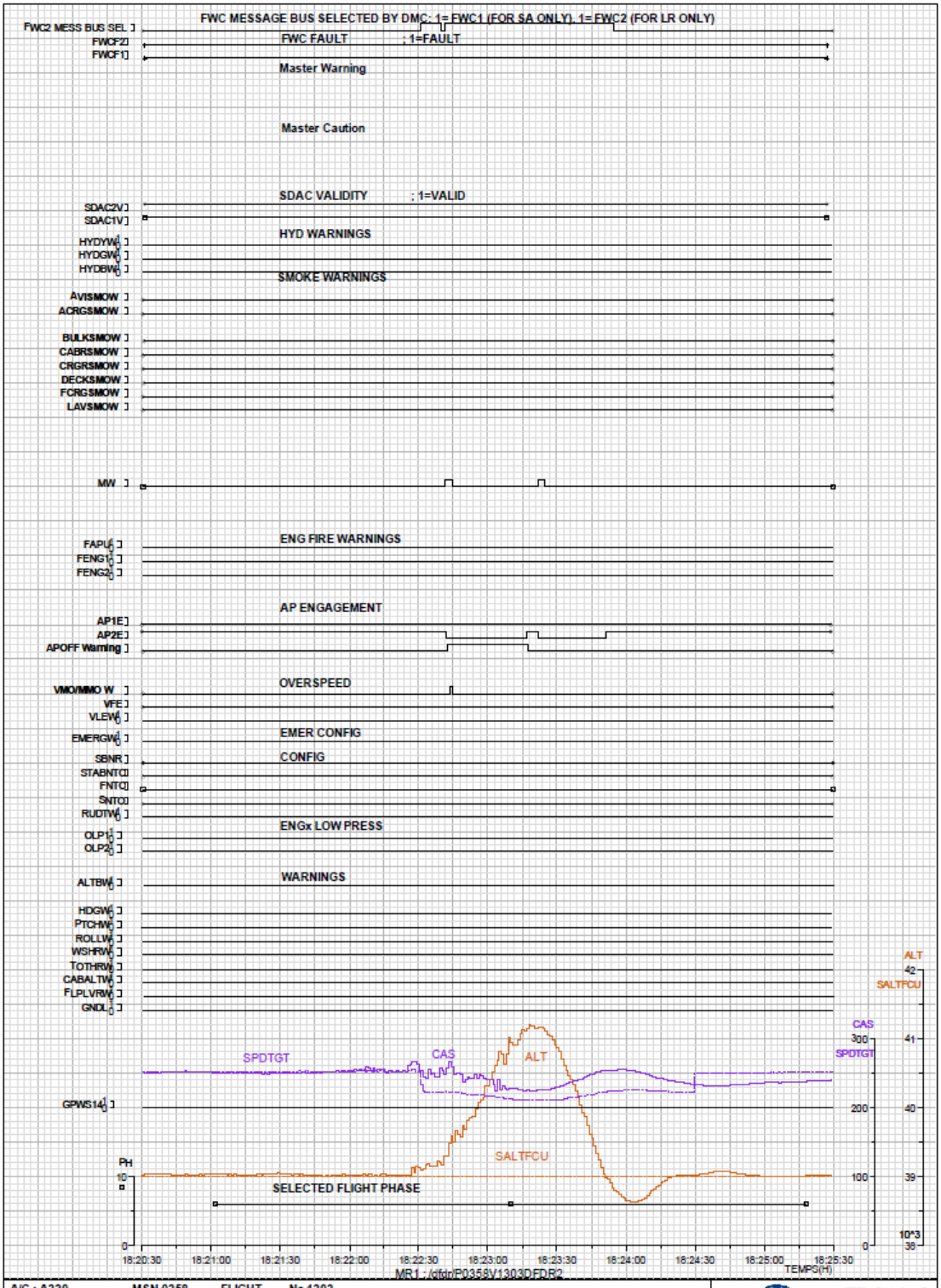
FMA DISPLAYS-AP MODES

/workgroup/operation/dfdr/visage/samuelS/A330/P0358V1303_SEVERE_TURB/AP-modes.ilv

CAbbes AIRBUS Flight And Integration Tests Centre

Edited : 5/2/2019

Figure 1.7.3



IF-2022-23536057-APN-DNISAE#JST

AIRBUS

Annex 2

OTT ref: 999.0113/17
Sidestick priority logic – Takeover technique – Training recommendations

