

Informe técnico

ULM A-017/2020

Accidente ocurrido el día 11 de diciembre de 2020, a la aeronave de construcción por aficionado SINUS 912, matrícula EC-ZTH, en el Campo de Aviación del Penedés, Avinyonet del Penedés (Barcelona, España)

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance del informe final por el informe maquetado.

ADVERTENCIA

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

ÍNDICE

ADVERTENCIA	i
ÍNDICE	ii
ABREVIATURAS.....	iv
SINOPSIS	vi
1 INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	7
1.1 Reseña del accidente	7
1.2 Lesiones a personas	8
1.3 Daños sufridos por la aeronave	8
1.4 Otros daños	8
1.5 Información sobre el personal	8
1.5.1 Licencias, certificados y experiencia del piloto	8
1.6 Información sobre la aeronave.....	9
1.6.1 Información general.....	9
1.6.2 Célula y motor	10
1.6.3 Registro de mantenimiento	11
1.6.4 Actuaciones según el Manual de Vuelo	11
1.7 Información meteorológica.....	12
1.8 Ayudas para la navegación	12
1.9 Comunicaciones.....	13
1.10 Información de aeródromo	13
1.11 Registradores de vuelo	14
1.11.1 Registradores de datos y de voz.....	14
1.11.2 Dispositivos GPS	14
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	17
1.13 Información médica y patológica.....	17
1.14 Incendio.....	17
1.15 Aspectos relativos a la supervivencia.....	18
1.16 Ensayos e investigaciones.....	18
1.16.1 Inspección de los restos de la aeronave	18
1.16.2 Inspección de las marcas en el terreno.....	18

1.16.3	Estudio sobre la velocidad de la aeronave durante el suceso..	19
1.17	Información orgánica y de dirección	20
1.18	Información adicional	20
1.18.1	Comentarios del piloto sobre el vuelo del suceso	20
1.18.2	Prevención de riesgos en relación al paracaídas balístico.....	21
1.19	Técnicas de investigación útiles o eficaces	22
2	ANÁLISIS	23
2.1	Actuaciones durante el suceso.....	23
2.1.1	Aproximación final.....	23
2.1.2	Carrera de aterrizaje	23
2.2	Sistemas de la aeronave.....	24
2.2.1	Frenos del tren principal.....	24
2.2.2	Sistema del paracaídas balístico.....	25
3	CONCLUSIONES	26
3.1	Constataciones.....	26
3.2	Causas / Factores contribuyentes	26
4	RECOMENDACIONES	27

ABREVIATURAS

00:00:00	Horas / Minutos / Segundos
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
°	Grado(s) sexagesimal(es)
°C	Grado(s) centígrado(s)
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
ATC	Control de tráfico aéreo
CAS	Velocidad aerodinámica calibrada
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil
E	Este o longitud Este
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea
FC	Ciclos de vuelo
FH	Horas de vuelo
ft	Pie(s)
fpm	Pie(s) por minuto
GS	Velocidad respecto de tierra
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición
IAS	Velocidad indicada
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
km/h	Kilómetro(s) por hora
LAPL	Licencia de piloto de aeronaves ligeras
LDA	Distancia de aterrizaje disponible
m	Metro(s)
MAF	Habilitación de multiejes de ala fija
MHz	Megahercio(s)
mm	Milímetro(s)
mm/h	Milímetro(s) por hora
MTOW	Peso máximo al despegue
N	Norte o longitud Norte
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
s	Segundo(s)
s/n	Número de serie
rpm	Revoluciones por minuto
R/TC	Habilitación de radiotelefonía en castellano
TULM	Licencia de piloto de ultraligero
ULM	Aeronave ultraligera motorizada
UTC	Tiempo universal coordinado

VFR	Reglas de Vuelo Visual
V _R	Velocidad de rotación

Informe técnico

ULM A-017/2020

Propietario y Operador:	Privado
Aeronave:	Construcción por aficionado SINUS 912, EC-ZTH, s/n: 05045-2051
Fecha y hora del accidente:	Viernes ,11 de diciembre de 2020, 15:50 horas ⁽¹⁾
Lugar del accidente:	Campo de Aviación del Penedés, Término Municipal de Avinyonet del Penedés (Barcelona)
Personas a bordo:	1 (piloto), ileso
Tipo de operación:	Aviación general – Privado – Vuelo local
Fase de vuelo:	Aterrizaje – carrera aterrizaje
Reglas de vuelo:	VFR
Fecha de aprobación:	30 de junio de 2021

SINOPSIS

Resumen:

El viernes 11 de diciembre de 2020 a las 15:50 horas, la aeronave de construcción por aficionado, modelo SINUS 912, matrícula EC-ZTH, se salió por el margen derecho de la pista 30 del Campo de Aviación del Penedés (Avinyonet del Penedés, Barcelona), tras realizar varios circuitos de aterrizaje y despegue. El piloto resultó ileso y la aeronave sufrió daños importantes.

La investigación ha determinado que en el último aterrizaje la aeronave contactó con la pista a una velocidad indicada (IAS) superior a la recomendada por el Manual de Vuelo y a la que acostumbraba a operar.

La investigación ha concluido que la causa del accidente fue la pérdida de control de la aeronave durante la carrera de aterrizaje, producida probablemente por la aplicación de los frenos del tren principal en unas condiciones de alta velocidad.

Se considera factor contribuyente la ejecución inadecuada de la aproximación final, que llevó a un exceso de velocidad en la toma de contacto con la pista.

El informe no contiene ninguna recomendación en materia de seguridad operacional.

⁽¹⁾ Todas las horas en el presente informe están expresadas en hora local. Para obtener la hora UTC es necesario restar 1 (una) hora a la hora local.

1 INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del accidente

El viernes 11 de diciembre de 2020, la aeronave de construcción por aficionado, modelo SINUS 912, matrícula EC-ZTH despegó sobre las 15:00 horas con una persona a bordo desde el Campo de Aviación del Penedés (Término Municipal de Avinyonet del Penedés, Barcelona), con la intención de realizar un vuelo local de recreo por los alrededores del aeródromo. Según el plan de vuelo presentado, el vuelo tendría una hora de duración.

Tras unos 20 minutos de vuelo, el piloto apreció la presencia de viento variable de camino a la zona a la que se dirigía, lo que le resultaba incómodo para proseguir con el vuelo pretendido. Decidió volverse al aeródromo, donde realizó varias maniobras de aterrizaje y despegue.

