

RESUMEN DE DATOS
LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Jueves, 25 de febrero de 2010; 17:10 h local¹
Lugar	Aeropuerto de Vigo (Pontevedra)

AERONAVE

Matrícula	EC-HPR
Tipo y modelo	CANADAIER CL-600-2B19
Explotador	Air Nostrum

Motores

Tipo y modelo	GENERAL ELECTRIC CF34-3B1
Número	2

TRIPULACIÓN

	Piloto al mando	Piloto a los mandos
Edad	37 años	37 años
Licencia	ATPL(A)	ATPL(A)
Total horas de vuelo	9.824 h	5.362 h
Horas de vuelo en el tipo	6.851 h	4.322 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			3
Pasajeros			20
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Menores
Otros daños	Ninguno

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Transporte aéreo comercial – Regular – Interior – Pasajeros
Fase del vuelo	Aterrizaje

INFORME

Fecha de aprobación	26 de enero de 2011
---------------------	----------------------------

¹ La referencia horaria será la hora local. La hora UTC se calcula restando una unidad a la hora local.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Descripción del suceso

El avión BOMBARDIER CL-600-2B19 (CRJ-200) había partido a las 16:05 del aeropuerto de Bilbao (LEBB) con destino al aeropuerto de Vigo (LEVX).

El Comandante informó de que durante la aproximación al aeropuerto de destino se establecieron en el ILS de la pista 20 cuando estaban a 12 NM, y que previamente habían dado un rodeo para evitar un núcleo de cúmulos con chubascos que estaban situados en el localizador a unas 15 NM. También informó de que las condiciones fueron IMC hasta que estaban a 7 NM, momento en el divisaron la pista y ya no la perdieron de vista hasta el momento de la toma. De acuerdo con su relato, cuando estaban a 6 NM, notaron una turbulencia moderada con cambios de ± 10 kt hacia arriba y hacia abajo en el anemómetro, pero no tuvieron avisos de viento en cizalladura («windshear»), y el copiloto, que iba a los mandos, desconectó el piloto automático. A continuación se desplazaron un punto a la izquierda del localizador con 3 luces blancas en el PAPI, y desde control les informaron, a petición del Comandante, de que el viento en superficie tenía dirección 240° y 18 kt.

Se establecieron de nuevo en el localizador, y cuando estaban a 4 NM, la situación mejoró, aunque seguía habiendo turbulencias y variaciones de 5 kt arriba y abajo en la velocidad indicada. Estas condiciones se mantuvieron hasta el final, por lo que ante la ausencia de avisos de viento en cizalladura el Comandante decidió aterrizar. También comentó que

tomaron tierra suavemente, pero que volvieron a elevarse aproximadamente 0,5 m, y que en ese momento una ráfaga de viento incidió por el lado derecho provocando un alabeo brusco hacia la izquierda.

Los dos miembros de la tripulación reaccionaron girando a la vez los mandos hacia la derecha para contrarrestar el alabeo, y tocaron primero con la rueda derecha del tren y luego con la izquierda.

Durante la maniobra, la punta del plano derecho («winglet») golpeó contra el suelo, resultando con daños menores en la zona del intradós (véase figura 2).

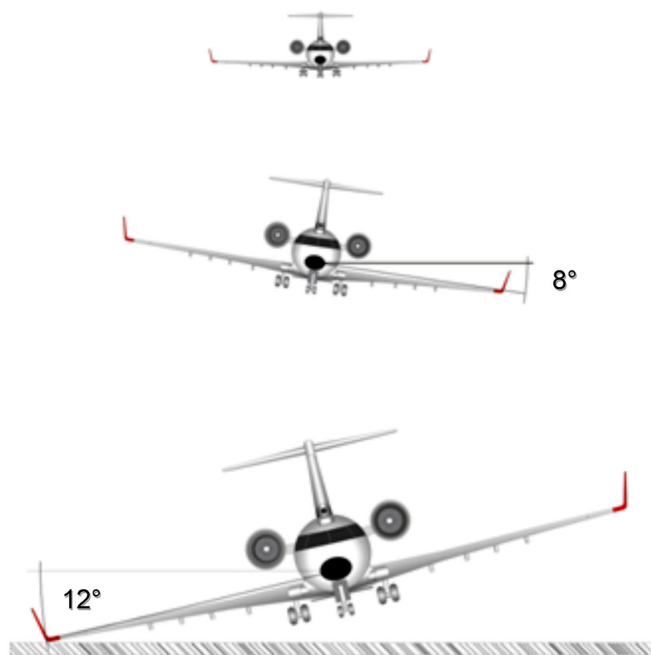


Figura 1. Croquis del aterrizaje

El avión prosiguió con su carrera de aterrizaje y abandonó la pista con normalidad a las 17:10 por la primera salida rápida a la derecha (C1).

Los dos pilotos confirmaron que no fueron conscientes de que habían golpeado contra el suelo. No obstante, comentaron que el alabeo que habían realizado hacia la derecha para contrarrestar la acción del aire levantando el plano derecho, tal vez había sido excesivamente brusco. Los ocupantes del avión desembarcaron con normalidad, y en la inspección posterior al accidente, la tripulación descubrió el daño que se había producido.



Figura 2. Punta del ala dañada

La CIAIAC tuvo conocimiento de este incidente mediante una notificación por parte del aeropuerto dos días después del suceso. El operador no había informado al aeropuerto de que se había producido el incidente. No obstante, el director vio cómo la compañía estaba reparando la aeronave, y después de recabar información la trasladó a la CIAIAC. El operador informó al Servicio de Notificación de Sucesos (SNS) de AESA el 3 de marzo de 2010, según constaba en la relación que este organismo envía periódicamente a la CIAIAC.

Se decidió recoger solamente el registrador de datos de vuelo (FDR), porque después del incidente se había energizado el avión durante un tiempo suficiente para que se perdiera toda la información necesaria para la investigación contenida en el registrador de voces de cabina (CVR).

1.2. Información personal

1.2.1. Comandante

El Comandante, de 37 años, tenía la licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión ATPL(A) en vigor, desde el año 2002, al igual que el correspondiente certificado médico. En el momento del incidente no estaba a los mandos del avión. Estaba en posesión de las habilitaciones de tipo del avión CL-600-2B19, y la de vuelo instrumental, IR(A). También tenía habilitación de instructor de vuelo, TRI(A) y habilitación de examinador TRE(A) desde marzo de 2009. Obtuvo la licencia de piloto comercial de avión CPL(A) en el año 1994.

Su experiencia era de 9.824:28 h, de las cuales 6.851:51 h las había realizado en el tipo, y de éstas 4.754:09 como Comandante. Contaba además con 1.457:10 h en

el avión FOKKER 50, y previamente a trabajar para el Operador su experiencia era de 1.515:27 h.

En los noventa días anteriores al incidente había volado 183:48 h, en los treinta días anteriores 63:53 h y en las veinticuatro horas antes 5:45 h. Había tenido un descanso de 16:20 h antes del vuelo.

Desde 2005 hasta 2009 había pasado diez verificaciones de competencia en aviones de la flota CRJ (dos al año), la última de ellas, dos meses antes del incidente, y entre 2005 y 2010 había realizado entrenamiento periódico en Gestión de Recursos en Cabina (CRM), en Seguridad («Security»), en Seguridad en vuelo («Safety») y en Sistemas del avión (desde 2006), una vez cada año, y de Mercancías peligrosas una vez cada dos años. Desde 2006 también había realizado entrenamiento periódico en Emergencias cada dos años. En 2008 realizó una sesión del entrenamiento en Seguridad y Salvamento que se realiza trienalmente.

1.2.2. Copiloto

El copiloto tenía 37 años, y contaba la licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión ATPL(A) en vigor, al igual que el correspondiente certificado médico. Tenía las habilitaciones de tipo del avión CRJ, y la de vuelo instrumental, IR(A). Su experiencia era de 5.362 h. De ellas 4.322 h las había realizado en el tipo. En el momento del incidente estaba a los mandos del avión.

En los noventa días anteriores al incidente había volado 111 h, en los treinta días anteriores 70 h y en las veinticuatro horas antes 5:45 h. Había tenido un descanso de 16:20 h antes del vuelo.