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

Reference : GSI 420.1002/19 issue 1 date: 06 February 2019

g

CUSTOMER SERVICES DIRECTORATE
1 ROND POINT MAURICE BELLONTE
31707 BLAGNAC CEDEX FRANCE
TELEPHONE + 33 (0)5 61 93 33 33

AIRBUS

OPERATIONS TRAINING TRANSMISSION - OTT

TO: All A318,A319,A320,A321,A330,A340,A350,A380 Operators

SUBJECT: ATA 00 – Sidestick priority logic - Takeover technique - Training Recommendations

OUR REF.: 999.0113/17 Rev 00 dated 22-JAN-2018

APPLICABLE AIRCRAFT: This OTT is applicable to A318,A319,A320,A321,A330,A340,A350,A380.

Notice: This OTT provides Operators with recommendations on training techniques or training programs. These training recommendations aim to enhance the efficiency or safety of operations. It is each Operator's responsibility to distribute the information contained in this OTT to ensure application of the training recommendations in the Operator's own training department or any training organization where their crews are trained.

1. PURPOSE

This OTT highlights the need to emphasize the techniques to hand over or take over the aircraft control.
This document also provides training recommendations to Operators and Approved Training Organizations (ATOs), in order to highlight these items during type ratings and recurrent trainings.

2. DESCRIPTION

Based on the analysis of recent in-service events, Airbus identified that inappropriate techniques have been used to take over the aircraft control..
This analysis highlighted mainly two aspects:

- The difficulty for the Pilot Monitoring (PM) to decide when to take over the control of the aircraft, potentially resulting in late, or absence of takeover
- Inappropriate takeover technique (e.g. absence of priority, or priority not maintained), leading to a dual input situation

As a result, this OTT provides:

- A reminder on the use of the sidestick, sidestick priority takeover, and the associated visual and aural indications
- Operational recommendations when the PM needs to take over the controls (in contrast to handover of control that the Pilot Flying (PF) initiates)
- Training recommendations.

3. FLIGHT OPERATIONS RECOMMENDATIONS - REMINDER

3.1 USE OF THE SIDESTICK (FCTM AOP-10-30 AND FCOM DSC-27- FLIGHT CONTROLS SYTEM - CONTROLS AND INDICATORS)

By design, each flight crewmember separately operates their sidesticks. If the flight crewmembers simultaneously use their sidesticks, both inputs are algebraically added. As a result, the aircraft response may be more dynamic than what the PF expects, even if the flight control laws limit the combined order to the equivalent of the full deflection of one sidestick. The aircraft response may also be less than expected if the other pilot deflects the sidestick in the opposite direction.

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

Therefore, the flight crew should never perform simultaneous inputs, called "dual inputs" and for which the DUAL INPUT aural and visual alerts are triggered.

3.2 TAKEOVER TECHNIQUE (FCTM AOP-10-30 AND FCOM PRO-NOR-SOP-90-STANDARD CALLOUT)

Only one flight crewmember must fly at a time.

If a flight crewmember wants to take or to transfer the aircraft control, this flight crewmember must apply the following techniques:

- Handover of control: The PF calls "You have control" to initiate transfer of control. After the PM calls "I have control", the PF releases the sidestick and becomes PM (FCOM PRO-NOR-SOP-90-STANDARD CALLOUT).

- Takeover of control:

There are usually two situations for which the PM may have to take over control:

  - The PF becomes incapacitated
  - The PF deviates from the intended flight path jeopardizing the safety of the flight. In this case, the PM initiates the takeover:
    - After a verbal intervention to challenge the actions of the PF, or
    - Immediately if circumstances dictate and if there is no time to escalate this verbal intervention.

In order to take over control, the PM must:

- Clearly announce "I have control" (and becomes PF after this callout)
- Press and maintain the sidestick pushbutton until the other flight crew member does not act anymore on the sidestick

Simultaneously the other flight crewmember must:

- Clearly reply "You have control"
- Release the hand from the sidestick.

If both flight crewmembers press their sidestick pushbutton at the same time, the last flight crewmember to press has priority. A flight crewmember can deactivate the other sidestick and take full control, by pressing and maintaining the sidestick pushbutton for a prolonged time (see FCOM DSC-27-10 for more details).