Según se pudo confirmar con datos GPS, se realizaron seis circuitos, empleando indistintamente ambas cabeceras de la pista. En el sexto y último circuito, cuando se disponía a finalizar el vuelo, tras contactar en el primer tercio de la pista 30 a 93 km/h la aeronave comenzó a desviarse respecto del eje de la pista durante la carrera de aterrizaje. La aeronave terminó saliéndose por el borde derecho de la misma, a la altura de la mitad de la pista, a unos 74 km/h.

La aeronave se desplazó a través de la franja, la calle de rodaje y una extensión de terreno con hierba que se encuentra entre la calle de rodaje y la vía de acceso por carretera a las instalaciones del aeródromo. Finalmente acabó impactando contra la valla de madera que delimita la vía de acceso, quedando detenida sobre la misma, a las 15:50 horas.



Figura 1. Posición final de la aeronave tras el accidente.

1.2 Lesiones a personas

<i>Lesiones</i>	<i>Tripulación</i>	<i>Pasajeros</i>	<i>Total en la aeronave</i>	<i>Otros</i>
Mortales	-	-	-	-
Lesionados graves	-	-	-	-
Lesionados leves	-	-	-	-
Ilesos	1	-	1	-
TOTAL	1	-	1	-

1.3 Daños sufridos por la aeronave

A consecuencia del impacto contra el terreno y la valla de madera la aeronave sufrió daños importantes, que afectaron principalmente a:

- El fuselaje, que se partió por la zona posterior a la cabina,
- El tren principal izquierdo, que sufrió rotura por la ballesta, y
- Ambas palas de la hélice, que resultaron rotas.

1.4 Otros daños

Como consecuencia del impacto de la aeronave se produjeron daños en cuatro tramos de la valla de madera que delimita la vía de acceso por carretera al aeródromo, quedando arrancados del suelo tres postes verticales de la misma.

1.5 Información sobre el personal

1.5.1 Licencias, certificados y experiencia del piloto

Edad: 62 años

Título: Licencia de piloto de ultraligero (TULM)

Antigüedad: 13 de julio de 1999

Licencia de aptitud de vuelo: Expedida por la AESA, España, el 13 de mayo de 2020

Habilitaciones:

- Multiejes de ala fija (MAF) Válida hasta el 31 de mayo de 2022
- Radiotelefonía en castellano (R/TC)

Envergadura:	14,97 m
Longitud:	6,60 m
Altura:	1,70 m
Separación entre las ruedas del tren principal:	1,60 m
Superficie alar:	12,26 m ²
Peso máximo al despegue (MTOW):	450 kg

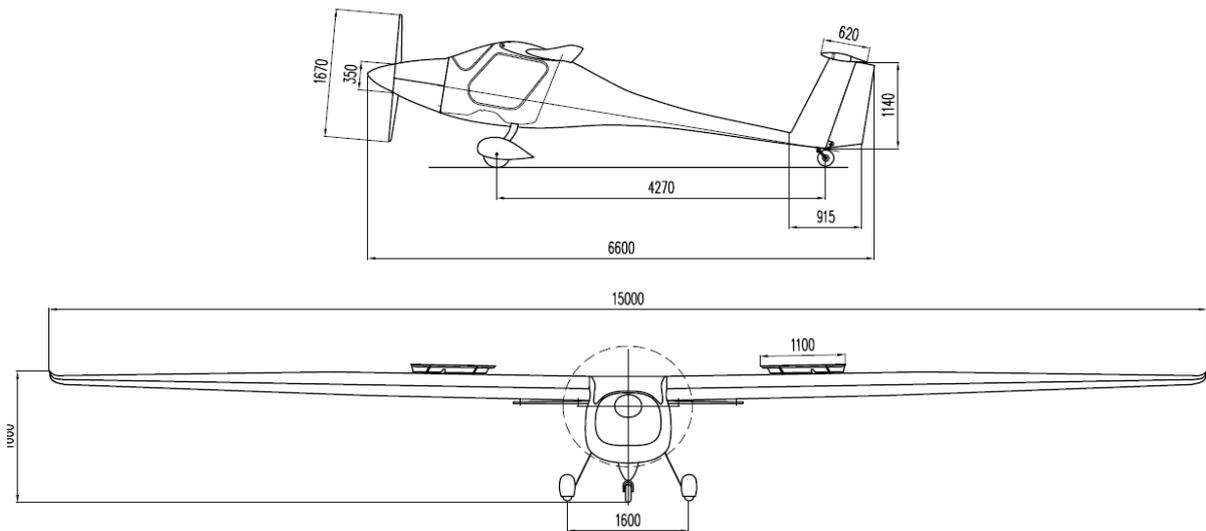


Figura 3. Vistas de la aeronave modelo Pipistrel Sinus 912.

1.6.2 Célula y motor

Fabricante célula:	Privado (Construcción por aficionados)
Modelo:	Sinus 912
Nº de fabricación:	05045-2051
Año de fabricación:	2006
Matrícula:	EC-ZTH
Año de matriculación en España:	2006
Explotador:	Privado
Marca de motor:	ROTAX
Modelo de motor:	912 ULS
Número de fabricación del motor:	4405565

La aeronave disponía de un Certificado de Aeronavegabilidad Especial Restringido expedido por AESA el 14 de septiembre de 2009, con la categoría Privado (3) Normal ULM, y fecha de validez hasta el 09 de junio de 2021.

1.6.3 Registro de mantenimiento

El piloto indicó que en los últimos tres años llevó la aeronave al taller establecido en el propio aeródromo para realizar las revisiones generales programadas, así como también aquellas tareas de mantenimiento derivadas de la operación de la aeronave. Previamente a esos tres años, el mantenimiento de la aeronave fue realizado por él mismo.

Horas totales de vuelo (célula y motor):	1179:55 FH
Última revisión general:	28 de mayo de 2020
Horas de vuelo última revisión general:	1128:48 FH (51:07 FH previas al suceso)

A efectos de esta investigación, se observó en los registros de mantenimiento que el 30 de octubre de 2020 se reemplazó el cable de mando izquierdo del timón de dirección en el puesto del piloto. La aeronave contabilizaba 1174:14 FH (5:41 FH previas al suceso):

1.6.4 Actuaciones según el Manual de Vuelo

Parámetro	Valor	Condiciones/Configuración asociadas
Velocidades de rotación típicas:	Entre 60 y 70 km/h de IAS	Flaps en segunda posición.
Velocidad mínima en aproximación final	90 km/h de IAS	Flaps en segunda posición, aeronave alineada en pista, aerofrenos extendidos y motor a ralentí.
Velocidad para la recogida y toma:	75 km/h de IAS	Viento en calma, aeronave con peso máximo al despegue, y flaps en segunda posición, aeronave alineada en pista, aerofrenos extendidos y motor a ralentí.
Máxima intensidad de viento cruzado permitida en aterrizaje:	28 km/h	Flaps extendidos en segunda posición.
Régimen de descenso máximo:	-1100 fpm	Flaps extendidos en segunda posición y aerofrenos desplegados completamente.