Desde 2005 hasta 2009 había pasado diez verificaciones de competencia en aviones de la flota CRJ (dos al año), y en 2010 había pasado otra más, dos días antes del incidente. También desde ese año 2005, había realizado entrenamiento periódico en Gestión de Recursos en Cabina (CRM), en Seguridad («Security»), en Seguridad en vuelo («Safety») y en Sistemas del avión, una vez cada año, y de Mercancías peligrosas una vez cada dos años. Desde 2006 también había realizado entrenamiento periódico en Emergencias cada dos años y en Sistemas del avión cada año. En 2005 y en 2008 realizó sendas sesiones del entrenamiento en Seguridad y Salvamento que se realiza trienalmente.

1.3. Información de la aeronave

El avión CANADAIR CL-600-2B19, conocido como CRJ-200 fue fabricado por BOMBARDIER en 2000 con número de serie 7430, y contaba con certificado de aeronavegabilidad en vigor. Estaba dotado con dos motores turbofan GENERAL ELECTRIC CF34-3B1 con números de serie 950158 y 950256 respectivamente.

Había pasado las siguientes revisiones de mantenimiento:

Inspecciones	Comprobación	Fecha	Horas de vuelo	Horas de control	Intervalo
Tipo «C»	C-RJ2	01-11-2008	23.808	20.024	5.000 h
	5C-RJ2	01-11-2008	21.336	17.689	25.000 h
Revisiones según calendario	YE01-RJ2	27-04-2009	22.487	18.795	1 año
	TYE06-RJ2	01-11-2008	21.336	17.689	6 años
	TYE8/4-RJ2	01-11-2008	21.336	17.689	8 años
	YE04-RJ2	01-11-2008	21.336	17.689	4 años
Tipo «A»	A06-RJ2	03-02-2010	24.188	20.408	500 h
Tipo «L»	L1-B-RJ2	25-02-2010	24.325	20.555	100 h
Otros	2500FH-CHECK-RJ2	13-11-2009	23.747	19.965	2.500 h

Las dimensiones de este modelo de avión se pueden ver en la figura 3.

El control de alabeo se realiza mediante dos alerones que son movidos hidráulicamente (sistemas hidráulicos N.º 1 y N.º 3), los cuales van sujetos por unas bisagras a la parte trasera de los largueros de cada plano. El mando sobre cada alerón se consigue a

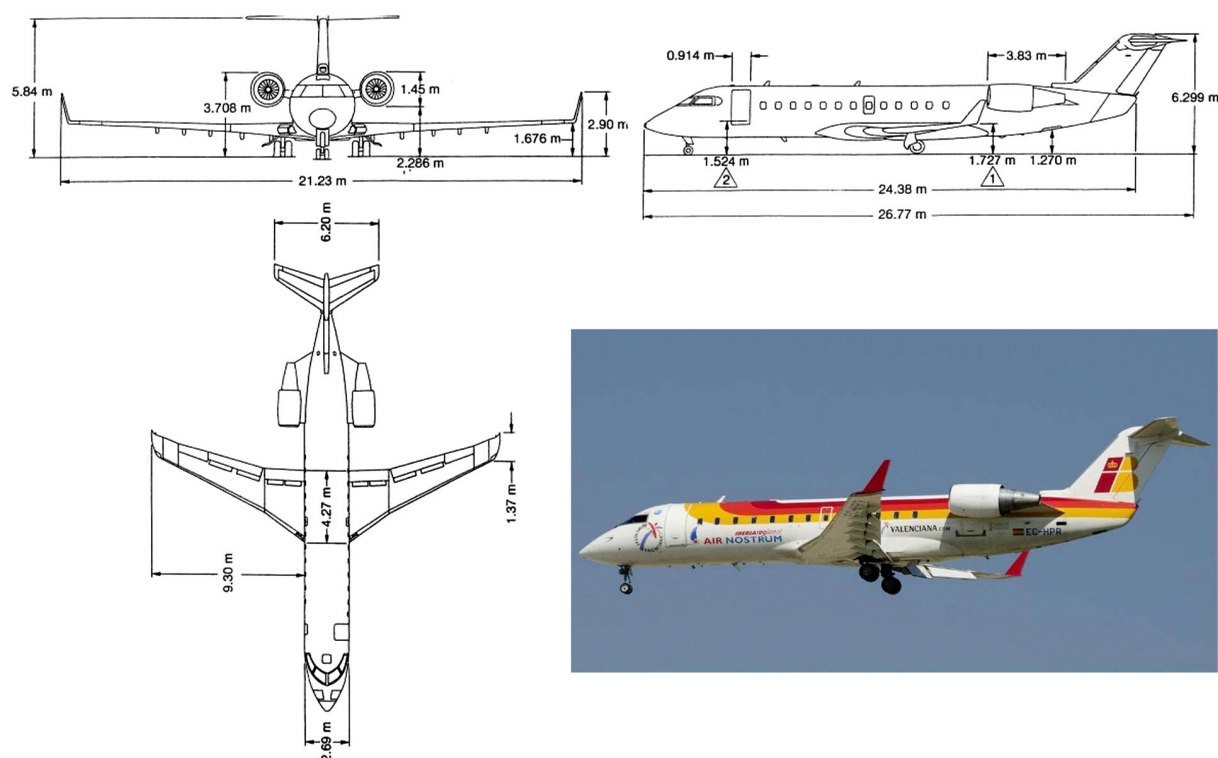


Figura 3. Vistas y fotografía de la aeronave

través de un cable y un sistema de poleas, que es operado por los volantes de la columna de mando de los pilotos, que están interconectados. Los conexión entre los volantes se realiza por un sistema de cable y por un tubo de torsión que incorpora un mecanismo de desconexión que hace posible que se puedan aislar ambos cables, izquierdo y derecho en el caso de que uno de ellos quedase bloqueado. El sistema lleva instalado una unidad con un transductor de fuerza que proporciona información al FDR sobre los movimientos ejercidos por el piloto. Un resorte de artificial y una unidad de centrado en cada circuito proporcionan la sensación de tacto a cada columna de mando.

Cada alerón usa dos unidades de ordenador (PCU) conectados a una misma entrada que los acopla, pero que mantiene las entradas de potencia hidráulica separadas para cada uno de ellos. Los alerones están compensados por un actuador conducido eléctricamente que está acoplado a la parte delantera del eje por un sistema compuesto por un empujador y una manivela.

El avión está dotado también de dos spoilers de vuelo, dos spoilers de tierra interiores y dos spoilers de tierra exteriores. La función primaria del sistema de spoilers del avión es evitar que el avión se eleve una vez que está en tierra, asistencia en el alabeo, y amortiguación proporcional de la elevación. También cuenta con dos spoilerons que se pueden desplegar asimétricamente, consiguiendo reducir la sustentación en uno de los planos sin aumentarla en el otro, los cuales se utilizan para ayudar a los alerones en su función. Los flaps se pueden desplegar 8°, 20°, 30° y 45°.