3.3 SYSTEM ASPECTS (FCOM DSC-27- FLIGHT CONTROLS SYTEM - CONTROLS AND INDICATORS)

Several aural and visual indications are available on all Fly-By-Wire (FBW) aircraft to support the flight crew on the priority awareness and for the takeover technique (See chapter 3.2 above).

3.3.1 Who has the priority? Audio and visual indications

If a flight crewmember wants to take the priority, this flight crewmember must press the sidestick priority pushbutton:

- An automatic "PRIORITY LEFT (RIGHT)" callout informs the flight crew about the side that has the priority"
- A red arrow appears on the glareshield and points the direction of the flight crewmember that has the priority

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

AIRBUS

OPERATIONS TRAINING TRANSMISSION - OTT

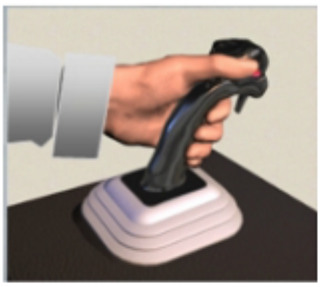


Figure 1: The Captain has the priority

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

3.3.2 What if the other flight crewmember deflects the sidestick ?

As illustrated in Figure 2, if the First officer (F/O) moves the sidestick while the Captain has the priority:

- The green CAPT light comes on
- A red arrow appears above the F/O light (that remains off).

These indications disappear when the F/O releases the sidestick to the neutral position.

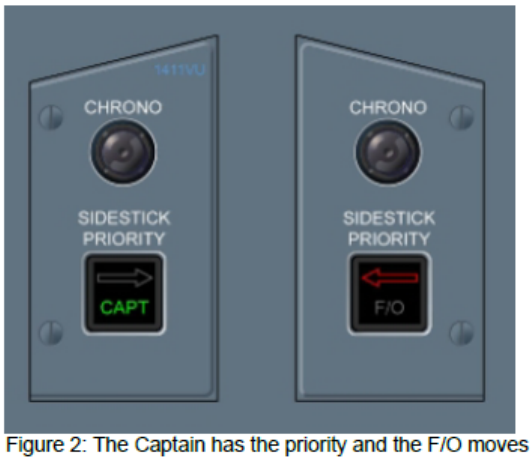


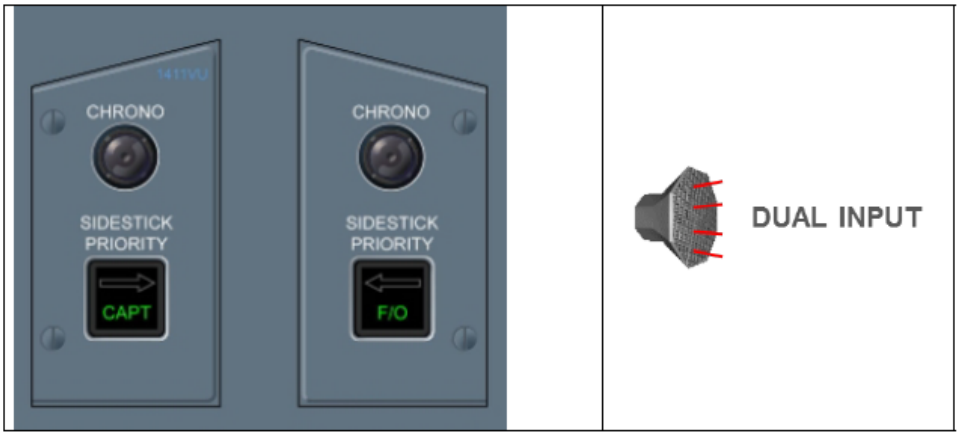
Figure 2: The Captain has the priority and the F/O moves the sidestick

Figure 3: The F/O has the priority and the Captain moves the sidestick

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

3.3.3 Dual input

If both flight crewmembers simultaneously move their sidesticks without taking the priority, the green CAPT and F/O lights flash and the automatic DUAL INPUT callout is triggered:



4. TRAINING

4.1 TRAINING OBJECTIVES

The objective of the training is to ensure that the flight crews correctly manage the handover and the takeover techniques in several situations.

The training should focus on the following competencies during type rating and recurrent training:

- Knowledge
- Communication
- Flight Path Management, Manual Control
- Problem Solving and Decision Making.