Parámetro	Valor	Condiciones/Configuración asociadas
Carrera de aterrizaje:	100 m	<p>Distancia estimada para aeronave con peso máximo al despegue, elevación de la pista de 300 ft, viento en calma, y con una persona abordo.</p> <p>El Manual de Vuelo indica además que la pista debería tener una longitud de al menos 250 m para realizar una operación segura.</p> <p>En relación al efecto del viento en cola en aterrizaje: este prolonga la longitud de la carrera de aterrizaje unos 18-20 m por cada 5 km/h de intensidad de viento (ejemplo: con 10 km/h de viento en cola en aterrizaje, las distancias se incrementarían en 36-40 m más respecto a la distancia estimada para la carrera de aterrizaje).</p>

1.7 Información meteorológica

Según la información proporcionada por AEMET, la situación meteorológica en la zona no presentaba fenómenos significativos: el viento era flojo de dirección variable, y la visibilidad era buena. Además, a las 16:00 horas del día 11 de diciembre de 2020 no se apreció nubosidad en la zona, así como tampoco constó registro de precipitación ni de descargas eléctricas.

AEMET no cuenta con una estación meteorológica en Avinyonet del Penedés. Sin embargo, el Servei Meteorològic de Catalunya dispone de una estación en el Término Municipal de La Granada, situada a 3,2 km al oeste de la pista del aeródromo, con una elevación de 787 ft (similar a la del aeródromo). Entre la estación y la pista no se da la presencia accidentes geográficos de entidad alguna, por lo que se considera que la información registrada por esta estación refleja prácticamente la del aeródromo.

Según la declaración del piloto, no había presencia de viento significativo, y no necesitó compensar en ningún momento ninguna componente cruzada. La estación de La Granada registró una intensidad del viento media de 5,8 km/h (viento en calma) con dirección 136° (sureste) durante el período en que se realizaron todas las maniobras de aterrizaje y despegue.

Por otro lado, el piloto también indicó que ese día tanto la pista como la hierba del terreno que recorrió fuera de ella estaban resbaladizas. La estación de La Granada registró durante las 5 horas previas al suceso un promedio de 0,32 mm/h, y un acumulado total de 1,8 mm en dicho intervalo de tiempo (valores de precipitación no significativos).

A la vista de la información anterior, las condiciones meteorológicas no eran limitativas para el vuelo visual.

1.8 Ayudas para la navegación

Este apartado no es de aplicación para este caso.

1.9 Comunicaciones

La frecuencia utilizada en el aeródromo para información de tráfico es la establecida en 129.975 MHz, en la que no constaron comunicaciones.

1.10 Información de aeródromo

El Campo de Aviación del Penedés, es un aeródromo restringido de titularidad privada, está situado en el Término Municipal de Avinyonet del Penedés, provincia de Barcelona. Tiene su punto de referencia en las coordenadas 41° 22' 02" N, 01° 46' 03" E, con elevación de unos 816 ft. Tiene una única pista asfaltada de orientación 12/30, con dimensiones 480 x 15 m, en la que la cabecera 12 tiene el umbral desplazado, lo que se traduce en que la distancia de aterrizaje disponible (LDA) desde cabecera 12 es de 350 m, mientras que por cabecera 30 se dispone de 480 m. Consta además una pendiente negativa desde la cabecera 30 a la 12 del 0,82%.



Figura 4. Vista del Campo de Aviación del Penedés.

La pista dispone de una calle de rodaje al norte de la misma, que conecta las instalaciones del aeródromo con las dos cabeceras y el principio del tramo de umbral desplazado de la cabecera 12.

El aeródromo consta de una vía de acceso por carretera que se sitúa al norte de la pista; entre esta carretera y la calle de rodaje se encuentra una explanada de hierba. Junto a la vía de acceso hay una cuneta.

El circuito de tránsito del aeródromo está situado al norte del mismo. En el tramo de aproximación final por la cabecera 30, a unos 500 m de la misma, se da la presencia de un conjunto de edificios y una línea de alta tensión, que se elevan aproximadamente unos 84 ft sobre la cabecera 30.



Figura 5. Fotografía de la explanada y la cuneta situada junto a la vía de acceso al aeródromo.

1.11 Registradores de vuelo

1.11.1 Registradores de datos y de voz

La aeronave no estaba equipada con un registrador de datos de vuelo ni con un registrador de voz, ya que la reglamentación aeronáutica en vigor no exige llevar ningún registrador en este tipo de aeronaves.

1.11.2 Dispositivos GPS

La aeronave contaba con dos dispositivos GPS a bordo:

- Dispositivo portátil GPS AvMap modelo EKP IV Pro, instalado a bordo de la aeronave, de cuya memoria se extrajeron datos de posición, altitud y velocidad respecto de tierra (GS), en relación al vuelo del evento.
- Reloj GPS Garmin D2 Delta PX, llevado por el propio piloto, de cuyo registro se extrajeron datos de posición, altitud, velocidad respecto de tierra, distancia recorrida y tiempo transcurrido, en relación al vuelo del evento.

La actividad registrada tuvo una duración de 50 minutos, reveló la realización de un tramo de ruta de unos 20 minutos, tras el cual se retornó al aeródromo de origen para realizar de forma secuencial seis circuitos de aproximación y toma.

