

RESUMEN DE DATOS

LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	23 de enero de 2001
Lugar	Aeropuerto de Bilbao (Vizcaya)

AERONAVE

Matrícula	CS-TPI
Tipo y modelo	EMBRAER ERJ-145 EP
Explotador	Portugalia

Motores

Tipo y modelo	ALLISON AE 3007A
Número	2

TRIPULACIÓN

Piloto al mando

Edad	41 años
Licencia	Piloto de transporte de línea aérea
Total horas de vuelo	4.450 h
Horas de vuelo en el tipo	1.600 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			4
Pasajeros			25
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Menores
Otros daños	Una baliza de borde de pista rota

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Transp. aéreo comercial – Regular intern. pasajeros
Fase del vuelo	Aterrizaje – Carrera de aterrizaje

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

El vuelo PGA-816 llegaba al área de control de Bilbao el día 23 de enero de 2001 alrededor de las 17:15 h UTC¹.

A bordo de la aeronave Embraer ERJ-145, operada por Portugalia, con dos tripulantes técnicos y dos auxiliares, viajaban 25 pasajeros en un vuelo comercial originado en Oporto.

El vuelo IFR había transcurrido con normalidad. Cuando todavía estaba bajo control Madrid estableció contacto con Aproximación (APP) Bilbao recabando información del aeropuerto. La información que recibió daba a conocer la situación de viento cruzado de 15 kt, con rachas de 30 kt y dirección 240 grados con variaciones a la derecha y a la izquierda, y con turbulencia y posibilidad de cizalladura².

A las 17:17 se transfirió el control de la aeronave de Control Madrid a Aproximación Bilbao. Tenía autorización inicial para dirigirse hasta LEKTO, un punto al SE de Bilbao, en descenso a nivel de vuelo FL 80, desde donde procedería a una aproximación ILS a la pista 30.

APP Bilbao le confirmó que estaba autorizado a proseguir su aproximación ILS y le informó de que las condiciones de viento eran las mismas que le habían transmitido minutos antes.

A 18 NM de Bilbao, a las 17:26, la aeronave había interceptado la senda de ILS a la pista 30. Estaba a la vista de la torre de control (TWR) y fue autorizado a aterrizar en la pista 30 e informado de la presencia de turbulencia moderada, reportada por un tráfico anterior que operó 45 minutos antes. La propia aeronave confirmó la turbulencia, como fuerte, en el punto inicial de la aproximación.

La información actualizada de viento transmitida por TWR a PGA-816 a las 17:30 era de viento de dirección 250 e intensidad 25 kt. En el minuto 31 el viento reportado era de 240° y 20 kt. En el minuto 32, cuando la aeronave se encontraba en el planeo final, el viento giraba al sur haciéndose de 210° y 20 kt.

En esos momentos la aeronave abortó la aproximación e inició el ascenso según el procedimiento de aproximación frustrada. Dirigiéndose, mediante un arco al NE del campo, hasta el punto de aproximación inicial, se dispuso a realizar otro intento de aterrizaje.

Como se habían unido otros tráficos en el circuito de aterrizaje, el vuelo PGA-816 hubo de incorporarse a la secuencia correspondiéndole su turno para aterrizar después de otra

¹ Todas las horas reseñadas están en horario UTC. Para conocer la hora local se debe sumar una unidad horaria a la hora UTC.

² En inglés, «windshear», cambios bruscos en la intensidad y la dirección del viento.

aeronave que le precedía. Cuando realizaba su aproximación esta otra aeronave también frustró a causa del viento y decidió dirigirse a Vitoria.

TWR sugirió utilizar la pista 28 o bien entrar en visual por la pista 30 como alternativa a usar la entrada ILS de la pista 30. El vuelo PGA-816 prefirió volver a intentar la aproximación ILS 30.

Su configuración era de flap a 22° y su peso estimado de unos 16.500 kg.

La segunda aproximación se inició a las 17:48, con viento reportado de 240° y 25 kt que un minuto más tarde era de 250° y 21 kt. Pasados dos minutos, a las 17:51, Portugalía 816 recibió en vuelo la información de viento 250°, 15 kt. La velocidad de la aeronave en la aproximación era de más de 176 kt comparada con la V_{ref} de 121 kt. La aeronave tocó la pista pasada la mitad de su longitud y unos segundos más tarde se salía de ella por su extremo. El avión se detuvo, finalmente, pasado el umbral de la pista 12, a 135 m del mismo y sobre la hierba. No se produjeron daños personales y solamente ligeros daños en la aeronave.

Los servicios de rescate y asistencia en tierra del aeropuerto intervinieron para facilitar y asegurar el desembarque de los pasajeros.

1.2. Daños sufridos por la aeronave

Se ocasionaron daños menores en el tren de aterrizaje tras la rodadura por terreno no preparado y embarrizado. En los motores, principalmente el izquierdo, se produjo ingestión de tierra y proyecciones de barro que dañaron algunos álabes de compresor.

1.3. Otros daños

En la carrera de aterrizaje el avión se desplazó lateralmente a la izquierda arrollando una luz de baliza de borde de pista

1.4. Información sobre la tripulación

La tripulación estaba compuesta por el piloto, el copiloto y dos auxiliares de vuelo.

1.4.1. Comandante

Edad/sexo:	40 años/Varón
Nacionalidad:	Portuguesa
Título:	Piloto de Transporte de Línea Aérea (ATPL)

Fecha de emisión:	03-02-1998
Fecha de caducidad:	05-07-2001
Habilitaciones:	ILS Categoría II: 05-07-2001
Horas totales de vuelo:	4.450 h
Horas en el tipo:	1.600 h
Horas en últimos 90 días:	150 h
Horas en últimos 30 días:	45:48 h
Horas en últimas 24 h:	04:44 h
Descanso previo al vuelo:	11:53 h

1.4.2. Copiloto

Edad/sexo:	33 años/Varón
Nacionalidad:	Portuguesa
Título:	Piloto Comercial de Avión (CPL)
Fecha de emisión:	09-06-1994
Fecha de caducidad:	15-06-2001
Habilitaciones:	ILS Categoría II: 15-06-2001
Horas totales de vuelo:	2.050 h
Horas en el tipo:	1.700 h
Horas en últimos 90 días:	111 h
Horas en últimos 30 días:	30:36 h
Horas en últimas 24 h:	04:43 h
Descanso previo al vuelo:	15 h

1.5. Información sobre la aeronave

El ERJ-145 es un birreactor presurizado diseñado para vuelos regionales, con capacidad para unos 49 pasajeros. Comenzó su operación comercial a finales de 1996 y se han fabricado más de 700 aviones en varias versiones de distinto alcance. Dispone de dispositivos hipersustentadores, flaps, con posiciones de 0°, 9°, 22° y 45°. No va provisto de slats³.

El peso operativo vacío del avión ERJ-145 EP es aproximadamente de unos 12.500 kg.

³ Los slats son dispositivos hipersustentadores retraibles de borde de ataque de las alas.

1.5.1. *Célula*

Marca:	Embraer
Modelo:	EMB 145 EP
Núm. de fabricación:	031
Año de fabricación:	1997
Matrícula:	CS-TPI
MTOW:	22.000 kg
MLW:	19.300 kg
Propietario:	Portugalia
Explotador:	Portugalia

1.5.2. *Certificado de aeronavegabilidad*

Número:	1174/1
Clase:	Normal
Fecha de expedición:	03-06-1998
Fecha de caducidad:	14-03-2001

1.5.3. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo:	8.864
Última revisión:	19-12-2000 – Revisión A2

1.5.4. *Motor*

Marca:	Allison
Modelo:	AE 3007A
Número de serie:	Motor n.º 1: 312037; motor n.º 2: 310085
Última revisión:	18-04-1999, CSN: 6731. 09-04-1999, CSN: 5807 ⁴

⁴ CSN, ciclos totales («cycles since new»).

1.5.5. *Distancia y velocidad de aterrizaje. Limitaciones*

Consultado el manual de vuelo del avión se ha podido comprobar que la distancia de aterrizaje aproximada para las condiciones del día del incidente, elevación nivel del mar y 19 °C de temperatura, era de 1.380 m utilizando configuración de 45° de flap y de 1.500 m con flap de 22°.

La velocidad de referencia para el aterrizaje con 16.500 kg de peso es de $V_{ref} = 121$ kt.

La máxima componente de viento cruzado según la lista de chequeo en los procedimientos por baja visibilidad es de 25 kt.

1.5.6. *Automatismos en los sistemas del avión*

El manual de operación del avión describe el sistema de frenos aerodinámicos compuesto por cuatro paneles instalados en el extradós de las alas. Los dos paneles exteriores actúan como frenos de velocidad aerodinámica que permiten un régimen de descenso mayor y ayudan en la deceleración del avión en vuelo. En tierra los cuatro paneles se utilizan como inhibidores de sustentación («ground spoilers»), permitiendo una mayor eficacia en la frenada.