4.2 THEORETICAL TRAINING

Emphasis in knowledge training should be put on all of the following aspects:

- System aspects related to use of the sidestick (See chapter 3.3 above)
- Communication about the observed deviations between PM and PF including proposed corrections of the flight path (speaking instead of "assisting" with gentle inputs as on non-FBW flight controls)
- The need to take over when necessary, and in accordance with the described technique (See chapter 3.2. above)
- The importance to maintain the sidestick pushbutton pressed by the pilot who takes over until the situation is clearly resolved

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

- The importance for the pilot who "looses" the controls to completely release their hand from the sidestick.

Theoretical training can be performed via Computer Based Training, but should be consolidated by an instructor briefing before practical training.

4.3 PRACTICAL TRAINING

Practical training should be performed in a Flight Simulation Training Device (FSTD) with motion system, minimum training level D.
Airbus defined hereunder detailed guidance or readymade exercises as examples to train the objectives and to achieve them properly.
These exercises should be adapted according to the existing training programs provided that the training objectives are followed.

4.3.1 EXERCISES OVERVIEW

It is recommended to do in seat instruction (i.e. the instructor takes the PF seat), however the ATOs or Operators may adapt the instructions according to their constraints.

In order to review and train the targeted objectives, the training should take into account one of the following scenarios:

Scenario 1)

Repositioning at 3 NM on final. The PF (instructor) demonstrates inconsistent handling and improper management of the trajectory. The PM (trainee) must give verbal advice on how to correct/improve. If the trajectory becomes destabilized, the PM must take over with the described technique (Ref. Chapter 3.2). The instructor must randomly continue to interfere, in order to ensure that the trainee maintains the takeover button pressed until the takeover is clearly resolved.
The exercise should be repeated several times with different amounts of destabilization/correction by the PF before the PM takes over.

Scenario 2)

After a well-stabilized approach, the PF (instructor) creates a mis-managed low level go-around. The PM (trainee) has to take over. The instructor continues to interfere until the situation is clearly resolved.

Scenario 3)

High altitude, moderate turbulence. The PF (instructor) becomes incapacitated (simulates the body blocking the sidestick) in a steep turn and descent. The PM must take over with smooth inputs. The instructor still incapacitated continues to block the sidestick. For practical reasons, this scenario could be combined with high-altitude exercises as described OTT 999.0012/17 (Undesired Aircraft State – Training recommendations).

4.3.2 AIRCRAFT CONFIGURATION AND ENVIRONMENTAL RECOMMENDATIONS

Medium weight, ambient conditions CAVOK, Runway condition DRY.
Light to medium turbulence can be added in later stages of the training.

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

AIRBUS

OPERATIONS TRAINING TRANSMISSION - OTT

5. INSTRUCTOR COMPETENCIES FOR TAKEOVER TRAINING

It is of paramount importance that instructors who provide takeover training in FSTD are standardized to deliver such training. Some competencies may not be demonstrated during previous instructor qualification training. Therefore, Operators should have a dedicated training and standardization program in place.

6. DURATION AND FREQUENCY OF EXERCICES

A typical initial takeover training that applies all described scenarios takes 20-30 minutes per pilot.

Training should be repeated in recurrent training on a regular basis (at intervals of no more than 18 months) using at least one of the three scenarios at a time.

7. CREDITS BETWEEN AIRBUS FLY-BY-WIRE AIRCRAFT

For takeover training, similarities are assessed as sufficient to ensure that training on one aircraft type is applicable for any other aircraft type. Techniques are the same across all types. As a result, there is full credit across all Airbus FBW aircraft.

For any question about the operational content of this OTT, please use TechRequest – Flight Operations domain – Flight Training policy category on AirbusWorld

Best regards,

Capt Dominique DESCHAMPS
Vice President Flight Operations Support & Training Standards

© AIRBUS S.A.S. 2018. ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

AIRBUS

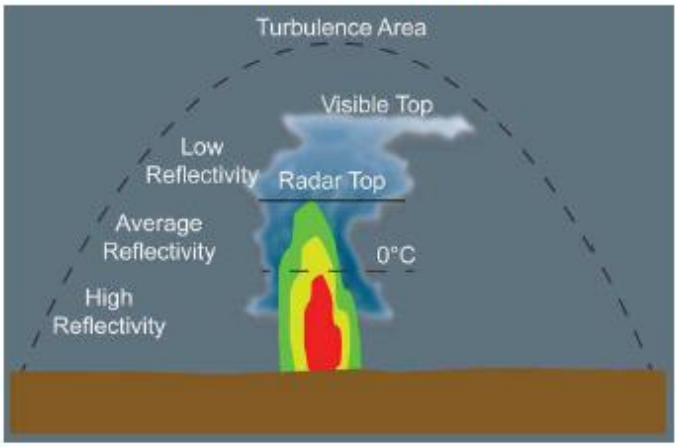
Annex 3

FCTM extract – Use of weather radar

© AIRBUS S.A.S 2007. All rights reserved. Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