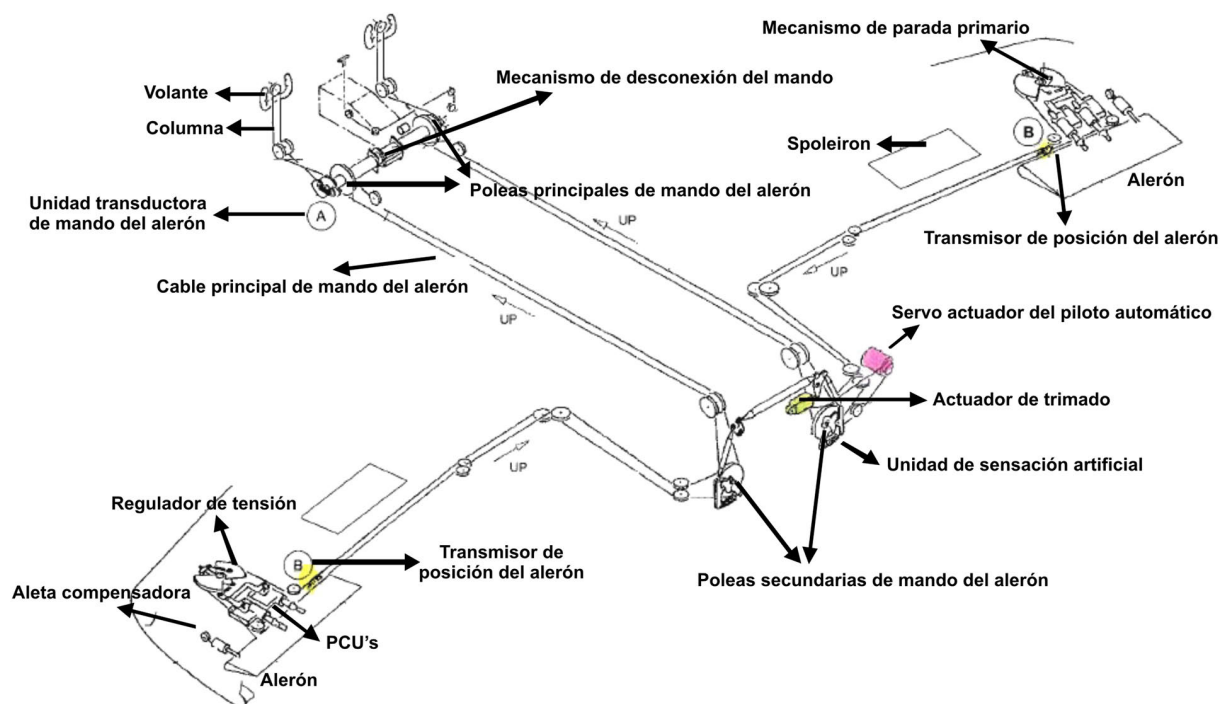


Figura 4. Esquema del control de alabeo

Las velocidades máximas a las cuales el avión puede ser operado con los flaps extendidos son 215 KIAS hasta 20°, 185 KIAS para 30° y 170 KIAS para 45°. La máxima velocidad de operación con turbulencias es 280 KIAS ó 0,75 MACH, el que sea menor de ambos. La máxima componente de viento cruzado demostrado sobre pista mojada es 27 kt tanto para el despegue como para el aterrizaje. Está componente de viento no se considera como límite.

1.4. Información sobre el aeropuerto

El aeropuerto de Vigo (LEVX) tiene la categoría 4-C² de OACI. Su plan director fue aprobado por la ORDEN FOM/17395/2001, y su actividad principal es el tráfico nacional regular de pasajeros.

Según la información recogida en el AIP (Publicación de Información Aeronáutica), su punto de referencia tiene como coordenadas 42° 13' 45" N – 8° 37' 39" E y una elevación de 261 m (855 ft).

Tiene una pista designada como 02–20, de 2.400 m de longitud y 45 m de anchura, con una pendiente ascendente desde la cabecera 02 hacia la cabecera 20 del 0,45% en los primeros 750 m, del 0,21% en los siguientes 810 m, y del 0,75% en los últimos 840 m. La orientación real de la pista respecto al norte magnético es 15°-195°, siendo la declinación magnética 4° W con una variación anual de 9' E.

Dispone de dos calles de salida rápida, designadas como C1 y C3. La primera está a la derecha de la pista 20, a la altura del punto de referencia, y comunica la pista con la plataforma mediante una calle de rodaje de 22 m de anchura. La otra está situada como continuación de la pista 20, y también comunica esta con la plataforma mediante una curva de 180° (véase figura 5).

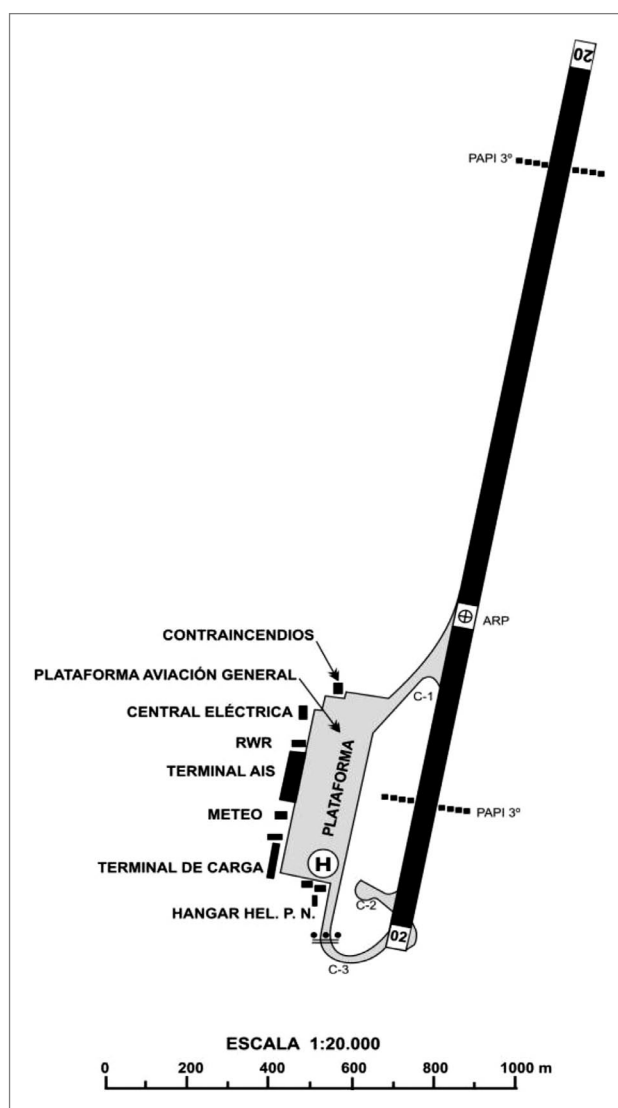


Figura 5. Plano del aeródromo

² (4) Longitud de pista igual o superior a 1.800 m. (C) Envergadura de 24 a 36 m, y vía del tren principal de 6 a 9 m.

1.5. Información meteorológica

La Agencia Estatal de Meteorología informó que el día del incidente, a las 16:10 h la situación meteorológica era la siguiente:

Situación general en la Península Ibérica

Depresión de 980 hPa al oeste de Francia, moviéndose hacia el Nordeste. Anticiclón de 1.020 hPa sobre Marruecos. Frente frío muy activo atravesando la Península Ibérica y extendiéndose desde el suroeste peninsular hasta los Pirineos. Vientos del oeste fuerte en todos los niveles sobre la Península Ibérica.

Situación en la ruta Bilbao-Vigo

Un frente frío muy activo atravesó por la mañana el Norte Peninsular, y produjo a primeras horas de la tarde nubosidad abundante del tipo CU, SC y AC, con TCU y CB aislados. Había lluvias y chubascos, algunos locales, en forma de nieve, y turbulencias de moderadas a fuertes, en zonas montañosas. Había condiciones de engelamiento, ondas de montaña, y viento fuerte del tercer cuadrante en todos los niveles, aumentando con la altura sobre la vertical de Galicia de 30 kt en niveles bajos a 79 kt a los 15.000 ft y a 98 kt en los 30.000 ft, y sobre la vertical de Vizcaya de 30 kt en niveles bajos a 55 kt en los 15.000 ft y a 89 kt a los 30.000 ft.

Situación en el aeropuerto de Vigo

Viento de dirección 240°, con variación direccional entre 200° y 290°, y velocidad de 22 kt con rachas de hasta 37 kt. Visibilidad de 6.000 m. Algo de nubes a 1.500 ft, y muy nuboso con nubes TCU a 20.000 ft. Chubascos de lluvia. Temperatura de 12 °C. El METAR de las 16:00 en el aeropuerto Vigo era el siguiente:

METAR LEVX 251500Z 24019G33KT 200V290 6000 SHRA FEW015 BKN020TCU
12/09 Q1000 WS ALL RWY=

Su información se traducía como:

- Viento de dirección 240°, variable entre 200° y 290°, con velocidad de 19 kt y ráfagas de 33 kt.
- Visibilidad horizontal de 6.000 m.
- Chubascos de lluvia con nubosidad escasa a 1.500 ft, y nublado a 2.500 ft con nubes de tipo cúmulos de desarrollo vertical.
- La temperatura era de 12 °C y el punto de rocío de 9 °C.
- El QNH era de 1.000 hPa y había viento en cizalladura en toda la pista.