— **Ground spoiler:** La función de «ground spoiler» despliega los cuatro paneles, sin intervención del piloto, cuando se cumplen las siguientes tres condiciones:

- Avión en el suelo (señal de aire/tierra).
- Ruedas del tren principal girando a más de 25 kt.
- Palancas de gases avanzadas menos de 30°, o bien, ambas N_2 (revoluciones del rotor de alta) por debajo de 60%.

— **Frenos aerodinámicos:** Cuando el piloto selecciona «speed brake» en el panel de control del sistema, las dos superficies de frenos de velocidad en las alas se abren si se dan las dos condiciones siguientes:

- Palancas de gases por debajo de 50°.
- Flaps a 0° o 9°.

1.5.7. *Trabajos de mantenimiento después del incidente*

Tras las inspecciones visuales del avión, y endoscópica del motor n.º 1, fue menester realizar una limpieza profunda de las patas de tren, lavado de motor y del extradós del ala.

Se cambiaron, entre otros elementos, las ruedas de tren principal y de tren de morro, así como los conjuntos de freno 1, 3 y 4. En el motor izquierdo se cambiaron algunos álabes de fan y el spinner.

Las actividades finales para poner la aeronave en servicio comprendieron entre otras las pruebas de los sistemas de mandos de vuelo, de los motores a potencia máxima y de las reversas. En la rodadura del avión se comprobó la eficacia de los frenos de las ruedas. Los resultados fueron satisfactorios.

1.6. Información meteorológica

La información transmitida por el controlador permite conocer que las condiciones meteorológicas se caracterizaban por un viento fuerte de costado en la pista 30, con turbulencia, ráfagas y cambios de dirección. Por lo demás no llovía, la pista estaba seca, la temperatura era de 19 °C y la presión QNH de 1.004 mb. La visibilidad era mayor de 10 km. En el cielo había pocas nubes a 4.000 ft de altura. La altitud de presión del Aeropuerto de Bilbao era de unos 400 ft.

Los vientos reportados por control, antes del incidente, oscilaban entre los 210° y los 250° de dirección. La intensidad del viento variaba de 15 a 25 kt, observándose rachas de 35 y 40 kt.

Las lecturas registradas de los cinemógrafos de la cabecera de la pista 30, entre las 16:50 h y 17:50 h, muestran, en periodos de 10 minutos, que las velocidades del viento oscilaban entre 17 y 21 kt y la dirección media se mantenía entre 220° y 230°, y las rachas máximas oscilaban entre 30 y 39 kt con direcciones entre 200° y 238°.

La mañana de ese día el GPV (Grupo de Previsión y Vigilancia) del INM dio un aviso de aeródromo para el Aeropuerto de Bilbao alertando de un progresivo aumento del viento después del mediodía esperándose rachas que superasen los 42 kt y vientos medios que podrían alcanzar los 33 kt ocasionalmente.

El METAR de las 16:00 h informaba de vientos de 240° y 20 kt de intensidad con rachas de 40 kt.

Los pronósticos de tipo tendencia para toda la tarde del día del accidente indicaban que la intensidad del viento podía superar los 30 kt. Algo similar ocurría con los pronósticos de aeródromo (TAF).

La puesta de sol se produjo ese día en Bilbao a las 17:11 h y el astro se encontraba 7° por debajo del horizonte a la hora del incidente.

1.7. Ayudas a la navegación

El Aeropuerto de Bilbao dispone de ayuda VOR/DME.

La pista 30 está dotada de un sistema ILS CAT 1.

La senda de planeo del ILS tiene una pendiente de 3,35°.

1.8. Comunicaciones

Se mantuvieron las comunicaciones normales de un vuelo IFR de las cuales se ha tenido acceso en transcripciones facilitadas por el centro de control de Madrid y por el Aeropuerto de Bilbao. En esas comunicaciones intervienen Control Madrid, TWR y APP de Bilbao, así como varios vehículos del Servicio de Extinción de Incendios (SEI) y diversas aeronaves.

La reseña del vuelo en el punto 1.1 se basa sustancialmente en la información de las comunicaciones con control, así como también han aportado datos para la redacción del punto 1.12 Supervivencia.

1.9. Información sobre el aeródromo

El Aeropuerto de Bilbao, situado próximo a la costa cantábrica, tiene una elevación de 138 ft. Está rodeado de montañas y obstáculos que condicionan e influyen en la operación significativamente.

Las montañas y picos al sur del aeropuerto, con alturas de hasta 4.839 ft, producen frecuentemente turbulencias en situaciones meteorológicas de vientos de componente sur.

Dispone de dos pistas RWY 10-28 y RWY 12-30 de distancias declaradas:

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
10	2.000	2.250	2.160	2.000
28	2.000	2.055	2.055	2.000
12	2.600	2.650	2.650	2.600
30	2.600	2.700	2.650	2.140

Nota: El umbral de la pista 30 está desplazado 460 m.

El aeropuerto está autorizado a los tránsitos IFR y VFR.

La pista 30 tiene una longitud de 2.600 m y 45 m de anchura. Al final de la pista 30 existe una zona de frenado de 50 m de longitud y de la misma anchura que la pista. Debido a los obstáculos en la aproximación a la pista 30, su umbral se encuentra desplazado 460 m.

La distancia disponible para el aterrizaje es de 2.140 m, a los que se puede añadir 50 m de la zona de parada. Más allá de la zona de parada el terreno no está compactado y no ofrece normalmente capacidad para soportar el peso de aviones en la rodadura.

La orientación magnética de la pista 30 en las fechas del incidente era de 297°.

La superficie de la pista 30 es convexa, presentando una pendiente positiva en el primer tercio del 0,45%. Los dos tercios finales tienen pendiente hacia abajo del -0,31% y del -0,38%, respectivamente. Como la elevación de la cabecera 12 es inferior a la del centro de la pista, su visión desde la torre de control es dificultosa.

1.10. Registradores de vuelo

1.10.1. Registrador de datos de vuelo

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos digitales de vuelo DFDR, del fabricante Allied Signal, con P/N: 980-6022-001 y con S/N: 0335, que registra 128 parámetros por segundo.

Para el análisis y la exposición de los datos del registrador se ha adoptado una escala de tiempos con origen, segundo 0, cuando el avión hace el primer contacto con tierra. La radioaltura en ese instante cero es prácticamente nula y desde entonces se mantiene en cero hasta los últimos registros de la parada final.

Todos los fenómenos ocurridos antes de ese instante tienen una acotación de tiempo negativa en segundos. Los ocurridos con posterioridad tienen tiempo positivo en las referencias, y en los gráficos y tablas de anexos.

El instante $t = 0$ seg de la escala coincide con la hora 17:51:21 h del día 21-01-01.

Como resumen de la lectura de los registros durante los últimos segundos finales de la segunda aproximación a Bilbao, se puede decir que:

- La aeronave seleccionó 22° de flap para la aproximación unos 130 seg antes de la toma y permanecieron en esa posición hasta el final de la carrera de aterrizaje.
- La aeronave sufrió aceleraciones verticales en vuelo del orden de 1,612 g en el instante -72 seg antes de la toma. Un segundo más tarde la aceleración era de 0,646 g.
- Durante la aproximación final el rumbo de la aeronave fluctuó entre los -8° a la izquierda del rumbo de pista y los +2° a la derecha del rumbo de pista (véase Anexo B, Fig. 5).
- Después de la toma de tierra el rumbo del avión fue girando hacia la derecha hasta quedar orientado con un ángulo de 19,4° respecto del eje de pista cuando reposó en la hierba (véase Anexo B, Fig. 5).
- Los mandos de vuelo de alabeo y de timón de dirección se usaron con amplios movimientos tanto en vuelo final como durante la carrera de aterrizaje (véase Anexo B, Figs. 6 y 7).
- La velocidad media, CAS («Calibrated Air Speed»), registrada en la última fase de vuelo, antes de sobrevolar el umbral desplazado de la pista 30, fue de 183 kt, oscilando entre 176 kt y 189 kt.

- Sobrevoló el umbral desplazado aproximadamente a 90 ft⁵ (véase Anexo B, Fig. 9).
- En el segundo 0, con radioaltura prácticamente nula (2 ft) y velocidad CAS 181 kt, se produjo la extensión de los aerofrenos, sin haberse actuado el sensor AIRE/TIERRA.
- En el segundo 10 aparece la señal de freno aerodinámico interior izquierdo desplegado. Las otras aletas de aerofrenos permanecen plegadas.
- En el segundo 12, simultáneamente a la actuación del sensor aire/tierra, se produjo la extensión de las cuatro aletas de los aerofrenos (véase Anexo B, Fig. 3).
- En el segundo 14 se despliegan ambas reversas, y en el segundo 17 al 18 se consigue potencia de los motores en reversa (véase Anexo B, Figs. 4 y 8).
- La presión en los circuitos hidráulicos de frenos de las ruedas aparece en el segundo 13, empezando ya a crecer desde el segundo 12 (véase Anexo B, Fig. 2).
- No se produjo ningún registro de viento de cizalladura.
- En el segundo 24 se registraron 1,8 g de aceleración vertical.
- El avión queda parado en el segundo 29.