Reference : GSI 420.1002/19 issue 1 date: 06 February 2019

Reflective Image of a Cumulonimbus



WEATHER DETECTION

Ident.: AS-WXR-00019334.0001001 / 20 MAR 17
Applicable to: ALL

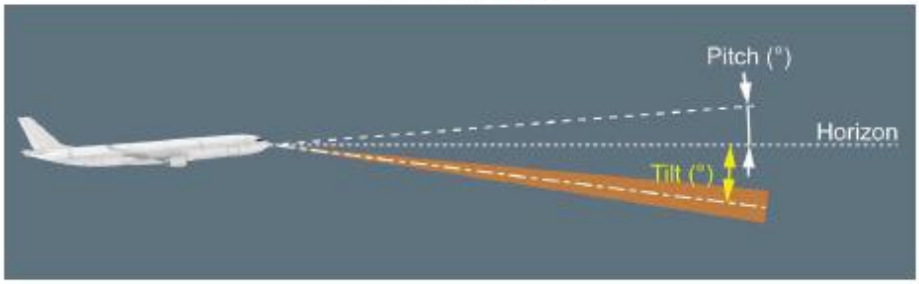
The flight crew uses the following controls and functions to operate the weather radar:

- TILT
- GAIN
- RANGE.

MANUAL TILT MANAGEMENT

The tilt refers to the angle between the antenna beam centerline and the horizon.
The radar uses data from the IRS to stabilize its antenna. Therefore, the antenna tilt is independent of the aircraft pitch and bank angle.

Tilt Angle Definition

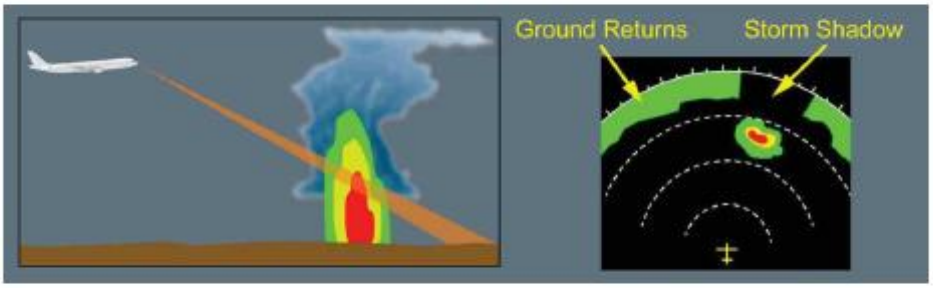


The flight crew should regularly scan the area ahead of the aircraft, at several ND ranges. In order to identify the strongest weather returns, the flight crew should tilt the weather radar antenna up and down.

To obtain a correct display of a storm cell, the flight crew must use the tilt knob to point the weather radar beam to the most reflective part of the storm cell. A correct tilt setting prevents the overscanning of the storm cell.

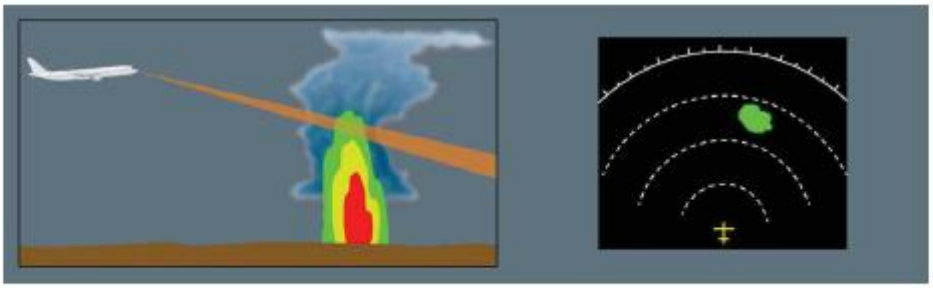
Note: Common practice is to ensure that the ground return is at the top of the ND screen.