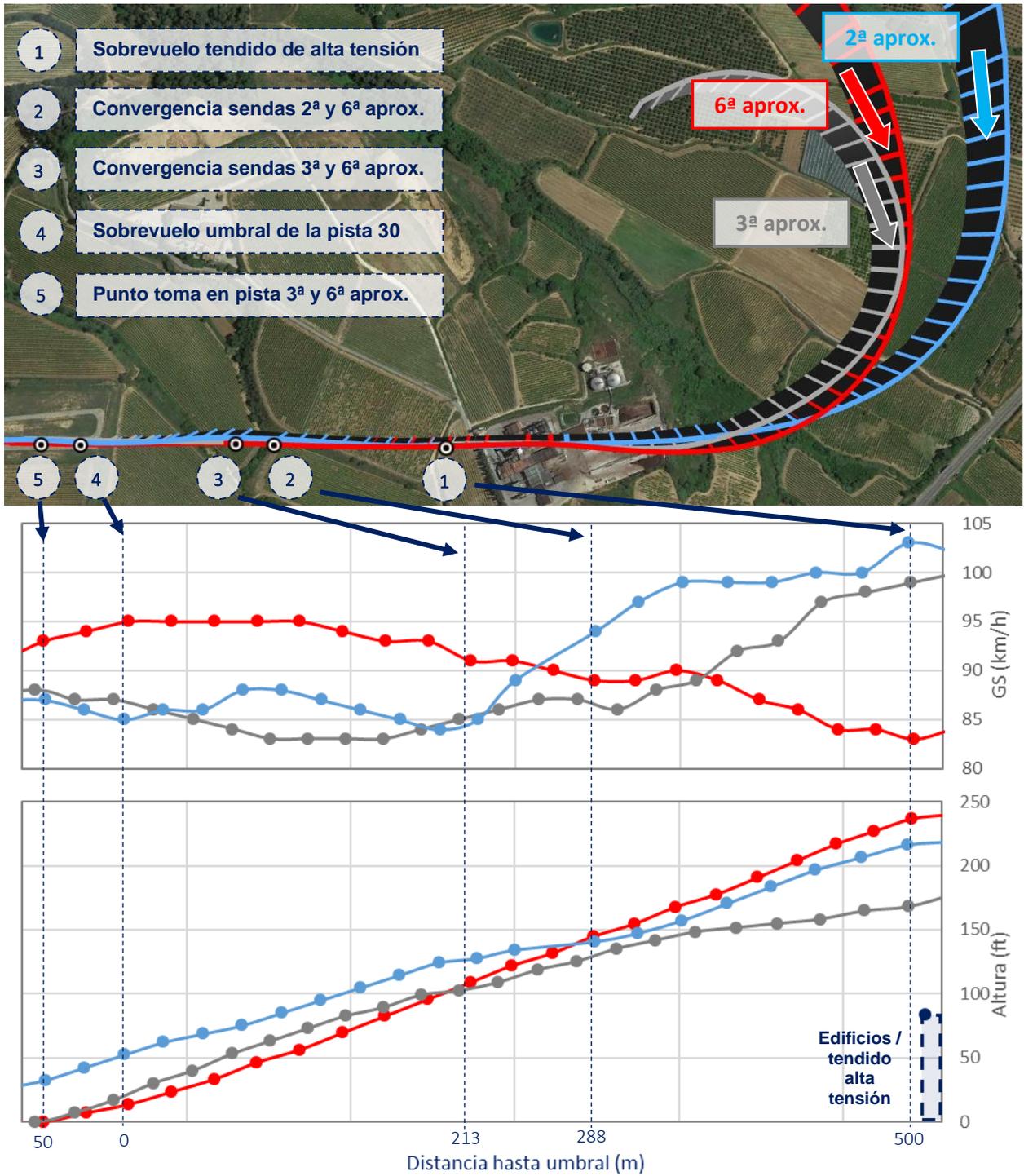
Los seis circuitos se realizaron desde las 15:30 hasta las 15:50 horas, y se emplearon de forma indistinta ambas cabeceras de la pista: tres aproximaciones por la 12 (primera, cuarta y quinta), y otras tres por la 30 (segunda, tercera y sexta), siendo en la última carrera cuando ocurrió la salida de pista.

De toda la información recopilada, se utilizó la información relativa a los aterrizajes realizados por la cabecera 30, por ser de interés para el análisis del vuelo del evento.

- **Aproximación final:**

Se pudo determinar que la posición del tendido eléctrico se empleaba como punto de referencia para iniciar la aproximación final a la pista. De las tres aproximaciones realizadas, en la segunda se hizo contacto con la pista a 140 m del umbral, mientras que en la tercera y la sexta se hizo a 50 m del umbral.

La Figura 6 muestra las aproximaciones finales hasta el punto de contacto con la pista. La gráfica y la tabla muestran información de altura, velocidad respecto de tierra, régimen de descenso y tiempo restante hasta el contacto con la pista en dichos tramos finales de la aproximación, en relación a la distancia respecto del umbral.