Una selección de los parámetros del DFDR se muestra en el Anexo A, en donde se han añadido resultados procedentes de cálculo. En una de las columnas, titulada «DERIVA», se muestra el ángulo del eje longitudinal del avión en cada instante con el eje de la pista. En otra, rotulada «espacio», se muestra la coordenada de la posición del avión en cada segundo respecto del umbral desplazado de la pista 30. La columna «Resta espacio» indica en cada momento el remanente de pista hasta el umbral 12.

En el Anexo B se pueden ver en forma de gráfico la evolución de diversos parámetros en cada instante. Se han separado los parámetros que pudieron afectar a la frenada del avión y los que afectaron al control direccional en la carrera de aterrizaje. Así mismo, se ha graficado la evolución de la velocidad y de la radioaltura en función de la posición calculada del avión sobre la pista 30.

1.10.2. Registrador de voz

La aeronave disponía de un registrador de voces de cabina con grabación continua de 30 minutos de duración. No se pudo disponer de la transcripción de las grabaciones en los minutos finales del vuelo por haberse grabado sobre ellas al mantenerse energizada la aeronave tras la parada.

1.11. Información sobre el lugar del incidente

El incidente se produjo sobre la pista 30 y su prolongación más allá del umbral de la pista 12.

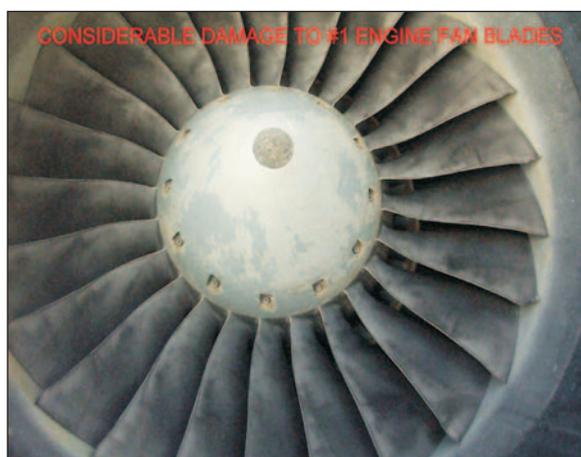
⁵ Para calcular la posición de la aeronave respecto de la pista en cada instante, se ha integrado la velocidad y se han realizado los ajustes necesarios para hacer coincidir las marcas de los neumáticos en la pista con los sucesos registrados.



Las primeras huellas identificadas de los neumáticos aparecieron a unos 1.480 m del umbral desplazado de la pista 30 y centrados en la pista. Después, las huellas continúan dirigiéndose a la izquierda. El tren izquierdo dejó huellas a unos 27 m desde la línea de centro de pista y rompió una baliza del borde izquierdo, en una estación de unos 1.700 m desde la misma referencia del umbral de la pista 30.

Después, las huellas prosiguen recuperando el centro de la pista, la abandonan por su extremo final y avanzan por el barro del terreno sin compactar, durante unos 85 m más.

El avión reposó normalmente sobre su tren de aterrizaje, orientado al rumbo magnético 316°, formando un ángulo de unos 19° con el eje de la pista (véase croquis de la trayectoria en el suelo en Anexo C).





Los daños que presentaba, aparte del embarramiento del tren y las proyecciones de barro sobre los revestimientos y el motor izquierdo, consistían en pequeñas roturas de las compuertas del tren de aterrizaje y daños en los álabes de fan del motor izquierdo.

Los tetones testigos de frenos de las ruedas, dentro de límites, demostraban un desgaste medio de los discos de freno. Se apreciaron señales de temperaturas elevadas en ellos.

No se descubrieron en las pruebas posteriores funcionamientos anormales de los sistemas.

1.12. Supervivencia

No se produjeron fuertes aceleraciones ni incendio que pudieran haber puesto en peligro a las personas.

El avión no fue evacuado por indicación del comandante hasta que se presentaron las jardineras algunos minutos después del incidente.

Según la transcripción de las grabaciones de las comunicaciones de torre, el vuelo comunicó la emergencia a las 17:52:31, menos de un minuto después de haber frenado totalmente. Un minuto más tarde PGA-816 insistió en que estaba en situación de emergencia, fuera de la pista, y preguntó a control si era consciente de su situación.

Mientras el avión estaba en la hierba, fuera del pavimento, el vuelo que le seguía IBE-0434, aterrizó por la pista 28, autorizado por control.

A las 17:57:39, esto es, seis minutos después del incidente, el comandante insistía en que necesitaban asistencia y que tenían riesgo de incendio por alta temperatura de frenos en el tren izquierdo.

Los bomberos, que tenían su sede centrada en la zona del aeropuerto y al sur de las pistas, pidieron permiso para acceder a la cabecera 12 donde se encontraba el avión de Portugalia a través de la pista 10-28. Como quiera que esa pista estaba recibiendo el vuelo IBE-0434, tuvieron que esperar a que aterrizara. Esa aeronave, por su parte, esperó en la cabecera 10 para facilitar el tráfico de los vehículos de socorro.

A los 10 minutos de declararse la emergencia, los bomberos estaban junto al avión coordinando con la tripulación las acciones de seguridad y rescate, y procediendo a la evacuación del avión que se realizó cinco minutos después.

1.13. Ensayos e investigaciones

1.13.1. *Velocidades y componentes del viento*

Estimando un viento medio de 20 kt y de dirección 220° respecto del norte magnético, las componentes del viento en el sentido de la pista de 297° son de 19 kt de viento de costado y de 4 kt de viento en cara.

1.13.2. *Velocidades del avión*

Los valores de velocidad CAS durante la aproximación a Bilbao del vuelo PGA-816 se pueden leer en los registros del DFDR.

Por cálculo se puede conocer la velocidad verdadera TAS («True Air Speed») que depende de las condiciones atmosféricas. Para velocidades CAS del orden de 180 kt, temperatura del aire de 19 °C y altura de presión de 400 ft, la corrección de CAS a TAS es de +3 kt.

La velocidad respecto del terreno que se sobrevuela, GS («Ground Speed»), se halla sumando la componente del viento a la velocidad TAS. Como se ha estimado en -4 kt la componente de viento en cara y en +3 kt la corrección de CAS a TAS, se puede estimar que, aproximadamente, durante el final de la aproximación y a nivel de pista, las velocidades CAS y GS coinciden. Las referencias a datos de velocidad que a lo largo del texto se hacen se pueden entender tanto como GS como CAS, salvo en determinados instantes.

Efectivamente, las velocidades GS son velocidades inerciales y su exactitud es elevada cuando la estimamos con vientos medios. La velocidad CAS puede variar instantáneamente cuando la aeronave atraviesa remolinos y perturbaciones locales del viento.

1.14. Información orgánica y de dirección

1.14.1. Procedimientos de aterrizaje

El FCTM («Flight Crew Training Manual») de Portugalia describe los procedimientos aplicables para las maniobras de aterrizaje del Embraer 145. En ellos se encuentra que:

- Es imperativo que el contacto con pista se produzca con velocidad V_{ref} o menor para no dañar el tren de morro.
- En la aproximación final la velocidad debe ser $V_{ref} + 5$ kt con vientos en calma o de intensidad constante. Cuando existen ráfagas de viento se debe aumentar la V_{ref} en un valor igual a la mitad del valor de la ráfaga esperada. Ese incremento no debe ser nunca superior a 10 kt.
- Para no alargar la distancia de aterrizaje se aconseja no dejar flotar el avión sobre la pista en la recogida y no sobrevolar el umbral con demasiada altura sobre los 50 ft prescritos en las normas de actuaciones.

No se han encontrado los procedimientos aplicables a la elección de la configuración de los flaps, 22°/45°, en el aterrizaje, ni a las consideraciones sobre las aproximaciones no estabilizadas que aconsejan abortar el aterrizaje.

1.15. Información adicional

1.15.1. Declaración del comandante

La declaración del comandante confirmó los datos de viento y turbulencia reportados durante la primera aproximación, la cual fue interrumpida tras un aviso de viento de cizalladura, al no poder estabilizar la velocidad y el perfil de descenso.