1.6. Comunicaciones

Las comunicaciones más relevantes entre la torre y el avión son estas:

Hora	Estación	Contenido
17:05:15	Aproximación	Te paso al 8962
	Torre	Conmigo el AIR Nostrum
17:05:32	ANE 8962	Vigo, buenas tardes, Air Nostrum 8962
	Torre	Air Nostrum 8962 Vigo Torre, buenas tardes, autorizado a aterrizar pista 20 viento 240° 19 kt rachas 29
	ANE 8962	Autorización a aterrizar 20, 8962
	Torre	Air Nostrum 8962 pista mojada y para su información un Airbus 320 notificó «windshear» a menos de 1.000 ft hace aproximadamente dos horas y media
	ANE 8962	Recibido 8962
17:09:19	Torre	Viento 230, 18 kt
	ANE 8962	Recibido
17:09:40	Torre	Vigo, a la vista el Air Nostrum
	Aproximación	Te paso al 0570
	Torre	Copiado, conmigo el Iberia
17:10:07	Torre	Viento 250, 23 kt
	ANE 8962	Copiado
17:11:12	Torre	Air Nostrum 8962, abandone primera a su derecha y con el señalero al estacionamiento, y me confirma si notó cizalladura
	ANE 8962	Sí, la máquina no nos ha dado indicación de «windshear» en ningún momento, pero sí, sí hay cambios bruscos de velocidad
	Torre	Air Nostrum 8962 recibido, hasta ahora
	ANE 8962	Hasta ahora
17:12:50	ANE 8962	Sí, Vigo, el amarillo ¿dónde ha ido?
	Torre	Pues ahora mismo le confirmo
	ANE 8962	Parece que viene ya por ahí a ver si nos aparca en algún sitio
	Torre	A ver, a ver si hay suerte
17:13:08	Torre	Dime
	Coordinador	Hola mira, en inicio estaba prefijado para el 9, si quieres oriéntalo para que vaya al 9
	Torre	Ya tiene al señalero delante, no sé qué problema tendría pero ya parece que está solucionado

1.7. Información sobre la alineación y estabilización de la aproximación final

De acuerdo con el Manual de Operaciones del operador, con el fin de lograr una aproximación final y un aterrizaje seguro, es necesario mantener una aproximación estabilizada, con la configuración requerida y el avión alineado con la pista.

El manual expresa, que se considerará que el avión está estabilizado cuando concurren simultáneamente los siguientes parámetros: avión en la trayectoria correcta (alineado con la pista), velocidad superior a V_{REF}^3 , y menor que $V_{REF}+20$ kt, régimen de descenso inferior a 1.000 ft/min, ILS dentro de un punto de LOC/GS, - Briefings y listas completadas y configuración correcta de aterrizaje (Tren y Flap) según lo descrito en el manual de operaciones (parte B).

Por otra parte, se considera que un avión está alineado con la pista cuando en aproximaciones de no precisión está desviado como máximo $\pm 5^\circ$ con el eje de la pista, y en aproximación de precisión está en ± 1 punto en el indicador de localizador.

Si durante una aproximación instrumental con referencias visuales (VMC) o una aproximación visual, el avión no está estabilizado 500 ft por encima de la elevación de la zona de contacto (TZDE) se deberá hacer la maniobra de aproximación frustrada. En cualquier caso los planos deberán estar siempre nivelados 300 ft por encima del TDZE («Touchdown Zone Elevation»).

Si por causas de fuerza mayor (requerimientos de ATC, emergencia, o cualquier otra situación imprevista) no se pudiera mantener alguno de los parámetros señalados en el concepto de aproximación estabilizada el Comandante, para garantizar la culminación segura de la aproximación, deberá dar un briefing especial al respecto.

Por otra parte, en el manual de operaciones se establece con referencia al aterrizaje efectuado por el copiloto, que cuando sea este quién realice el aterrizaje, efectuará todas las operaciones relacionadas con el mismo (reversa, etc.) a menos que el Comandante, en el «briefing» hubiera especificado otra cosa.

Se hará cargo del avión el Comandante antes de alcanzar la velocidad de 60 kt, debiendo quedar bien claro y de forma inequívoca el momento en que se haga la transferencia.

1.8. Registradores de datos de vuelo

1.8.1. *Parámetros generales durante un intervalo de tiempo próximo al impacto*

El registrador que llevaba instalado el avión era modelo L3 COMMUNICATIONS FA2100 de memoria en estado sólido (SSFDR).

³ V_{REF} es la velocidad de referencia de aterrizaje a una altura de 50 ft por encima del umbral en la configuración de aterrizaje normal. El máximo valor de V_{REF} es 141 kt.

En la tabla siguiente se han seleccionado algunos de los parámetros de vuelo que resultan más significativos, en un intervalo de tiempo en el que está incluido el instante en el que golpeó con el plano derecho en el suelo.

Hora	Altura (ft)	Viento		Alabeo roll (°)	Cabeceo pitch (°)	Veloc.		Alerones (°)		Flaps (°)		Spoileron		Spoilers	
		Vel.	Dir.			IAS	G.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
17:09:42	19	32	248	3	-2	146	137	-10	-10	45	43	1	6	0	0
17:09:43	15	32	248	0	-1	152	136	-1	0	45	43	1	1	0	0
17:09:44	10	32	248	1	-3	150	145	-9	-10	45	43	1	6	0	0
17:09:45	8	32	247	3	-1	146	141	0	1	45	43	1	1	0	0
17:09:46	5	32	247	3	-1	140	136	4	1	45	43	1	1	0	0
17:09:47	5	32	247	0	-1	144	129	-4	-2	45	43	1	1	0	0
17:09:48	2	32	247	-8	-3	146	137	2	0	45	43	1	1	0	0
17:09:49	2	30	246	12	-1	137	132	-21	-17	45	43	1	17	0	0
17:09:50	1	30	246	-4	0	129	125	7	-4	45	43	1	4	0	0
17:09:51	1	30	246	-1	0	123	116	-9	-10	45	43	50	50	49	50
17:09:52	1	30	246	1	0	124	112	-12	-14	45	43	50	50	50	50
17:09:53	0	30	245	0	-1	116	108	-14	-15	45	43	50	50	49	50

Del estudio de los datos se puede ver que en el momento en el que el avión alabeó a la izquierda por efecto del viento, se encontraba aproximadamente a 2 ft del suelo, y volaba con una velocidad indicada de 146 kt. El viento tenía 247° de dirección y soplaban con una velocidad de 32 kt.

Al realizar el alabeo comandando a la derecha en el instante inmediatamente posterior para corregir el que había inducido el viento, se encontraba prácticamente a la misma altura y la velocidad indicada era de 136 kt (10 kt por debajo).

Ni la dirección del viento, ni su velocidad variaron prácticamente de un instante a otro. El avión, en ese intervalo no tuvo aceleración lateral, y su aceleración vertical, era solo de 1 m/s² (la aceleración no se ha reflejado en la tabla).

La posición de los mandos de vuelo en el mismo intervalo de tiempo, indica que a las 17:09:48 cuando el avión se encontraba a 5 ft de altura (1,524 m), pasó de tener un ángulo de alabeo de 8° a la izquierda a un ángulo de 12° a la derecha en 1 s.

Los alerones pasaron de tener un ángulo negativo antes del impacto, a tener un ángulo positivo.

Los spoilers estaban retraídos antes del impacto y se empezaron a desplegar 2 s después del golpe, de la misma manera que ocurrió con los spoilerones.

Los flaps estaban desplegados alrededor de 44°. El registro concreto era de 45° en el lado izquierdo y 43° en el lado derecho, es decir, desplegados totalmente.

Los spoilers se desplegaron 2 s después del impacto, una vez que el avión se encontraba en tierra.

1.8.2. *Parámetros relacionados con la aproximación estabilizada*

Durante la fase de aproximación, el avión interceptó el localizador y la senda a las 17:04, cuando estaba a 15 NM de la pista, llevando el piloto automático conectado.

El viento registrado en ese momento era 52 kt con dirección 261°, lo que se traducía en una componente de viento cruzado que obligaba al avión a volar con un ángulo de deriva de 12° a la izquierda para contrarrestar la acción del viento.

A las 17:07:34, a 4,9 NM de la pista, la tripulación deflectó los flaps a 45°. En este momento el avión estaba configurado para el aterrizaje y tenía una velocidad IAS de 150 kt.

Durante la fase de aproximación, con el piloto automático conectado no hubo desviaciones del localizador ni de la senda y el régimen de descenso variaba entre 600 ft/min y 800 ft/min. La aproximación hasta ese momento era estable.