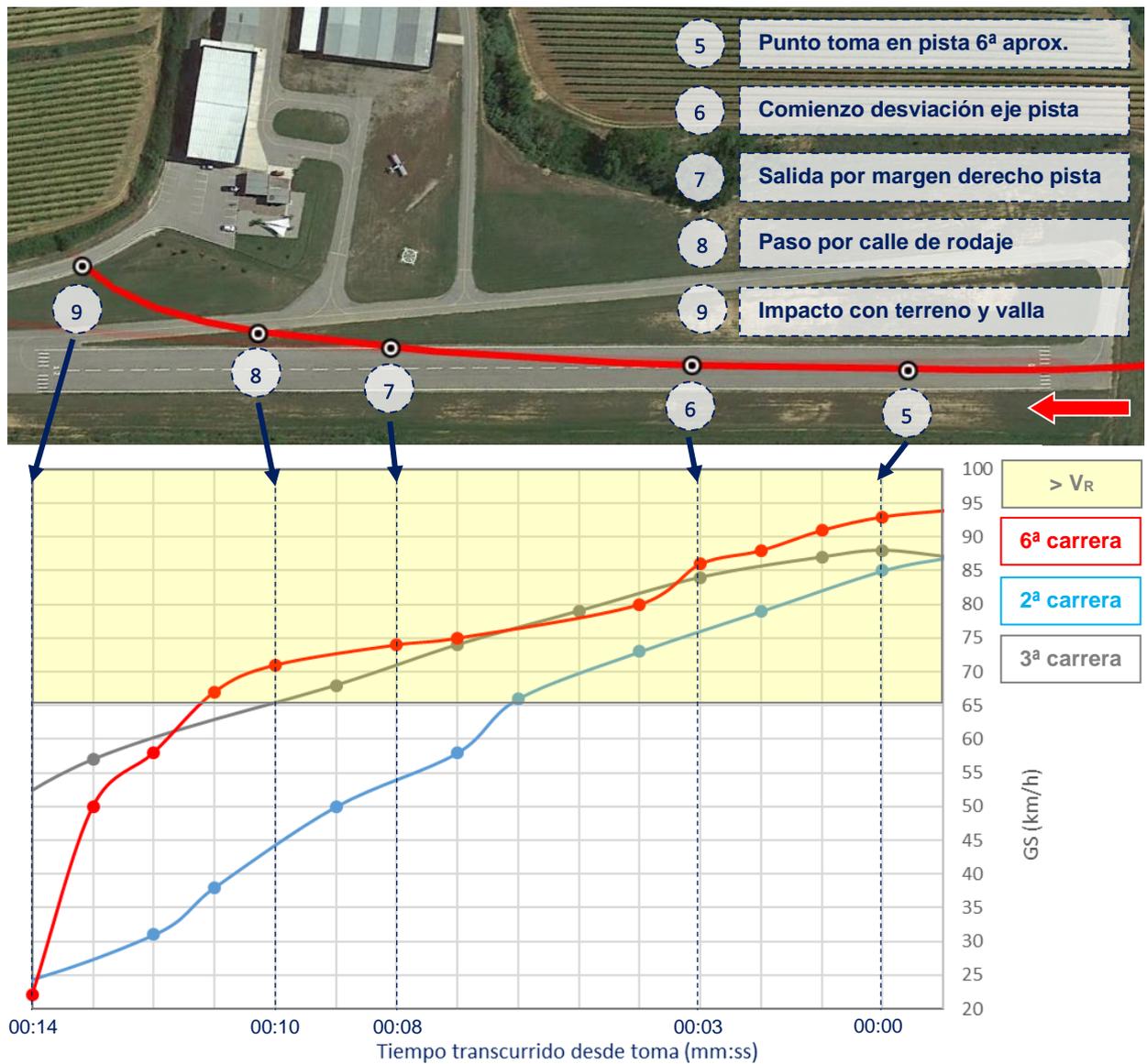


Punto	5	4	3	2	1
2ª aprox.	33 ft 87 km/h -591 fpm 4 s a toma	52 ft 85 km/h -591 fpm 6 s a toma	128 ft 85 km/h -394 fpm 15 s a toma	141 ft 94 km/h -394 fpm 18 s a toma	216 ft 103 km/h -197 fpm 25 s a toma
3ª aprox.	0 ft 88 km/h -452 fpm 0 s a toma	17 ft 87 km/h -787 fpm 2 s a toma	102 ft 85 km/h -394 fpm 11 s a toma	135 ft 86 km/h -394 fpm 15 s a toma	168 ft 99 km/h -591 fpm 22 s a toma
6ª aprox.	0 ft 93 km/h -447 fpm 0 s a toma	14 ft 95 km/h -591 fpm 2 s a toma	109 ft 91 km/h -787 fpm 10 s a toma	145 ft 89 km/h -591 fpm 13 s a toma	237 ft 83 km/h -197 fpm 21 s a toma

Figura 6. Aproximaciones finales por cabecera 30. Gráfica: GS (arriba) y altura (abajo).

- **Carrera de aterrizaje:**

La Figura 7 muestra en la primera imagen la sexta carrera desde el punto de toma hasta la posición en que quedó la aeronave detenida. La gráfica y la tabla muestran información de velocidad y distancia recorrida en las tres carreras de aterrizaje en relación al tiempo transcurrido desde la toma. En la gráfica se muestra además el mínimo valor de velocidad, en términos de GS (teniendo en cuenta la corrección por viento según los datos del apartado 1.7), a partir del cual se dispone de sustentación y mando aerodinámicos suficientes para realizar la transición tierra-aire, asumiendo que este valor es el de rotación (V_R) según el Manual de Vuelo.



Punto	9	8	7	6	5
2ª carrera	19 km/h 207 m	44 km/h 176 m	54 km/h 150 m	76 km/h 66 m	85 km/h 0 m
3ª carrera	53 km/h 273 m	65 km/h 217 m	71 km/h 181 m	86 km/h 74 m	88 km/h 0 m
6ª carrera	22 km/h 299 m	71 km/h 231 m	74 km/h 184 m	86 km/h 78 m	93 km/h 0 m

Figura 7. Carreras de aterrizaje por pista 30.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

Tras la salida de pista la aeronave atravesó la franja, la calle de rodaje y la extensión de terreno con hierba que separa la calle de rodaje y la vía de acceso por carretera a las instalaciones del aeródromo. Terminó impactando contra el terreno y contra la valla de madera que delimita dicha vía, quedando detenida sobre la misma. Teniendo en cuenta la trayectoria que llevaba, desde el borde lateral derecho de la pista hasta la posición donde quedó detenida, la aeronave recorrió una extensión de 115 m, de los cuales los últimos 42 m los recorrió deslizando sobre la extensión de hierba entre la calle de rodaje y la vía de acceso al aeródromo. La porción de franja que atravesó presentaba una pendiente negativa del 2,09%, mientras que la extensión de hierba presentaba una pendiente negativa del 5,82%.

El tren principal izquierdo colapsó mientras la aeronave deslizaba con el costado izquierdo de cara a la valla, plegándose sobre sí mismo sobre el punto de rotura y hacia la parte inferior del fuselaje. El fuselaje se partió por la zona posterior de la cabina de vuelo al impactar su superficie inferior contra el asfalto de la carretera de acceso al aeródromo, tras entrar en contacto con el terreno una vez había colapsado el tren principal izquierdo. Ambas palas de la hélice golpearon contra la valla, lo que produjo rotura y pérdida de material en cada una de ellas.

No se produjo dispersión de restos: la parte posterior del fuselaje, así como el tren principal izquierdo quedaron unidos precariamente a la aeronave, mientras que los restos de las palas de la hélice desprendidos quedaron esparcidos a su alrededor. La aeronave quedó posicionada con el morro orientado hacia el umbral de la cabecera 30, apoyada sobre la rueda del tren principal derecho, la carena de la rueda del tren principal izquierdo y la parte posterior del fuselaje.



Figura 8. Posición final de la aeronave y daños.

1.13 Información médica y patológica

Este apartado no es de aplicación para este caso.

1.14 Incendio

No se produjo incendio en la aeronave ni en el entorno.

1.15 Aspectos relativos a la supervivencia

Los atalajes y sistemas de retención realizaron correctamente su función y el habitáculo de cabina mantuvo su integridad estructural.

1.16 Ensayos e investigaciones

1.16.1 Inspección de los restos de la aeronave

Tras el accidente se desmontaron los planos del ala y del estabilizador horizontal y se trasladaron los restos a un hangar en el propio aeródromo donde ocurrió el suceso.

Se llevó a cabo una inspección general de los restos de la aeronave, observando lo siguiente:

- La ballesta del tren principal izquierdo estaba rota por flexión.
- La superficie inferior de la sección por la que se partió el fuselaje presentaba marcas del impacto y arrastre contra el asfalto de la vía de acceso al aeródromo.
- El mecanismo pirotécnico para activación del sistema del paracaídas balístico se encontraba sin el pin de bloqueo colocado. El sistema no se había activado, y el paracaídas se encontraba replegado.
- Sistema de freno del tren principal. Era de tipo diferencial, con frenos de tambor. No se detectaron defectos ni signos de malfuncionamiento que tuvieran relación con averías y/o anomalías presentes en el sistema. Por otro lado, se identificaron los siguientes hallazgos:
 - Pérdida de continuidad de la línea de líquido hidráulico del freno izquierdo, debido a la rotura de la ballesta izquierda. Por tanto, no fue posible comprobar la funcionalidad del freno izquierdo (el derecho funcionaba con normalidad).
 - Las ruedas del tren principal izquierdo y derecho acumulaban barro en la cara exterior e interior respectivamente.
- Elementos de la rueda de cola y mandos de control del timón de dirección. No se identificaron defectos ni signos de malfuncionamiento que tuvieran relación con averías y/o anomalías presentes en el sistema. Por otro lado, la línea del mando de control del timón de dirección presentaba continuidad en toda su extensión.