Declaró el comandante que en el segundo intento, «... Después de un aterrizaje positivo, conforme dictaban las condiciones, fue de inmediato iniciada la aplicación de frenos y seleccionadas las reversas. Con todo, ninguna desaceleración efectiva fue sentida en los primeros 5 a 10 seg de la carrera de aterrizaje. Una verificación del MFD (“Multi Function Display”) no confirmó la actuación de las reversas a través de los iconos verdes REV, a pesar de que ya en este punto las palancas de gases se encontraban en MAX REV. No se presentaron tampoco mensajes de fallo por el sistema de alertas (FWS). Esta sensación de ausencia de frenado efectivo durante la primera fase de la carrera de aterrizaje fue corroborada por la restante tripulación y por dos relatos individuales de pasajeros».

«Más tarde, en la carrera de aterrizaje, pasada la mitad de la pista, la aeronave se desvió a la izquierda, en un movimiento brusco, que me hizo sospechar una extensión asíncrona de las reversas (izquierda antes que la derecha), que acoplada al efecto veleta inducido por el viento amenazó la permanencia de la aeronave en la pista.»

La aeronave abordó los últimos 900 m de la pista con velocidad excesiva, ambos pilotos pisando a fondo los frenos y sin que se hubiera confirmado por el sistema MFD la potencia máxima de reversa. Cruzó el final de la pista 30 con velocidad superior a 60 kt.

Para el desembarco, puesto que las jardineras no podían acercarse, dio instrucciones de viva voz a los pasajeros, en portugués e inglés, para que se agruparan junto a los vehículos de los bomberos y prosiguieran andando hacia las jardineras, con sumo cuidado porque el terreno era irregular.

1.15.2. *Información del SEI (Servicio de extinción de incendios)*

A los datos conocidos el informe del SEI añade que, en la inspección que hizo a la aeronave una de sus dotaciones, se percató de la existencia de un pequeño fuego incipiente en el tren derecho, provocado por las hierbas amontonadas entre las dos ruedas del tren y el sobrecalentamiento de los frenos.

1.15.3. *Informe de control*

La información de control en relación con la situación de la aeronave incide en que «desde la TWR y al ser ya de noche no se apreciaba su posición y con todas las luces de pista encendidas creía que se encontraba justo al final de la pista, en la zona asfaltada tras las luces rojas o fuera de la pista en D-1⁶».

2. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

2.1. Condiciones meteorológicas y del aeropuerto

No es infrecuente en ese Aeropuerto de Bilbao, en situaciones de vientos fuertes de componente sur, las turbulencias a sotavento de las montañas que lo rodean.

La tarde del 23 de enero de 2001, según las informaciones de viento registradas, se avisaba de la presencia de turbulencia y cizalladura que comprometían la operación por la pista 30, con un fuerte viento cruzado. Efectivamente, la componente del viento cruzado era de unos 20 kt, con ráfagas de unos 34 kt.

⁶ D-1: en el Aeropuerto de Bilbao es una calle de rodadura que enlaza las cabeceras 12 y 10.

La primera aproximación frustrada del avión del incidente y, después, el aborto y desvío a Vitoria de otra aeronave que le seguía, alertaban de las condiciones marginales del aeropuerto en esa ocasión.

La distancia disponible de aterrizaje de 2.140 m era, de todos modos, muy superior a los 1.500 m requeridos según las tablas del avión.

El aeropuerto disponía de otra pista, pista 28 de 2.000 m de longitud, mejor orientada al viento, que podía reducir la componente de viento cruzado en unos tres o cuatro nudos. Sin embargo, la pista 30 disponía de ayuda ILS y era más larga.

2.2. Limitaciones de la aeronave

Puesto que en los procedimientos se especifica que se debe incrementar la velocidad de vuelo sobre la V_{ref} en la mitad de la intensidad de la ráfaga, pero no más de 10 kt, se debe sobreentender que la máxima ráfaga (máximo viento menos viento medio) con la que se debe intentar el aterrizaje es de 20 kt. Ese día las ráfagas reportadas tenían valores de ese orden de magnitud.

Los vientos cruzados fuertes hacían que la operación de aterrizaje estuviera en los límites de lo posible.

La distancia de aterrizaje necesaria de 1.380 m/1.500 m se calcula suponiendo una aproximación estabilizada a la velocidad de aproximación con los aditivos correspondientes. Los incrementos de altura sobre el umbral y, sobre todo, el incremento de la velocidad en la aproximación habrían conducido a un cálculo de distancias de aterrizaje mucho mayores y prácticamente iguales a la longitud de pista disponible, en torno a los 2.000 m.

2.3. Aproximación inicial y primer intento de aterrizaje

Tras un vuelo normal la aeronave inició la aproximación, autorizándose a ILS pista 30 de Bilbao. Su peso era inferior al máximo permitido en el aterrizaje y la distancia disponible de pista era superior a la requerida. Sin embargo, las condiciones meteorológicas de viento hacían que se pudiera considerar complicada y marginal la operación.

La aeronave adoptó configuración de flaps de 22°, que mantuvo hasta el aterrizaje, como se suele recomendar en muchos tipos de aeronave en los casos de vientos cruzados, racheados y con cizalladura, por su mayor capacidad de mando y control aerodinámico. Sin embargo, no se han encontrado estas consideraciones en el FCTM, por lo que se introduce en este informe una recomendación al respecto.

En un primer intento de aproximación, el comandante tuvo que abortar al no conseguir estabilizar el descenso.

La turbulencia reportada y experimentada en la primera tentativa de aproximación y aterrizaje, y el aviso de cizalladura, alertaron de las dificultades que se podían presentar en el segundo intento.

2.4. Frustrada y segunda aproximación

Después de abortar el aterrizaje la aeronave ejecutó los procedimientos de frustrada ascendiendo y virando hacia la derecha. Rodeó el aeropuerto por el norte, siguiendo las instrucciones de control, para volver hacia el punto de aproximación inicial.

Durante ese tiempo una segunda aeronave trataba de aterrizar y no lo consiguió desviándose su vuelo hacia Vitoria y confirmándose las dificultades que el viento imponía en las maniobras.

Las condiciones meteorológicas no parecían haber mejorado y control sugirió al vuelo PGA-816 entrar por la pista 28, o bien, en visual por la pista 30. Como la pista 30 tiene su umbral desplazado a causa de los obstáculos próximos a su cabecera, la operación VFR hubiera permitido mejor utilización de toda la longitud de la franja. La utilización de la pista 28 hubiera disminuido la componente de viento cruzado a costa de reducir la distancia de aterrizaje disponible. El piloto optó por intentar de nuevo la aproximación con la ayuda ILS a la pista 30.

2.5. Aproximación final

En la senda de planeo de la segunda tentativa, minuto y medio antes de la toma, se registraron en sucesivos instantes unas aceleraciones verticales de 1,612 g y de 0,68 g. Durante toda la senda, las continuas correcciones de rumbo, de alabeo y de velocidad fueron la evidencia de la turbulencia reinante.

En el descenso en la senda, la aproximación se estaba conduciendo con una velocidad en torno a los 176 kt-189 kt, en vez de los 131 kt que resultan de añadir 10 kt a la V_{ref} . Además, se registraron ángulos de deriva respecto de la orientación de la pista entre -8 y +2 grados. En esas condiciones no se puede considerar estabilizada la aproximación final.

En el FCTM se echan en falta instrucciones sobre cuándo considerar que el vuelo en aproximación no se ha estabilizado y cuándo y en qué situaciones se debe iniciar el aborto o frustrada del aterrizaje, y por eso parece conveniente emitir una recomendación de seguridad al respecto.

Al sobrevolar el umbral desplazado de la pista 30, la radioaltura fue de unos 90 ft, que es superior a la de 50 ft en la que según normas se basa el cálculo de actuaciones de aterrizaje. La velocidad era en ese momento de 176 kt, unos 55 kt mayor que la de referencia. En ese momento tenía la aeronave por delante 2.140 m de pista, pero volaba con exceso de altura y de velocidad.

2.6. Carrera de aterrizaje

2.6.1. *Sobrevuelo del umbral hasta el punto de toma*

De acuerdo con los datos del registrador de vuelo y los calculados a partir de ellos, la aeronave continuó su descenso hasta el nivel de la pista en el segundo 0. La distancia recorrida en el planeo era de unos 800 m, reduciéndose su pista remanente hasta los 1.240 m, cuando su velocidad incluso había aumentado a 181 kt, unos 60 kt mayor que V_{ref} .

La velocidad respecto al aire experimentó un incremento, probablemente por un aumento repentino de la componente de viento en cara.

A ras del suelo, en una recogida prolongada durante 12 seg, el avión deceleró lentamente. Es posible que el efecto suelo alargara el planeo flotando la aeronave en la recogida. Durante esos segundos se registró, en un instante determinado, una extensión de las superficies de frenos aerodinámicos con los flaps selectados en 22° y sin señal de tierra; una segunda extensión de la aleta interior izquierda se produjo dos segundos más tarde. Como la posición de flap era de 22°, aunque se hubiera selectado «frenos aerodinámicos», ninguna de las superficies de frenos e inhibidores de sustentación se deberían haber desplegado sin la señal de tierra. Los trabajos de mantenimiento para poner el avión en vuelo no detectaron ninguna anomalía en el funcionamiento del sistema de frenos aerodinámicos/inhibidores de sustentación.