A las 17:08:25, es decir, 9 s antes de desconectar el piloto automático la velocidad indicada empezó a bajar de 152 kt a 132 kt y puntualmente alcanzó un ángulo de picado de 40°, para pasar a continuación a un ángulo de encabritado de 0,70°.

A las 17:08:34, a 2,6 NM de la pista, la tripulación desconectó el piloto automático. En ese momento el avión se encontraba a una altitud QNH de 1.700 ft (a una altura de 871 ft respecto del umbral de la pista).

Nada más desconectar el piloto automático el avión empezó a sufrir cambios en el alabeo que fueron corregidos por el piloto a los mandos, hasta que después de 9 s. logró centrarlo de nuevo. A la vez el ángulo de cabeceo también registró variaciones importantes.

Durante estas variaciones en los ángulos de alabeo y cabeceo, el avión empezó a desviarse a la izquierda del localizador y por encima de la senda. La desviación del

localizador llegó hasta un máximo de $1,21^\circ$ hacia la izquierda, pero a 0,4 NM de la pista el avión volvió a estar alineado con el eje de la pista.

Por el contrario, la desviación de la senda llegó a alcanzar los $2,07^\circ$ puntos por arriba. A las 17:09:28, a 0,625 NM de la pista, el avión bajó por debajo de la senda.

A las 17:09:36, durante la aproximación final, cuando la aeronave se encontraba a una altitud de 137 ft de la cabecera de la pista 20 se registró un aviso del sistema de aviso en proximidad («Ground Proximity Warning System» – GPWS) que duró 7 s y que evidenció esta desviación de la senda de planeo.

La máxima desviación registrada por debajo de la senda fue $3,64^\circ$. Durante el aviso la velocidad indicada (IAS) varió entre 154 kt y 144 kt, sin que se registrase ningún intento por parte de la tripulación de corregir el origen del aviso. El régimen de descenso mínimo mientras el avión estuvo por arriba de la senda, fue 1.400 ft/min.

En la fase final del aterrizaje, cuando la aeronave se encontraba a 50 ft la potencia N1 era del 75,5%. A partir de este momento la potencia fue bajando hasta llegar al 32% en el momento justo de la toma (la potencia N1 al ralentí es del 25%).

Antes de tomar el piloto a los mandos corrigió el ángulo de guiñada con el timón alineando el avión y la vez alabeó 2° a la derecha.

La rueda de morro fue la primera en contactar con la pista, cuando el avión tenía un ángulo de cabeceo de $0,79^\circ$. En el momento en el que la rueda de morro contactó con la pista el avión alabeó a la izquierda hasta $8,09^\circ$ sin intervención del piloto a los mandos.

La reacción de la tripulación fue girar bruscamente los mandos a la derecha haciendo que el avión alabease un ángulo de $11,7^\circ$, y que el extremo del plano derecho rozase en el suelo.

Los parámetros que indican si se realizó una aproximación estabilizada, están reflejados en la siguiente tabla, partiendo desde 49 s antes del momento del impacto del plano contra el suelo, cuando se encontraba a 1.459 ft.

Teniendo en cuenta que la altura que refleja la tabla, obtenida del radioaltímetro, solamente está medida en algunos momentos concretos, y que la velocidad vertical, no se graba en el registrador, se calculó el régimen de descenso teniendo en cuenta la variación de altitud en relación con el tiempo.

De esta manera se obtuvo que a las 17:09:01 se encontraba a 1.459 ft, y a las 17:09:48 estaba a 2 ft. Esto quiere decir que en 47 s había descendido 1.457 ft, que se traduce en un régimen de descenso de 1.862,56 ft/min.

Si tomamos un intervalo menor, por ejemplo desde las 17:09:01 hasta las 17:09:24, hora a la que se encontraba a 695 ft, vemos que en 23 s descendió da un régimen de descenso de 1.993,045 ft/min.

Cuando alcanzó los 500 ft, pasó de estar a 524 ft a las 17:09:31 a estar a 219 ft a las 17:09:35, lo que supuso un régimen de descenso de 4.575 ft/min.

Hora	Altura (ft)	Tren	Velocidad (kt)		Flaps (°)		Desviación del ILS (°dot)	
			IAS	G.S.	Izquierdo	Derecho	Localizador	Senda
17:09:01	1.459	ABAJO	155	140	45	43	1	1,8
17:09:02		ABAJO	155	140	45	43	1	1,8
17:09:03		ABAJO	148	136	45	43	1	1,9
17:09:04		ABAJO	161	146	45	43	1	1,9
17:09:05	1.361	ABAJO	160	148	45	43	1	1,9
17:09:06		ABAJO	160	146	45	43	1	1,9
17:09:07		ABAJO	160	138	45	43	1	2
17:09:08		ABAJO	155	135	45	43	1	2
17:09:09	1.198	ABAJO	154	128	45	43	1	1,9
17:09:10		ABAJO	148	121	45	43	1	1,9
17:09:11		ABAJO	147	123	45	43	1	1,8
17:09:12		ABAJO	145	120	45	43	1	1,8
17:09:13	1.102	ABAJO	148	128	45	43	1	1,7
17:09:14		ABAJO	144	121	45	43	1	1,4
17:09:15		ABAJO	149	126	45	43	1	1,4
17:09:16	940	ABAJO	146	123	45	43	1	1
17:09:17		ABAJO	145	123	45	43	1	1
17:09:18		ABAJO	143	124	45	43	1	0,7
17:09:19		ABAJO	143	125	45	43	1	0,7
17:09:20	794	ABAJO	147	133	45	43	1	0,4
17:09:21		ABAJO	148	135	45	43	1	0,4
17:09:22		ABAJO	146	134	45	43	1	0,1
17:09:23		ABAJO	148	141	45	43	1	0,1
17:09:24	695	ABAJO	158	145	45	43	0	-0,1

Hora	Altura (ft)	Tren	Velocidad (kt)		Flaps (°)		Desviación del ILS (°dot)	
			IAS	G.S.	Izquierdo	Derecho	Localizador	Senda
17:09:25		ABAJO	153	139	45	43	0	-0,1
17:09:26		ABAJO	147	128	45	43	0	-0,2
17:09:27		ABAJO	144	125	45	43	0	-0,2
17:09:28	611	ABAJO	144	129	45	43	0	-0,3
17:09:29		ABAJO	142	127	45	43	0	-0,4
17:09:30		ABAJO	138	123	45	43	0	-0,4
17:09:31	524	ABAJO	137	126	45	43	0	-1,1
17:09:32		ABAJO	145	134	45	43	0	-1,1
17:09:33		ABAJO	154	148	45	43	0	-2
17:09:34		ABAJO	154	144	45	43	0	-2
17:09:35	219	ABAJO	155	143	45	43	0	-2,5
17:09:36		ABAJO	149	138	45	43	0	-2,5
17:09:37		ABAJO	157	140	45	43	0	-2,9
17:09:38		ABAJO	146	129	45	43	0	-2,9
17:09:39	83	ABAJO	144	128	45	43	0	-3,5
17:09:40		ABAJO	146	126	45	43	0	-3,5
17:09:41		ABAJO	151	138	45	43	0	-3
17:09:42	19	ABAJO	146	137	45	43	0	-3
17:09:43	15	ABAJO	152	136	45	43	0	-3,2
17:09:44	10	ABAJO	150	145	45	43	0	-1,3
17:09:45	8	ABAJO	146	141	45	43	0	-1,3
17:09:46	5	ABAJO	140	136	45	43	0	2,2
17:09:47	5	ABAJO	144	129	45	43	0	2,2
17:09:48	2	ABAJO	146	137	45	43	0	1,1
17:09:49	2	ABAJO	137	132	45	43	0	1,1
17:09:50	1	ABAJO	129	125	45	43	0	1
17:09:51	1	ABAJO	123	116	45	43	0	1
17:09:52	1	ABAJO	124	112	45	43	0	-1,9
17:09:53	0	ABAJO	116	108	45	43	0	-1,9