1.16.2 Inspección de las marcas en el terreno

Las marcas dejadas por la aeronave en el terreno se encontraron a partir de la calle de rodaje, donde aparecía la huella del neumático del tren principal derecho, que se prolongaba a lo largo de la extensión de hierba entre la calle de rodaje y la vía de acceso al aeródromo.

La huella del neumático izquierdo apareció en la extensión de hierba a 28 m de distancia del punto de la calle de rodaje por el que salió la aeronave. La separación entre las marcas de ambos neumáticos era de 1,20 m (la separación entre las ruedas del tren principal es de 1,60 m).

Las marcas trazadas por ambos neumáticos convergieron hasta alinearse en una misma trayectoria a lo largo de un tramo que presentaba una marca de mayor profundidad en el terreno; posteriormente se cruzaron entre sí y se volvieron a separar la una de la otra. En la huella correspondiente al tren principal izquierdo, a escasa distancia de la cuneta, se presentaba un área de terreno con una marca de arrastre más profunda y ancha en comparación con las huellas dejadas previamente por el neumático, correspondiente al punto donde se partió la ballesta izquierda.

En la cuneta y en la propia vía, tras romper y sobrepasar la valla, se identificaban marcas de pintura debidas al arrastre contra el asfalto de las carenas de las ruedas del tren principal, de la superficie inferior del fuselaje, del estabilizador horizontal y del timón de profundidad.

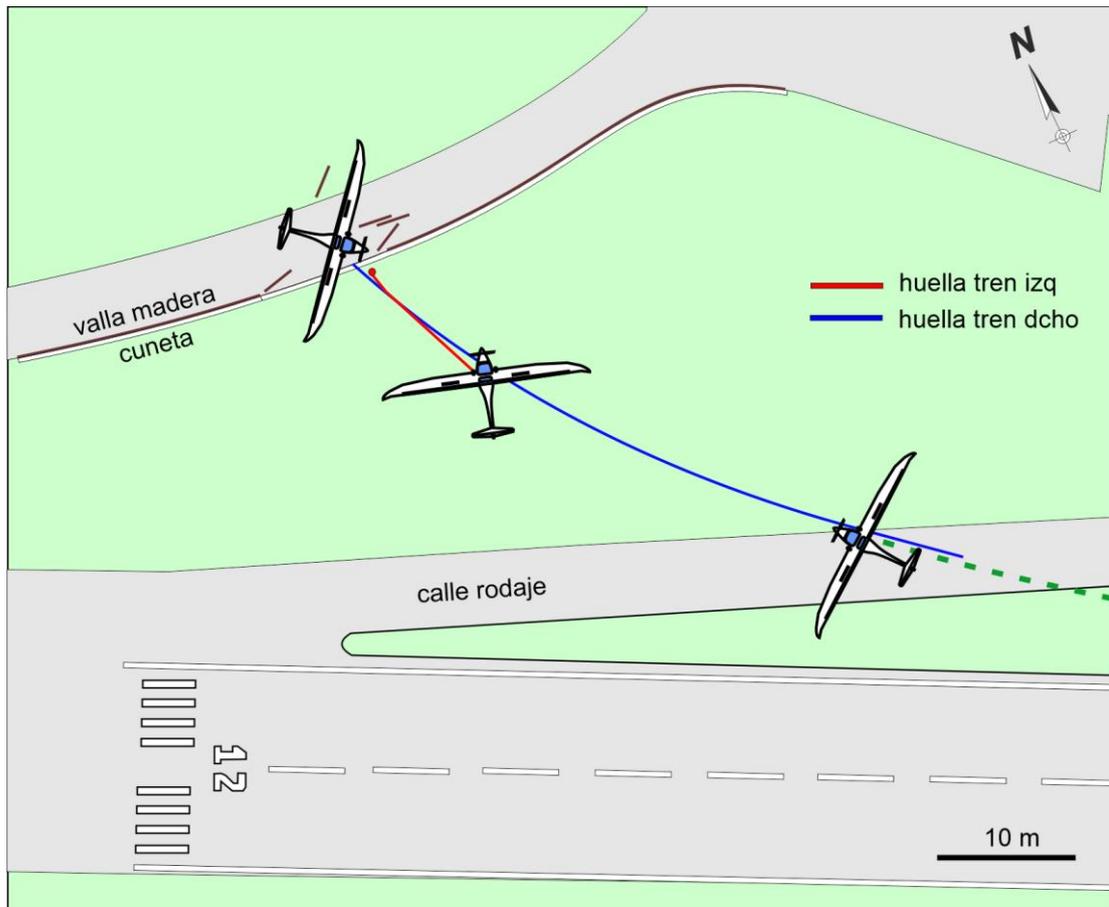


Figura 9. Trayectoria tras la salida de pista, marcas en el terreno y posición final de la aeronave.

1.16.3 Estudio sobre la velocidad de la aeronave durante el suceso

- **Velocidad indicada (IAS) en la sexta toma:**

Teniendo en cuenta el valor medio de intensidad del viento registrado por la estación de La Granada en el intervalo de tiempo en que se realizaron las aproximaciones y los datos de velocidad en términos de GS registrados, la velocidad indicada (IAS) al momento de la toma en la segunda y tercera aproximaciones fue aproximadamente de 80 km/h de promedio. En la sexta aproximación este valor fue de 87 km/h. Por otro lado, la velocidad recomendada por el Manual de Vuelo para la recogida y la toma es de 75 km/h. En base a estos datos, se estimó que:

- En la sexta aproximación se contactó con la pista a una IAS un 8% por encima de la registrada en la segunda y tercera aproximaciones.
- En la sexta aproximación se contactó con la pista a una IAS un 15% por encima de la referida en el Manual de Vuelo.