Cabe pensar que, como la grabación de los parámetros del DFDR es secuencial, durante breves instantes la aeronave tocara el suelo permitiendo la grabación de la señal de los spoilers que comenzaban a desplegarse, y después volviera al aire en la fracción de segundo en la que se grababa la señal de aire/tierra.

El avión, sustentado a medias en el suelo y en el aire, con orientación hacia el viento de costado, se había desplazado hasta el borde izquierdo de la pista. En el momento de alcanzar los 141 kt se activó la señal de modo tierra, al descansar el peso del avión sobre el tren de aterrizaje. A la alta velocidad que llevaba recorrió adicionalmente durante los 12 seg de recogida unos 1.000 m. Ya sólo restaban 400 m hasta el final de la pista. Se habían consumido cuatro quintas partes de la pista disponible en la transición de vuelo a tierra.

2.6.2. *Frenada de la aeronave*

Tras la actuación del sensor de modo aire/tierra en modo tierra, con el peso del avión sobre las ruedas, se permite por los automatismos de los sistemas del avión el accionamiento de las superficies aerodinámicas de frenos («ground spoilers») y la extensión de las reversas. Los frenos de las ruedas empiezan a ser efectivos.

Desde ese instante ($t = 12$ seg) se distingue una deceleración más fuerte de la aeronave, pero apenas quedaban 400 m para el final de pista en lugar de los 900 m que apreció el piloto en su declaración.

Desplegados de inmediato los frenos aerodinámicos en tierra, el avión contó con la desaceleración a alta velocidad que los mismos proporcionan.

Después, los frenos de las ruedas, que se aplicaron en el segundo siguiente, y el estado normal de los testigos de desgaste de los discos permiten suponer que la acción de frenada fue buena. Incluso la alta temperatura de frenos alcanzada (según los datos de 1.12 Supervivencia) demuestra que se emplearon a fondo.

Las reversas se desplegaron dos segundos después de la toma positiva, pero la inercia de los motores en ralentí impidió que proporcionasen empuje en invertido hasta cuatro segundos más tarde, mientras aumentaba sus revoluciones. Después se mantuvo la potencia de reversa hasta el final de la carrera, como atestigua la ingestión de barro y los registros del DFDR.

Cuando se logró empuje de reversa sólo quedaban 60 m de pista y la velocidad era todavía de 91 kt. Tres segundos más tarde la aeronave abandonaba la superficie pavimentada y entraba en terrenos blandos y con barro. Algún desnivel provocó unas aceleraciones verticales de 1,8 g y poco después se detuvo la aeronave tras recorrer 135 m fuera de la pista, y cuando habían transcurrido 29 seg desde el primer contacto de tierra en la toma.

La pendiente descendente de la pista en su último tercio no favoreció la acción de frenado.

(Véanse gráficos de la frenada en Anexo B, Figuras 1 a 4.)

2.6.3. *Control direccional durante la carrera*

Durante la recogida el avión sufrió fuertes perturbaciones laterales de rumbo y de balanceo que requirieron acciones resueltas de los mandos de vuelo de timón de dirección y de alabeo.

El rumbo del avión durante la recogida para compensar el viento cruzado, que mantenía un ángulo de deriva de unos 5° respecto del eje de pista, coincide con la desviación de la trayectoria marcada por las huellas de las ruedas sobre la pista y el encuentro con la baliza del borde izquierdo. La inicial desviación a la izquierda de la pista pudo ser consecuencia de una tardía corrección del ángulo de deriva cuando el avión seguía flotando sobre el pavimento.

La alta velocidad de la aeronave y la posición de flap de 22° permitieron disponer de buen mando aerodinámico para corregir la trayectoria y recuperar el centro de la pista.

La simultánea atención a la frenada del avión y la fuerte presión de los pies sobre los frenos pudieron interferir con el control direccional o viceversa.

Así, se observa una menor viveza en el accionamiento del timón de dirección comparado con el de alabeo. El desvío posterior a la derecha tras salir de la pista por el final de la 30 pudo ser comandado para evitar encuentros con las luces de aproximación o con obstáculos del terreno irregular.

En los datos del DFDR no se aprecia desincronización en el despliegue de las reversas, aunque sí se aprecia una extensión en vuelo durante la recogida de la aleta de freno aerodinámico de tierra interior izquierda, en un instante, dos segundos antes de la actuación del sensor aire/tierra. Se estima que esa extensión incipiente de los spoilers no se debe a ningún mal funcionamiento del sistema ni a una actuación de la palanca de control, y que se debe al carácter secuencial de la grabación de los distintos parámetros como se refirió en 2.6.1.

La potencia de ambos motores en reversa es similar y no contribuyó en las desviaciones laterales ni en el control de la trayectoria.

(Véanse gráficos de control lateral en Anexo B, Figuras 5 a 8.)

2.7. Asistencia en tierra

Una vez que hubo parado la aeronave (sin grandes aceleraciones longitudinales, aunque con saltos y rebotes cuando rodaba sobre terreno desnivelado, con aceleración vertical de 1,8 g), reposó sobre su tren de aterrizaje en una zona de hierba, en el área de aproximación a la pista 12. La elevación del emplazamiento era de unos 10 m por debajo de la superficie del terreno en la zona de torre, y estaba a unos 1.200 m de distancia de la misma. No se habían producido lesiones que afectaran a los pasajeros o a los tripulantes.

Las repetidas llamadas de la aeronave del incidente pidiendo ayuda fueron respondidas con la llegada de los servicios de extinción de incendios, a los diez minutos de la salida

del avión de pista y a los 6 minutos de haber sido alertados. El acceso de los vehículos de ayuda se realizó por la misma pista 12-30 en la que acababa de aterrizar el tráfico siguiente y al cual tuvieron que aguardar. Efectivamente, el tráfico que seguía a la aeronave que sufrió el incidente, IBE-0434, aterrizó en su secuencia con la única alteración de cambio de operación a la pista 28, que siguió operativa durante el transcurso de la emergencia.

El sol se había puesto tres cuartos de hora antes y con las escasas nubes en el cielo quedaría todavía alguna luz crepuscular. En esas condiciones, la visibilidad de la aeronave desde el fanal de la torre era precaria. Las luces de la aeronave permanecerían encendidas dando una impresión de cierta normalidad que explica la aparente escasa atención concedida inicialmente por ATC.

El aludido pequeño incendio de la hierba, prendida por el calor de los conjuntos de frenos sobrecalentados de la pata derecha, se autoextinguió o se extinguió sin dificultad pues la hierba estaba mojada y con barro.

El desembarco se realizó controladamente y sin complicaciones unos 15 minutos después de producirse el incidente.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- La aeronave contaba con un certificado de aeronavegabilidad en vigor expedido por el Estado portugués.
- La tripulación estaba cualificada para el vuelo y contaba con las licencias necesarias.
- La tripulación tenía experiencia y había disfrutado de los descansos reglamentarios.
- Las condiciones de viento en la aproximación a la pista 30 de Bilbao eran de viento cruzado fuerte con turbulencia y variaciones de intensidad.
- La aeronave inició una primera aproximación que resultó fallida y que tuvo que abortar.
- La aeronave realizó una segunda aproximación en la que alcanzó el umbral de la pista con alta velocidad y exceso de altura. La recogida se prolongó más allá de la mitad de la pista disponible.
- Cuando el avión se apoyó positivamente en el suelo la longitud de pista restante fue insuficiente para la frenada del avión.
- La aeronave experimentó, además, dificultades para el control lateral debido a las perturbaciones del viento.
- El avión se salió de la pista por su extremo final entrando en una zona de terreno no compactado dentro de los límites del aeródromo.
- No se produjeron lesiones a los pasajeros y tripulantes, ni grandes daños a la aeronave.

- Tras declararse en emergencia, las personas a bordo de la aeronave esperaron 10 minutos la llegada de los equipos de socorro.

3.2. Causas

La aeronave efectuó su aproximación al Aeropuerto de Bilbao, en un segundo intento, en medio de condiciones meteorológicas de turbulencia y viento cruzado sin haber podido estabilizar el vuelo en la senda de aterrizaje. Los excesos de velocidad y de altura sobre el umbral de la pista alargaron la distancia necesaria para el aterrizaje. Las dificultades que impuso el viento cruzado y con ráfagas en el control direccional complicaron la frenada efectiva del avión.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

REC 16/05. Se recomienda a la compañía Portugalia que incluya explícitamente en los procedimientos de vuelo y FCTM, de acuerdo con el fabricante, la conveniencia de usar flap de 22° en condiciones de vientos con ráfagas, cizalladura y turbulencia moderada a fuerte.