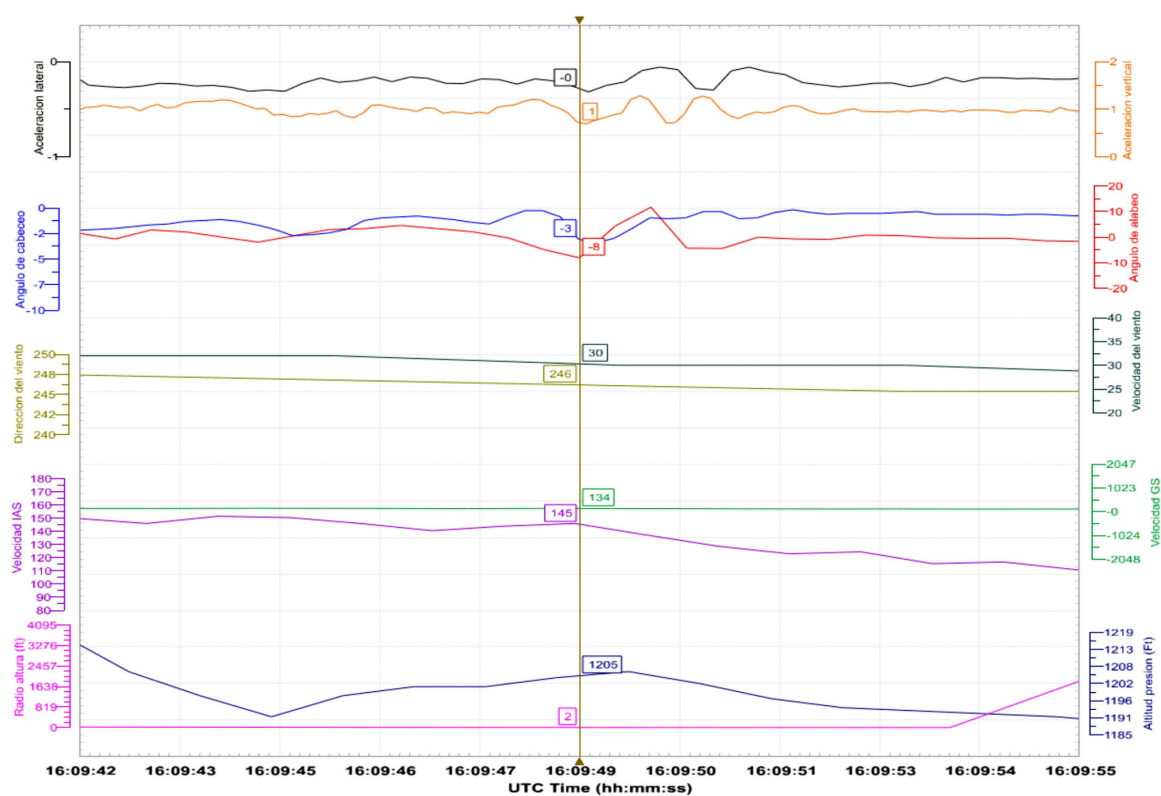


Figura 6. Parámetros generales durante el alabeo a la izquierda

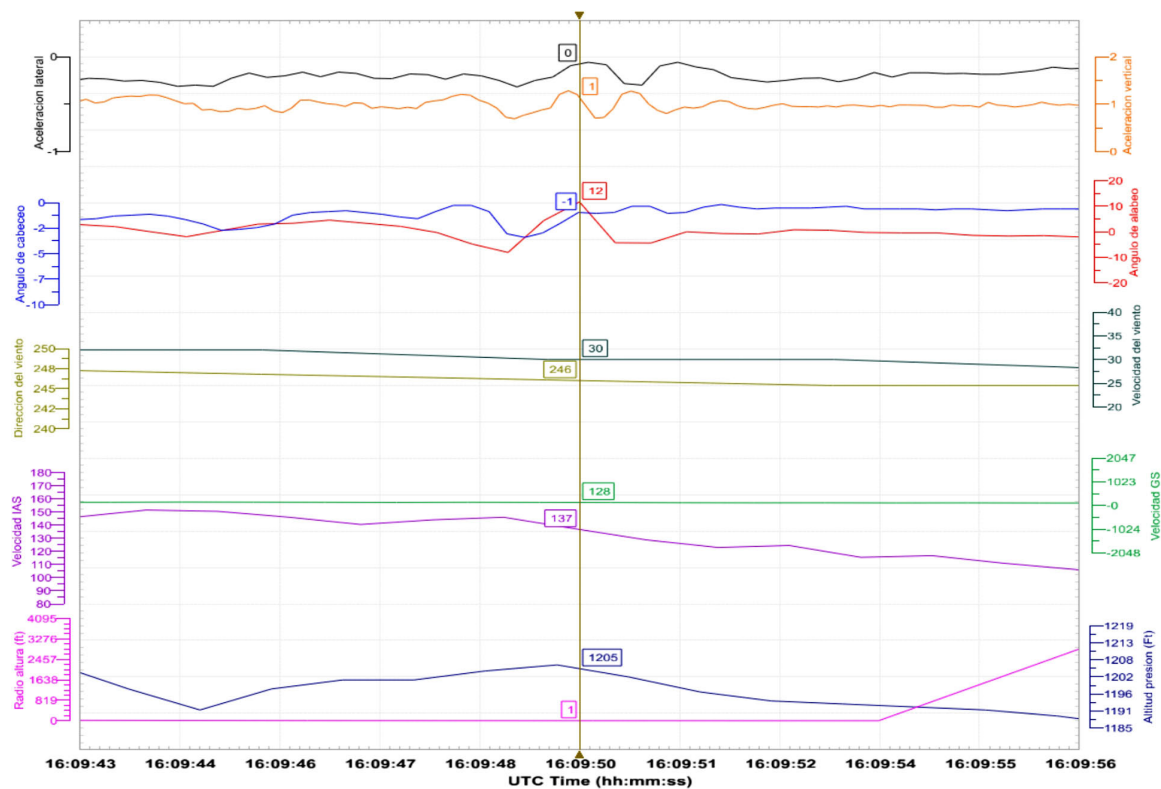


Figura 7. Parámetros generales durante el alabeo a la derecha

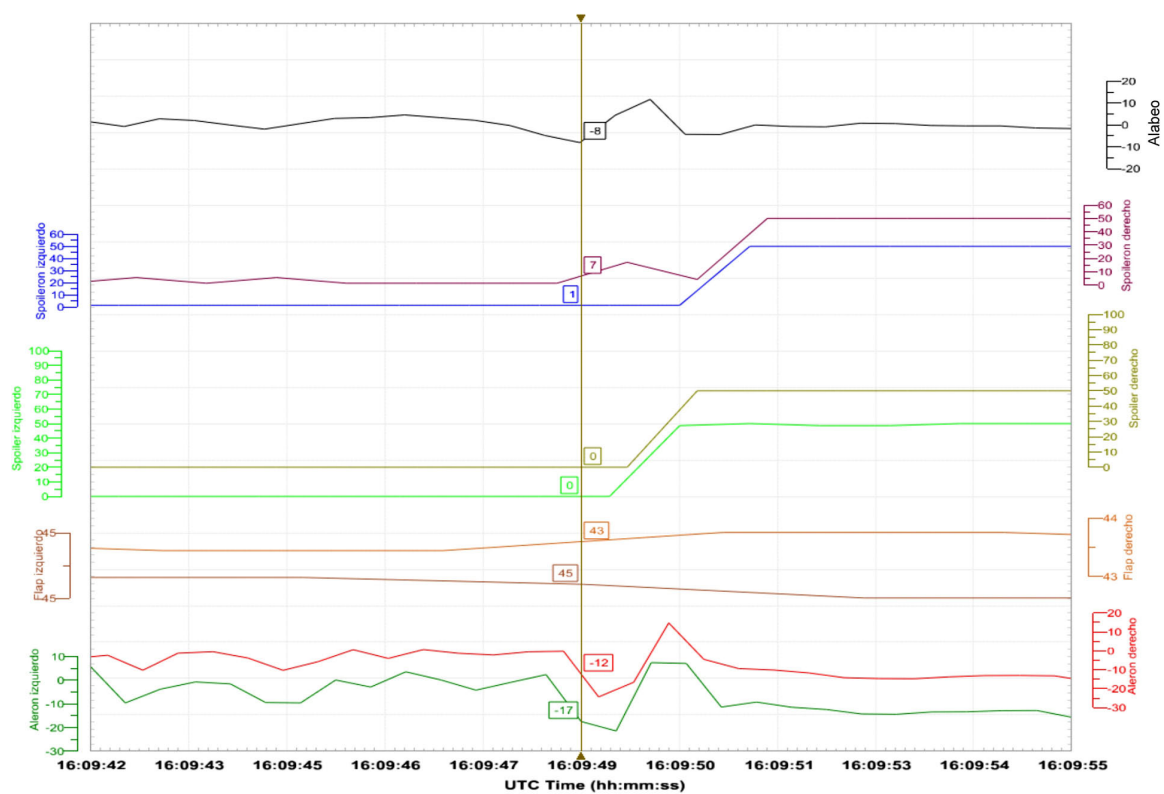


Figura 8. Mandos de vuelo durante el alabeo a la izquierda

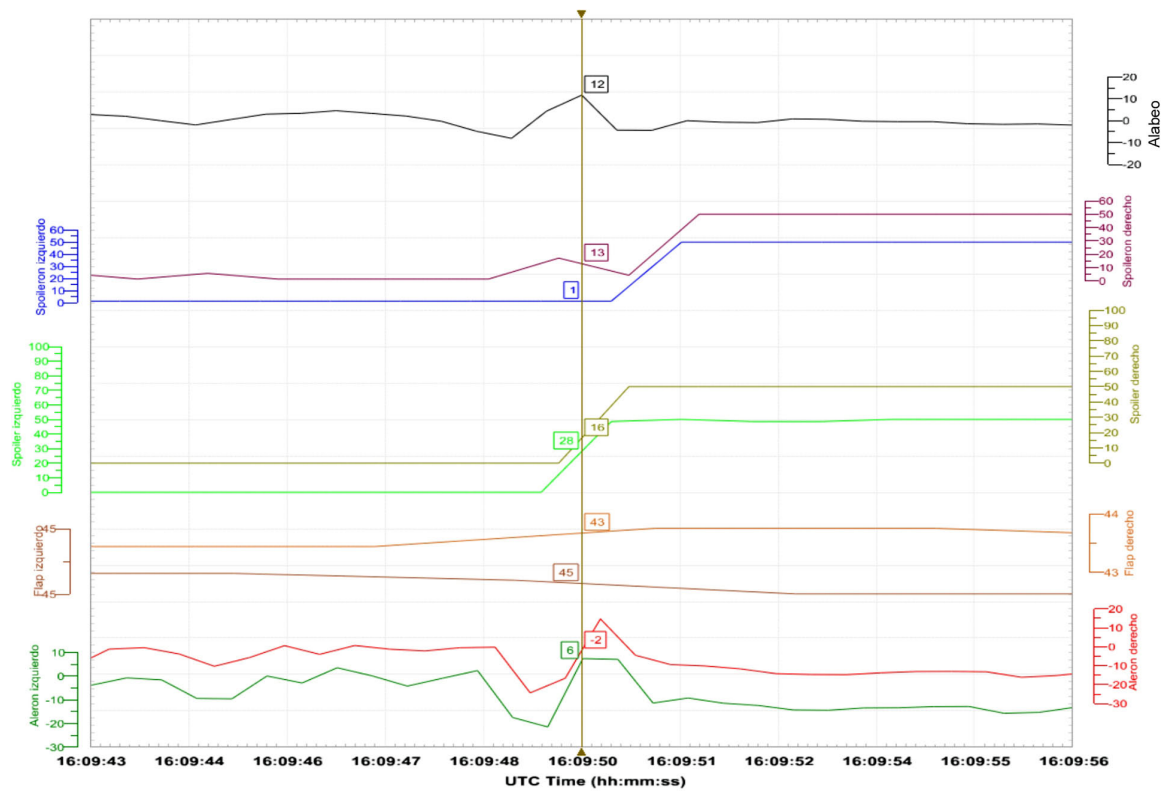


Figura 9. Mandos de vuelo durante el alabeo a la derecha

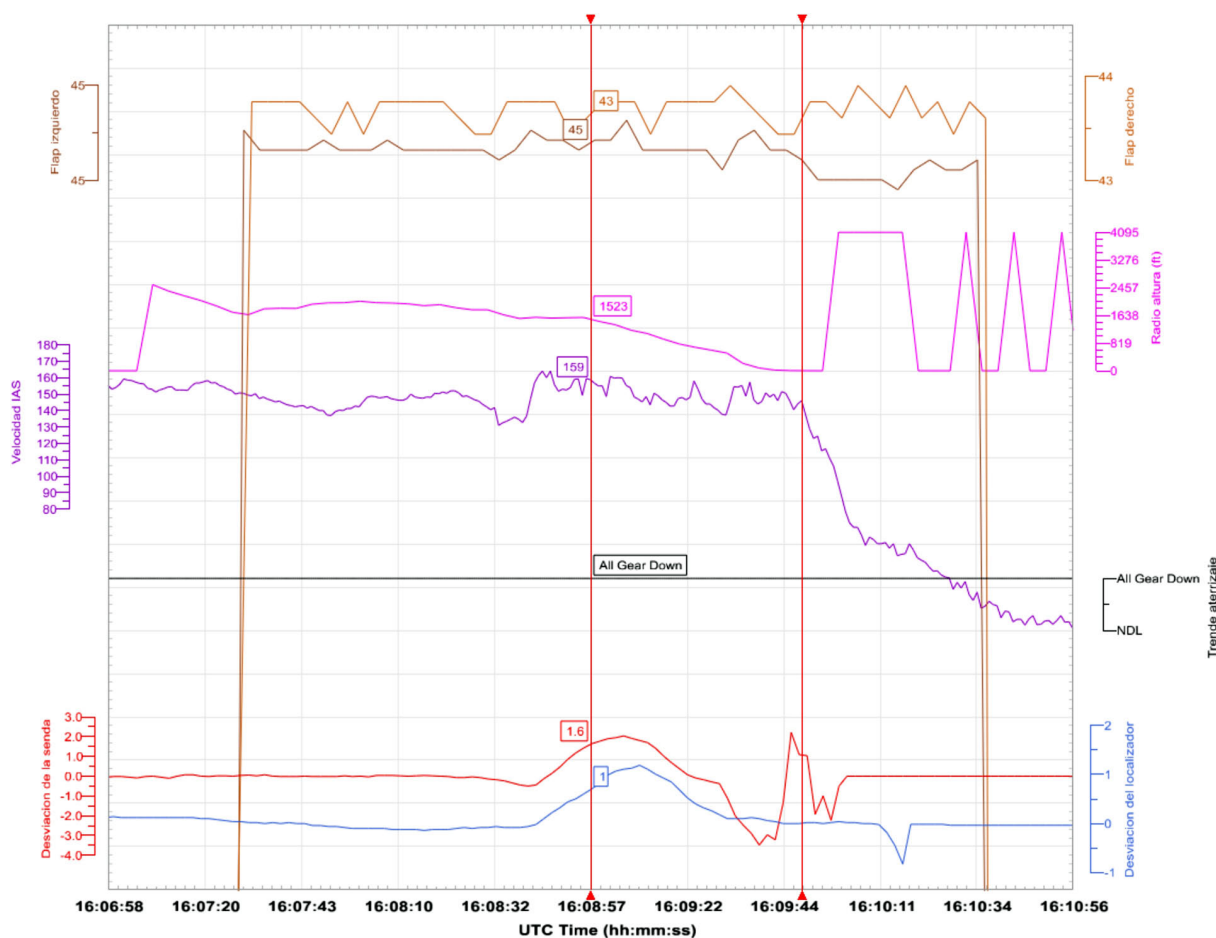


Figura 10. Parámetros de una aproximación estabilizada

1.9. Acciones correctivas tomadas por el Operador

De acuerdo con la información facilitada por el operador, después del incidente se analizaron todos los parámetros de vuelo, y se realizó un informe detallado que reflejaba cuál fue la actuación de la tripulación durante la aproximación y el aterrizaje.

El operador informó también que como parte de su sistema de gestión de la seguridad y del análisis de riesgos, controla mensualmente desde hace varios años, con un programa informático, los parámetros de los vuelos y las tendencias en cuanto a las aproximaciones no estabilizadas, analizando dónde y porqué se producen, y tomando las medidas correctoras oportunas.