- **Variación de la velocidad en la sexta carrera de aterrizaje:**

De acuerdo a los datos de GPS, desde el contacto con la pista hasta el momento de la salida por su margen derecho transcurrieron 8 s, de los cuales:

- En los primeros 3 s se recorrieron 78 m, disminuyendo la velocidad un 7,5%, situándose por encima de los valores que se dieron en la segunda y tercera carrera de aterrizaje para los mismos instantes de carrera.
- En el segundo siguiente se recorrieron 24 m, disminuyendo la velocidad un 7%, situándose en valores similares a los de la tercera carrera de aterrizaje para el mismo instante de carrera. Fue en este preciso instante cuando se inició la desviación con respecto del eje de la pista, según los datos de posición registrados.
- En los 4 s restantes hasta el momento en que salió de la pista, la aeronave recorrió 82 m a medida que se alejaba del eje de la misma, disminuyendo la velocidad un 7,5%, situándose de nuevo por encima de los valores de la segunda y tercera carrera de aterrizaje para los mismos instantes de carrera.

1.17 Información orgánica y de dirección

Este apartado no es de aplicación para este caso, dado que el vuelo fue de ámbito privado.

1.18 Información adicional

1.18.1 Comentarios del piloto sobre el vuelo del suceso

- **Sobre la aproximación:**

En lo que respecta a la aproximación en cabecera 30, indicó que en la fase final se sobrevuela a al menos unos 10 metros por encima de la torre de alta tensión ubicada antes de la pista.

Sobre la configuración de la aeronave en aproximación final y aterrizaje comentó que:

- a) Normalmente empleaba la primera posición de deflexión de flaps para realizar la aproximación y la toma, dado que con la segunda posición la velocidad de la aeronave se veía muy reducida.
- b) Fijaba revoluciones del motor en ralentí, entre 1600 y 1700 rpm.
- c) Empleaba los aerofrenos.

- **Sobre el aterrizaje y la salida de pista:**

Tras realizar varios circuitos sin problemas, decidió finalizar el vuelo. Efectuó el aterrizaje por la cabecera 30, contactando en el primer quinto de pista a unos 75-80 km/h IAS, y rodó alineado por la pista.

Ya en pista presionó los pedales del freno izquierdo y derecho por igual para frenar la aeronave. En un momento determinado, a 50 km/h IAS percibió que la aeronave comenzó a desviarse a la derecha del eje de la pista. Dejó de presionar el pedal derecho e intentó corregir la desviación presionando los pedales del freno izquierdo y del timón de dirección, este último ya sin mando aerodinámico, advirtiendo que la aeronave no reaccionaba tras el accionamiento del pedal izquierdo y que la aeronave continuaba desviándose del eje de la pista. Durante la carrera de aterrizaje no apreció que la rueda de cola se desalineara respecto a la trayectoria que llevaba la aeronave.

Se salió por el margen derecho de la pista, a mitad de la misma, a 50 km/h IAS. Intentó rectificar la guiñada que describía la aeronave con la intención de dirigirse a la cabecera contraria y frenar el movimiento, pero la aeronave continuó su desplazamiento. Presionó más el pedal del freno izquierdo y acabó frenando, aunque para entonces ya había perdido el control de la aeronave y terminó impactando contra la valla de madera. Durante la inspección de las huellas en el terreno el piloto indicó que la acción de frenada que apreció en esos

últimos momentos fue aproximadamente a partir de donde aparecían las huellas del neumático del tren principal izquierdo.

- **Sobre la actuación de los sistemas de frenos y mandos del timón de dirección y rueda de cola:**

El piloto indicó que en el rodaje previo al vuelo realizó la prueba de frenos y no advirtió ningún problema con ellos, así como tampoco en el resto de carreras de aterrizaje previas a la del accidente. Su tacto al aplicarlos fue normal en las tomas previas a la de la salida de pista.

Con respecto al reemplazo del cable de mando izquierdo del timón de dirección en el puesto del piloto, comentó que lo hizo porque identificó que se había deteriorado y consideró necesario reemplazarlo. Desde esta acción de mantenimiento, no advirtió problemas ni dificultades en el funcionamiento del mando del timón de dirección, incluido el vuelo del accidente.

1.18.2 Prevención de riesgos en relación al paracaídas balístico

A raíz de la investigación ULM A-016/2016² se detectó que no hay documentación de consulta para conocer qué aeronaves (tanto dentro del marco de EASA como fuera) llevan instalado un dispositivo de paracaídas balístico. El informe final resultante de dicha investigación contiene nueve recomendaciones de seguridad operacional, que se emitieron en la línea de la prevención de riesgos en el lugar del accidente en lo que respecta a estos dispositivos. Dos de ellas se formularon en cuanto a la estandarización de las señales de advertencia acerca de su existencia, localización en las aeronaves e información sobre temperaturas alcanzadas en caso de incendio. El contenido de estas recomendaciones y su estado de resolución son los siguientes:

Recomendación emitida	Organización responsable	Estado	Fecha de asignación del estado
REC 41/17. Se recomienda a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que establezca las medidas necesarias para desarrollar (en colaboración con EASA) una estandarización de criterios en cuanto a marcas de identificación de la existencia, localización y recorrido de los sistemas de paracaídas balísticos en las aeronaves y de indicador de calor que muestre la temperatura máxima alcanzada por el cohete detonador para poder advertir a las personas que se encuentren en las cercanías de los peligros de estos sistemas.	OACI	C.4.Cerrada.- Respuesta no satisfactoria.	26/04/2019

² 15 de julio de 2016. Aeronave Rans S6 Coyote II, matrícula EC-YDQ. Campo de Vuelos 'Los Garranchos' - San Javier (Murcia). [2016 | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana \(mitma.gob.es\)](https://www.mitma.gob.es/)

Recomendación emitida	Organización responsable	Estado	Fecha de asignación del estado
REC 42/17. Se recomienda a Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) que establezca las medidas necesarias para desarrollar (en colaboración con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)) una estandarización de criterios en cuanto a marcas de identificación de la existencia, localización y recorrido de los sistemas de paracaídas balísticos en las aeronaves y de indicador de calor que muestre la temperatura máxima alcanzada por el cohete detonador para poder advertir a las personas que se encuentren en las cercanías de los peligros de estos sistemas.	EASA	C.4.Cerrada.- Respuesta no satisfactoria.	29/07/2019

1.19 Técnicas de investigación útiles o eficaces

Este apartado no es de aplicación para este caso.

2 ANÁLISIS

El viernes 11 de diciembre de 2020, a las 15:50 horas y tras 50 minutos de vuelo, la aeronave EC-ZTH sufrió una salida por el margen derecho de la pista al aterrizar por la cabecera 30. Previamente a la salida de pista la aeronave había realizado seis circuitos (incluyendo el que precedió al suceso) de aterrizaje y despegue. Los datos de viento registrados por la estación meteorológica y el testimonio del piloto coincidieron en que las condiciones eran de viento en calma, por lo que las dos cabeceras de la pista podían emplearse de forma indistinta.