En los comentarios al proyecto de informe final, el GPIAA de Portugal manifiesta su concordancia con esta recomendación y adjunta páginas modificadas de FCMT de la compañía Portugalia, con fecha de aplicación 02-05-01, en las que aparecen reflejadas medidas en línea con la recomendación.

REC 17/05. Se recomienda a la compañía Portugalia que modifique sus procedimientos operacionales de forma que queden contemplados los criterios de aproximación estabilizada y la necesidad de iniciar el aborto al aterrizaje si la velocidad de aproximación y la posición en la senda de planeo y localizador no se mantienen en unos determinados márgenes por debajo de una altura de vuelo sobre el campo.

En los comentarios al proyecto de informe final, la GPIAA de Portugal ha remitido diversa información del manual de operaciones y FCTM de Portugalia en la que se incluyen procedimientos acordes con la recomendación.

REC 18/05. Se recomienda a AENA que implemente las medidas oportunas para garantizar la atención prioritaria a una aeronave en situación de emergencia, de acuerdo con las normas de aviación civil, y disminuyendo así los tiempos de respuesta en la prestación de ayudas.

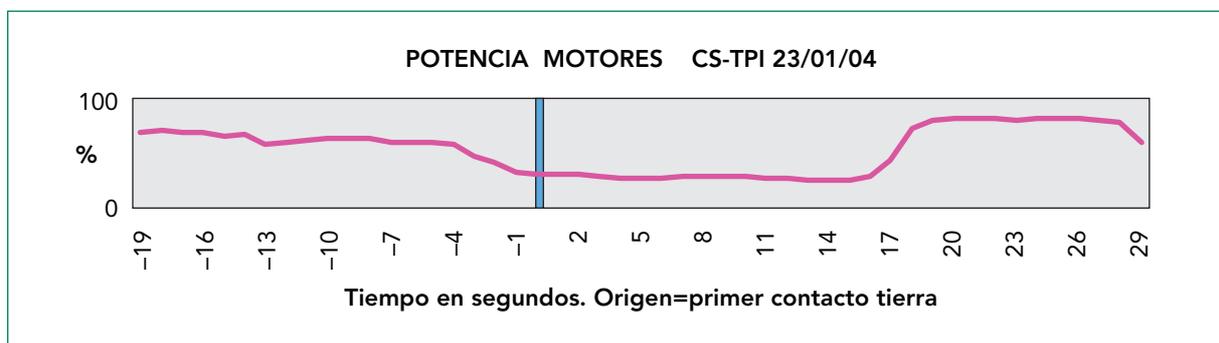
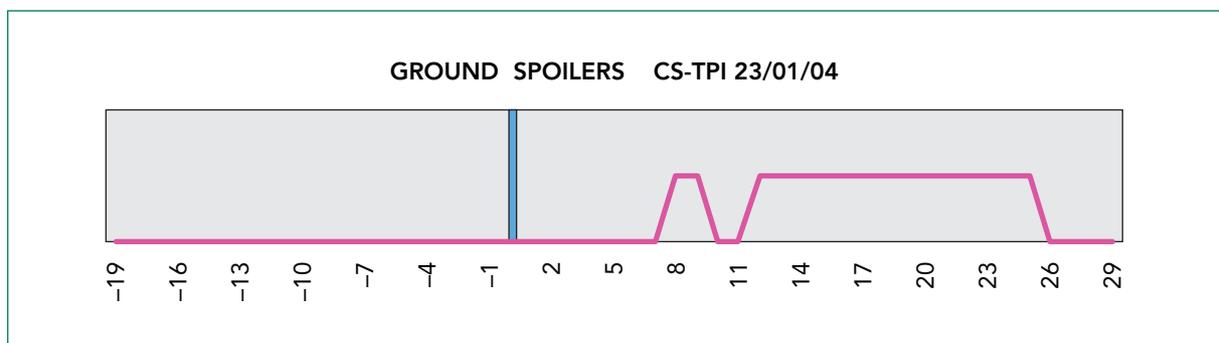
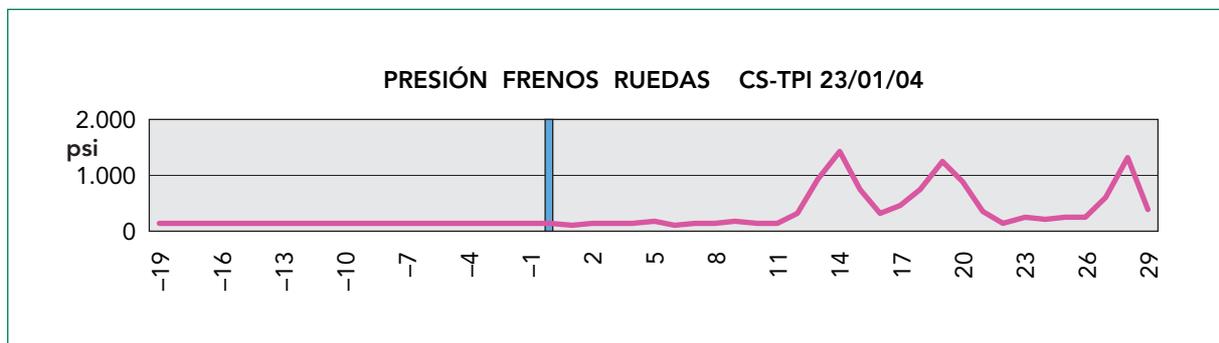
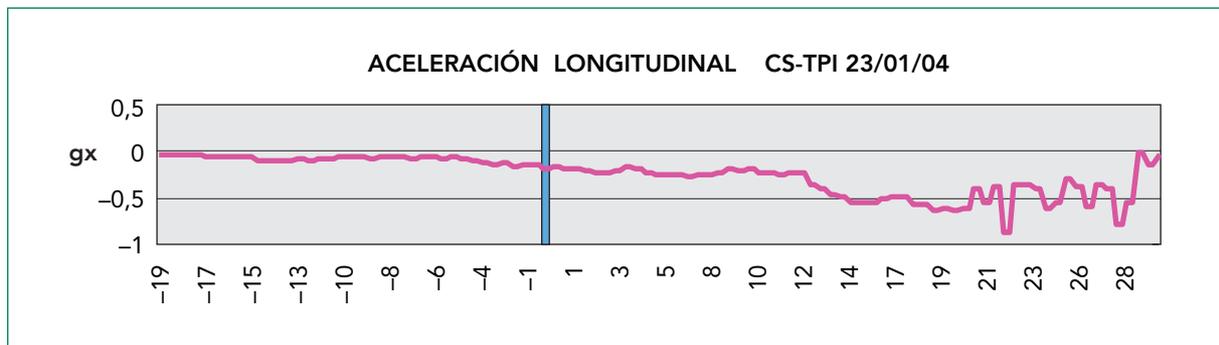
ANEXO A