Correct Storm Display



At high altitude, a storm cell may contain ice particles that have low reflectivity. If the tilt setting is not correct, the ND may display only the upper (less reflective) part of a storm cell (overscanning). As a result, the flight crew may underestimate or not detect a storm cell.

Overscanning



GAIN SETTING FOR WEATHER DETECTION

The flight crew should use the calibrated gain (CAL or AUTO) for weather detection as a default mode for the weather radar. The use of the calibrated gain ensures a standard display of the colors on the ND. The flight crew can manually tune the gain to analyze storm cells. *Refer to AS-WXR Analysis of Weather Radar Data.*

RANGE MANAGEMENT

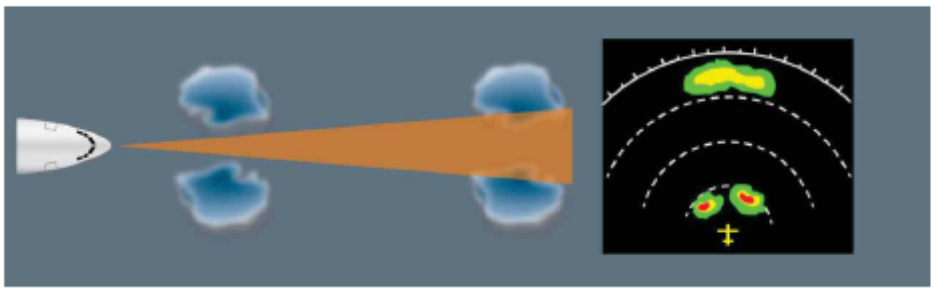
The flight crew should monitor both the long-distance and short-distance weather, in order to be able to efficiently plan appropriate course changes, and to avoid the "blind alley effect". *Refer to AS-WXR Analysis of Weather Radar Data.*

At long distance ahead of the aircraft, the accuracy of the weather displayed is low, due to both of the following:

- The increase in the width of the weather radar beam
- Signal attenuation.

Therefore, the accuracy of the weather displayed is better for short-distance weather.

Accuracy of the Weather Display



USE OF THE WEATHER RADAR IN ACCORDANCE WITH THE FLIGHT PHASE

Manual Tilt

Manual Weather Radars (or Automatic Weather Radars in Manual Tilt Mode)		
Flight Phase	**Tilt Control**	**Comments**
TAXI	Away from ground personnel, set the ND to the lowest range. Tilt down then up. Check appearance/disappearance of ground returns.	Radar check.
TAKEOFF	In the case of suspected adverse weather conditions, manually and gradually tilt up to scan weather (maximum 15 ° up). In all other cases, set the tilt to 4 ° up.	When lined up, check of the departure path.
CLIMB	Adjust the ND range as required and decrease the tilt angle as the aircraft climbs.	Compensation of the altitude increase to avoid overscanning.

Continued on the following page

Continued from the previous page

Manual Weather Radars (or Automatic Weather Radars in Manual Tilt Mode)		
Flight Phase	**Tilt Control**	**Comments**
LEVEL FLIGHT/CRUISE	1. Adjust ND range as required 2. Regularly modify the tilt to scan the weather ahead of the aircraft 3. When the weather scan is completed, adjust the tilt so that the ground returns appear on the top of the ND (2)(3).	In cruise, the combination of the following ND ranges provides good weather awareness(1): - 160 NM on the PM ND - 80 NM on the PF ND. Use shorter ND ranges to track/avoid short-distance weather.
DESCENT	During descent, adjust the tilt to maintain the ground returns on the top of the ND.	-
APPROACH	Set the tilt to 4 ° up.	This tilt setting (4 ° up) prevents the display of too many ground returns.

(1) *For aircraft equipped with a manual weather radar that has only one tilt control knob, use an average tilt value to suit both ND ranges.*

(2) *It is difficult to identify the difference between weather returns and ground returns: A change in the tilt setting causes the shape and color of ground returns to rapidly change. These ground returns eventually disappear. This is not the case for weather returns.*

(3) *For flights above the water, there are no ground returns. Therefore, the flight crew can use any of the following tilt settings at cruise altitude as an initial value before adjustment:*

- *approximately -6 ° for an ND range of 40 NM, or*
- *approximately -2 ° for an ND range of 80 NM, or*
- *approximately -1 ° for an ND range of 160 NM, or*
- *approximately -1 ° for an ND range of 320 NM.*

<u>Automatic Tilt Control</u>