Los datos obtenidos de este análisis forman parte de los indicadores de seguridad del operador y son enviados todos los meses a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

También informó que después del incidente se tomaron las siguientes acciones correctoras:

- Se envió un comunicado a todos los pilotos donde se revisaban las técnicas de aterrizaje del CRJ 200.
- Se diseñó una presentación que es expuesta en cada curso de refresco al finalizar las «lecciones aprendidas» de este incidente.
- Se creó un escenario en el simulador para que todos los pilotos pasaran por situaciones meteorológicas parecidas a las que se encontraban en Vigo.
- Operaciones ha reducido el límite de viento cruzado en el aeropuerto de Vigo a 20 kt.

2. ANÁLISIS

El manual de operaciones de la compañía indica que para realizar tanto una aproximación final como un aterrizaje seguro se debe de realizar una aproximación estabilizada. De acuerdo con esto define con claridad cuáles son las condiciones que se deben de cumplir en tal caso, las cuales coinciden con los estándares publicados por la Flight Safety Foundation⁴.

Se considera una aproximación estabilizada cuando concurren simultáneamente que el avión esté alineado con la pista, que la velocidad indicada se encuentre entre la V_{REF} y la $V_{REF} + 20$ kt, que el régimen de descenso sea inferior a 1.000 ft/min, que la desviación del ILS no sea superior a un punto tanto para el localizador como para la senda, que tanto el briefing como las listas de chequeo estén completadas y que la configuración del tren de aterrizaje y de los flaps sea la correcta según lo descrito en el manual de operaciones (parte B).

El manual también expresa que en cualquier caso los planos deberán estar siempre nivelados 300 ft por encima de la elevación de la zona de contacto, y en el caso de que el avión no esté estabilizado 500 ft por encima de dicho punto, se deberá frustrar la aproximación.

De acuerdo con los datos que se obtuvieron del registrador de datos de vuelo, la velocidad indicada sí que se mantuvo dentro de los márgenes establecidos para una aproximación estabilizada, ya que en ningún momento estuvo por debajo de la V_{REF} , ni excedió de la $V_{REF} + 20$ kt. Por el contrario, el régimen de descenso se mantuvo fuera del margen establecido durante toda la aproximación final. Incluso en algunos momentos fue casi al doble de lo estipulado.

Tanto el tren de aterrizaje como los flaps sí que llevaban la configuración adecuada durante la aproximación.

En cuanto a la posición del avión respecto del localizador y de la senda del ILS, sabemos que la primera parte de la aproximación se efectuó con el piloto automático conectado

⁴ Organismo independiente para la seguridad aérea que define estándares de calidad mundialmente reconocidos.

y fue totalmente estable. En el momento en el que la tripulación desconectó el piloto automático el avión sufrió una variación brusca en sus movimientos de alabeo y cabeceo. La tripulación estabilizó el avión manualmente después de 9 s, pero como consecuencia de estos movimientos el avión quedó desviado a la izquierda del localizador y por encima de la senda.

Para volver a la posición correcta en la senda y el localizador, la tripulación puso un régimen de descenso muy elevado, que permitió que a 0,6 NM de la pista estuvieran de nuevo en la senda, y a 0,4 NM estuvieran centrados en el localizador. No obstante mantuvieron el régimen de descenso elevado, lo que hizo que se situasen de nuevo fuera de la senda, esta vez por debajo, lo que provocó un aviso del GPWS, sin que hubiera una reacción por parte de la tripulación durante los 7 s que duró el aviso.

A 50 ft la tripulación redujo la potencia del motor, pero sin ponerla al ralentí, lo que hizo que en el momento de subir el morro para la recogida final, el morro no subiera lo suficiente, y se tocara primero con el tren delantero.

La posición de desequilibrio que tenía el avión al estar apoyado solamente en el tren delantero hizo más fácil que la acción del viento levantara el plano derecho.

En consecuencia, como no se dieron simultáneamente todos los requisitos definidos para una aproximación estabilizada, lo razonable hubiera sido frustrar el aterrizaje.

El manual de operaciones recoge que si por causas de fuerza mayor (requerimientos de ATC, emergencia, o cualquier otra situación imprevista) no se pudiera mantener alguno de los parámetros señalados en el concepto de aproximación estabilizada, el Comandante, para garantizar la culminación segura de la aproximación, deberá dar un briefing especial al respecto.

Al no contar con el registrador de voces en cabina, no fue posible averiguar si la tripulación completó todas las listas, si se produjo un reparto de tareas efectivo, ni si fueron conscientes de que estaban fuera de los márgenes establecidos para una aproximación estabilizada, y tampoco si como consecuencia de ello el Comandante realizó el briefing especial requerido por el manual de operaciones.

Por otra parte, en el manual de operaciones se refiere al aterrizaje efectuado por el copiloto, diciendo que efectuará todas las operaciones relacionadas con el mismo a menos que el Comandante, en el «briefing» hubiera especificado otra cosa, y que en todo caso, el Comandante debería hacerse cargo del avión antes de alcanzar la velocidad de 60 kt, debiendo quedar bien claro y de forma inequívoca el momento en que se haga la transferencia.

Tampoco fue posible corroborar este extremo, pero de acuerdo con las informaciones ofrecidas por la tripulación, parece claro que en ningún momento se produjo una

transferencia de los mandos, sino que el comandante actuó sobre el volante sumando su acción a la del copiloto, que era quién estaba volando el avión.

En este sentido, la cantidad total de horas de vuelo que acumulaba (5.362) el copiloto, de ellas 4.322 h hechas en el tipo, así como el entrenamiento periódico que había realizado se muestran como suficientes para pensar que no fue una posible falta de experiencia, ni de pericia lo que propició el impacto del plano contra el suelo. El tiempo que había volado los noventa días anteriores permiten afirmar que existía una continuidad en la actividad de vuelo desarrollada.

Las mismas afirmaciones se pueden realizar respecto del Comandante, como supervisor de la operación.

Las ráfagas de viento cruzado que provenían desde el lado derecho, aunque dentro de las limitaciones demostradas descritas para este avión, hacían que fuera difícil evitar que se produjera cierto alabeo hacia la izquierda, a pesar de que las condiciones meteorológicas eran conocidas por la tripulación. No obstante, a tenor de la experiencia del copiloto y su entrenamiento, no parece que fuera necesaria la intervención del piloto, sumando su acción correctiva a la que ya venía realizando el copiloto durante la aproximación.

Tal vez fue la proximidad al terreno lo que llevo al Comandante a tomar los mandos de manera instintiva pensando que entre los dos podrían contrarrestar mejor el alabeo provocado por el viento, en vez de la aplicación del procedimiento.

Seguramente el impacto se podría haber evitado si hubiera habido una comunicación más eficaz entre los miembros de la tripulación.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- El viento en el aeropuerto durante la aproximación final tenía de dirección 240°, variable entre 200° y 290°, con una velocidad de 22 kt y rachas de hasta 33 kt.
- Durante la aproximación final, la torre informó a la tripulación en al menos dos ocasiones, de las condiciones meteorológicas que había en el aeropuerto.
- Durante la investigación no se detectó ningún tipo de anomalía en el avión ni deficiencias en el mantenimiento.
- Los datos obtenidos del registrador DFDR determinaron que se realizó una aproximación no estabilizada, una vez que se desconectó el piloto automático al estar fuera de los márgenes deseados tanto el régimen de descenso como la posición de la senda del ILS.
- Previamente al impacto el avión realizó un alabeo a la izquierda con un ángulo máximo de 8°.

- A continuación el avión alabeó a la derecha con un ángulo máximo de 12°.
- La punta del plano derecho golpeó contra el suelo cuando estaban a una altura de poco más de 2 ft.
- El avión abandonó la pista con normalidad y con posterioridad se descubrió el daño y se reparó.

3.2. Causas

Se puede considerar como la causa última del incidente el que la tripulación realizara en conjunto, un brusco alabeo hacia la derecha intentando contrarrestar otro que se había producido previamente hacia la izquierda debido a una ráfaga de viento.

Se considera como factor contribuyente el hecho de que se realizase una aproximación no estabilizada sin que se tomase la decisión de frustrar el aterrizaje de acuerdo a lo indicado en el procedimiento.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Durante la investigación se ha constatado que el operador tiene implantado un sistema de calidad para el control de sus operaciones («Flight Operations Quality Assurance») que permite identificar, estudiar y proponer medidas correctoras, entre otras, respecto a las aproximaciones desestabilizadas que se llevan a cabo, por lo que no se consideró necesario emitir ninguna recomendación de seguridad en este sentido.