Datos del DFDR

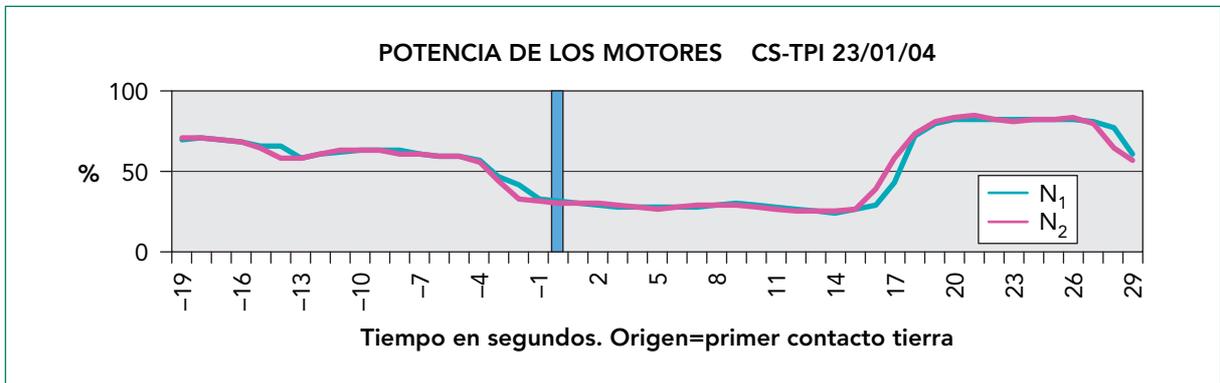
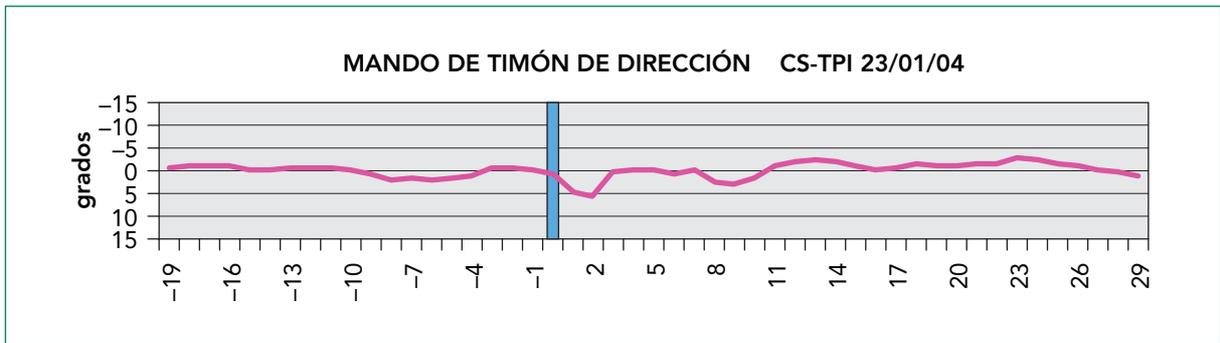
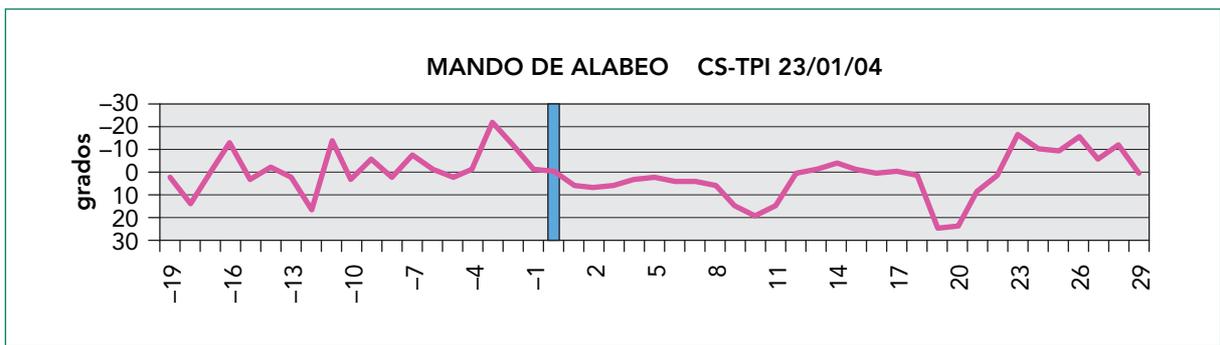
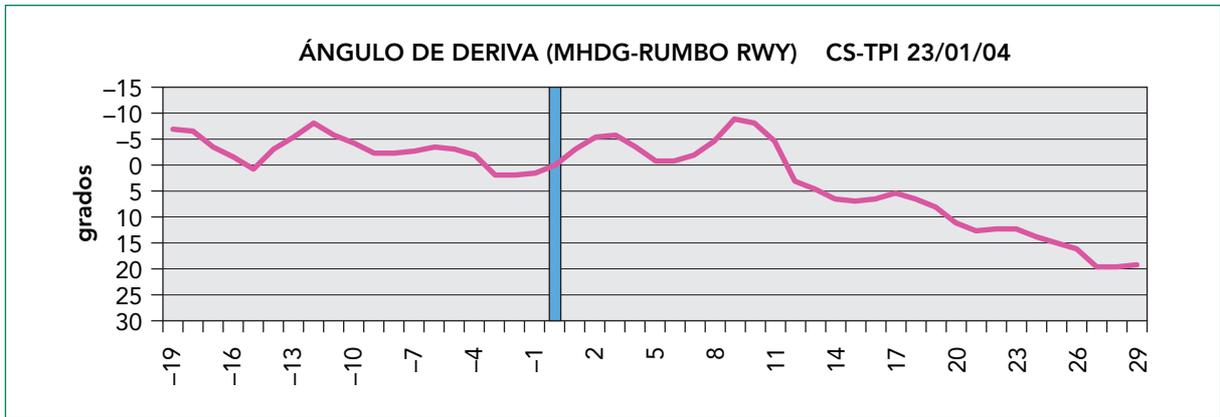
Tiempo	RALT	Deriva	CAS	RD1	RD2	SPOLO	SPOLI	A/G	Lon G1	Lat G1	Espacio	Resta espacio	Comentario
-19	264	-7,1	182	0	0	0	0	0	-0,046	-0,055	-964	3.104	
-18	276	-6,7	184	0	0	0	0	0	-0,026	-0,004	-870	3.010	
-17	266	-3,4	185	0	0	0	0	0	-0,031	-0,053	-775	2.915	
-16	258	-1,5	187	0	0	0	0	0	-0,053	0,03	-679	2.819	
-15	236	0,8	184	0	0	0	0	0	-0,051	0,191	-584	2.724	
-14	220	-3,1	189	0	0	0	0	0	-0,102	0,153	-487	2.627	Umbral
-13	200	-5,3	183	0	0	0	0	0	-0,096	0,021	-393	2.533	
-12	150	-8,2	184	0	0	0	0	0	-0,082	-0,127	-299	2.439	
-11	128	-5,8	188	0	0	0	0	0	-0,075	-0,071	-203	2.343	
-10	118	-4,3	176	0	0	0	0	0	-0,064	0,072	-113	2.253	
-9	92	-2,5	180	0	0	0	0	0	-0,064	-0,004	-20	2.160	Umbral desplazado
-8	76	-2,5	181	0	0	0	0	0	-0,062	0,18	73	2.067	
-7	70	-2,6	186	0	0	0	0	0	-0,066	0,14	168	1.972	
-6	48	-3,3	176	0	0	0	0	0	-0,064	-0,089	259	1.881	
-5	34	-3	177	0	0	0	0	0	-0,073	-0,012	350	1.790	
-4	28	-2,1	179	0	0	0	0	0	-0,087	-0,026	442	1.698	
-3	14	2	186	0	0	0	0	0	-0,127	0,095	537	1.603	
-2	8	1,9	179	0	0	0	0	0	-0,122	0,027	629	1.511	
-1	8	1,6	178	0	0	0	0	0	-0,15	0,077	721	1.419	
0	2	0	181	0	0	1	1	0	-0,18	0,05	814	1.326	Toca con 181 kt; aerofrenos
1	2	-3	176	0	0	0	0	0	-0,185	0,007	902	1.238	
2	2	-5,4	174	0	0	0	0	0	-0,212	-0,161	989	1.151	Rudder y alabeo
3	0	-5,7	163	0	0	0	0	0	-0,221	-0,219	1.070	1.070	
4	0	-3,3	165	0	0	0	0	0	-0,161	0,01	1.152	988	
5	0	-0,8	163	0	0	0	0	0	-0,232	0,13	1.233	907	

Tiempo	RALT	Deriva	CAS	RD1	RD2	SPOLO	SPOLI	A/G	Lon G1	Lat G1	Espacio	Resta espacio	Comentario
6	0	-0,8	160	0	0	0	0	0	-0,245	0,05	1.313	827	
7	0	-1,8	157	0	0	0	0	0	-0,262	-0,029	1.391	749	
8	0	-4,8	159	0	0	0	0	0	-0,247	-0,221	1.470	670	Inicio huellas pista
9	0	-8,8	153	0	0	0	1	1	-0,178	-0,257	1.545	595	Rudder y alabeo
10	0	-8,2	151	0	0	0	0	0	-0,189	-0,133	1.620	520	
11	0	-4,6	147	0	0	0	0	0	-0,219	-0,006	1.693	447	Max desviacion LH
12	0	3,2	141	0	0	1	1	1	-0,223	0,263	1.762	378	Modo tierra; G spoilers
13	0	4,8	138	0	0	1	1	1	-0,351	0,322	1.831	309	Brake
14	0	6,7	135	1	1	1	1	1	-0,458	0,35	1.897	243	Brake; reversas desplegadas
15	0	7,1	122	1	1	1	1	1	-0,551	0,243	1.957	183	
16	0	6,5	114	1	1	1	1	1	-0,54	0,072	2.012	128	
17	0	5,3	103	1	1	1	1	1	-0,495	-0,049	2.062	78	
18	0	6,6	91	1	1	1	1	1	-0,564	-0,008	2.106	34	Potencia de reversa
19	0	8	83	1	1	1	1	1	-0,637	0,106	2.146	-6	Umbral 12, brake
20	0	11	69	1	1	1	1	1	-0,635	0,167	2.178	-38	
21	0	12,7	53	1	1	1	1	1	-0,405	0,113	2.202	-62	
22	0	12,4	50	1	1	1	1	1	-0,38	0,021	2.225	-85	
23	0	12,4	40	1	1	1	1	1	-0,363	0,03	2.242	-102	
24	0	13,9	30	1	1	1	1	1	-0,398	-0,038	2.255	-115	Acel. vertical 1,8
25	0	14,9	25	1	1	1	1	1	-0,557	-0,026	2.265	-125	Acel. vertical 1,8
26	0	16,3	20	1	1	1	1	1	-0,372	-0,109	2.272	-132	
27	0	19,8	10	1	1	1	0	1	-0,36	0,037	2.274	-134	
28	0	19,6	5	1	1	1	0	1	-0,79	0,111	2.274	-134	
29	0	19,4	1	1	1	1	0	1	-0,007	-0,079	2.275	-135	Avión parado

ANEXO B
Gráficos de parámetros
del DFDR



Figuras 1, 2, 3 y 4. Parámetros en relación con la frenada del avión (la referencia 0, línea azul, coincide con el primer contacto con tierra).



Figuras 5, 6, 7 y 8. Parámetros en relación con el control direccional del avión.

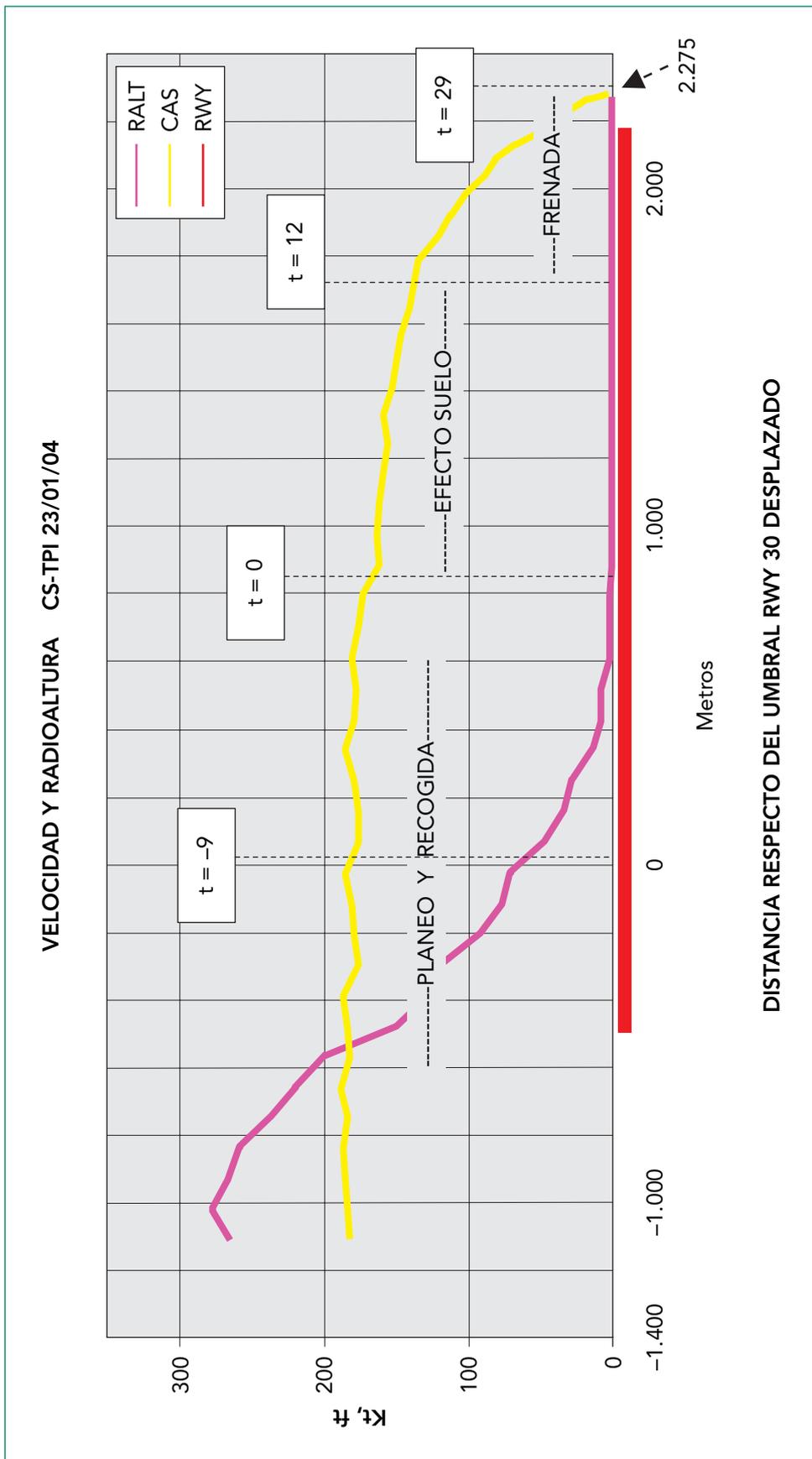


Figura 9. Velocidad CAS y radioaltura en relación con la posición sobre la pista (referencias de tiempo de algunas posiciones).

ANEXO C

Croquis de la pista

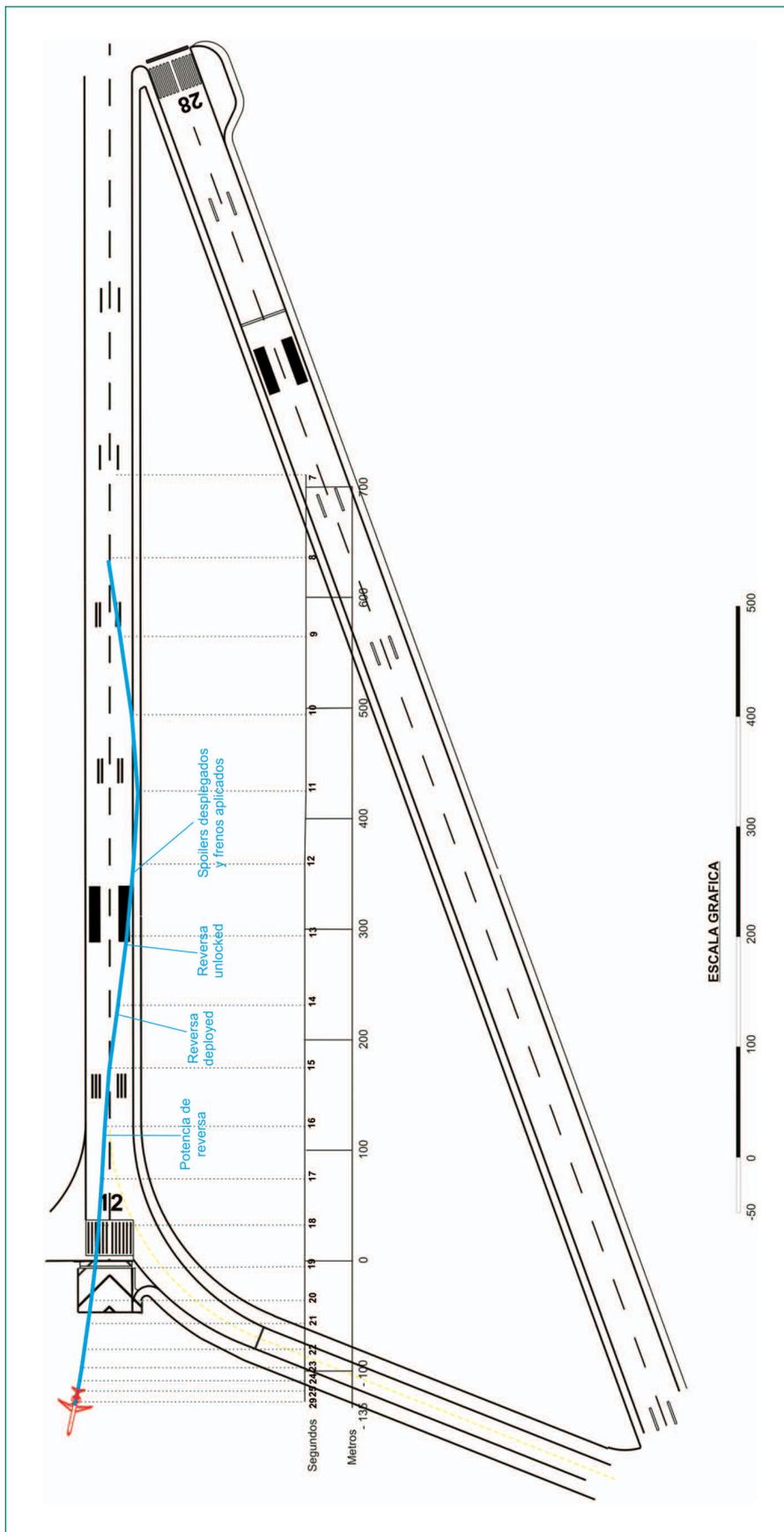


Figura 10. Croquis del final de la pista 30 de Bilbao. Observar trazas de las ruedas sobre el suelo y escalas de tiempos de la toma inicial y de espacio restante hasta el umbral de la pista 12.