En la última aproximación para el aterrizaje, los datos de velocidad registrados por el GPS sugieren que el piloto no advirtió o, si lo hizo, no valoró adecuadamente el exceso de velocidad que se generó previamente a la toma. Esta inadvertencia acerca del exceso de velocidad impidió al piloto identificar la causa del empeoramiento de la operación tras aplicar los frenos durante la carrera de aterrizaje.

Se han considerado los siguientes aspectos en el análisis de este accidente:

1. Actuaciones durante el suceso, y
2. Sistemas de la aeronave.

2.1 Actuaciones durante el suceso

2.1.1 Aproximación final

Para completar adecuadamente la fase de aproximación final, el Manual de Vuelo recomienda llevar una velocidad de 90 km/h de IAS en aproximación final y de 75 km/h de IAS al momento de la toma en pista. Según la declaración del piloto, en la aproximación en la que ocurrió el accidente tomó en pista a 75-80 km/h de IAS.

De los datos analizados se extrajeron las siguientes consideraciones sobre la aproximación en la que ocurrió el accidente:

- La trayectoria estuvo alineada con el eje de la pista durante todo el tramo.
- El régimen de descenso en la última aproximación no excedía el valor máximo establecido por el Manual de Vuelo.
- La velocidad fue aumentando gradualmente a medida que la aeronave descendía y se acercaba a la pista. Al momento de la toma la velocidad indicada (IAS) fue de 87 km/h, de acuerdo a lo estimado en el apartado 1.16.3, valor que estaba por encima de la velocidad recomendada por el Manual de Vuelo y a la que acostumbraba a operar.

En base a las observaciones anteriores, se concluye que la maniobra de aproximación se ejecutó de forma inadecuada debido al exceso de velocidad que se produjo durante la misma.

2.1.2 Carrera de aterrizaje

- **Transición aire-tierra:**

El exceso de velocidad presente en la toma generó un mayor aporte sustentador en las superficies aerodinámicas de la aeronave, de manera que las ruedas del tren principal y de la cola quedaron total o parcialmente descargadas del peso de la aeronave, lo que redujo la presión y la fricción de las mismas sobre la superficie de la pista, dando como resultado:

- Una reducción en la eficacia de la frenada, generando una probable frenada desigual entre ambos frenos.
- Un menor grado de disipación de la energía del movimiento de la aeronave, y

- Una degradación del control direccional de la aeronave en tierra.

- **Pérdida de control durante la carrera de aterrizaje:**

El piloto indicó que presionó por igual ambos pedales del freno para reducir la velocidad de la aeronave durante la carrera de aterrizaje. No apreció que la rueda de cola se desalineara. De acuerdo a lo indicado en el apartado 1.16.3, el instante en el que se dio la mayor deceleración fue consistente con una actuación sobre los frenos. Teniendo en cuenta que además coincidió con el inicio del desvío respecto del eje de la pista, y que la eficacia de actuación del sistema de frenos se encontraba reducida, se considera que fue esta acción la que probablemente provocó el desvío respecto del eje de pista, al generarse una frenada desigual entre ambos frenos, resultando en la pérdida de control de la aeronave sobre la pista.

- **Salida de pista:**

Tras haber recorrido 184 m sobre la pista, la aeronave se salió por el margen derecho de la misma a 74 km/h de GS y se adentró en la extensión de hierba entre la calle de rodaje y la vía de acceso al aeródromo a más de 65 km/h de GS. La rueda derecha apoyó sobre el terreno parcialmente descargada del peso de la aeronave, mientras que la izquierda se mantuvo en el aire. A 1 s del impacto con la valla, la rueda izquierda contactó con el terreno ya posicionada por delante de la derecha (la separación entre las huellas de ambas era menor que la separación de las ruedas del tren principal).

La superficie de la extensión de hierba no contribuyó a frenar la aeronave, dada la pronunciada pendiente que presentaba, la menor resistencia al avance que ofrecía respecto del asfalto de la pista, y a que probablemente contaba con una humedad adicional por la precipitación habida ese día. Por su parte, la acción sobre los frenos del tren principal provocó que la aeronave a medida que avanzaba describiera una guiñada pivotando sobre la rueda derecha durante los instantes en que la izquierda se mantuvo en el aire.

Una vez apoyadas ambas ruedas sobre el terreno, la aeronave continuó deslizando y girando sobre su centro de gravedad sin control, impactando finalmente contra el terreno y la valla de madera (referirse a la Figura 9).

Las huellas identificadas sobre el terreno y los daños que sufrió la aeronave eran coherentes con:

- La alta energía y la actitud que llevaba la aeronave en su recorrido en tierra tras abandonar la pista,
- Las características y la condición del terreno presentes, y
- La aplicación de los frenos del tren principal en dichas circunstancias.

2.2 Sistemas de la aeronave

2.2.1 Frenos del tren principal

Según la declaración del piloto, no había observado problemas de funcionamiento en el sistema de frenos del tren principal durante las cinco carreras de aterrizaje que precedieron a la del suceso. Fue durante la sexta carrera de aterrizaje cuando percibió que el freno izquierdo no respondía al aplicarlo. Esta falta de respuesta perduró hasta instantes previos al impacto con la valla.

Durante la inspección de los restos de la aeronave se descartó la contribución de averías y/o defectos previos al suceso en los sistemas de frenos del tren principal. Por tanto, se concluye que es poco probable que se produjese un fallo del freno izquierdo durante la carrera de aterrizaje.

2.2.2 Sistema del paracaídas balístico

- **Aseguramiento del dispositivo tras el suceso:**

Durante la inspección de los restos de la aeronave se identificó que el mecanismo pirotécnico para activación del sistema de despliegue del paracaídas balístico no estaba bloqueado. Cualquier degradación de la integridad del sistema a consecuencia del impacto y los daños que sufrió la aeronave, así como la posterior movilización de los restos, pudo haber provocado la activación espontánea del dispositivo pirotécnico en tierra, generando un riesgo para las personas que se encontraron alrededor de los restos la aeronave desde el momento en que ocurrió el suceso hasta el momento en que se realizó su inspección. Por tanto, tras concluir el vuelo no se cumplió con el procedimiento de aseguramiento de este sistema.

- **Señalización de la presencia del paracaídas balístico:**

De acuerdo a la información expuesta en el apartado 1.18.2, actualmente no se ha establecido reglamentación alguna que establezca criterios al respecto de la obligación de llevar marcas de identificación sobre la existencia, localización, recorrido y estado de integridad de los elementos de los sistemas de paracaídas balísticos instalados en las aeronaves, así como tampoco sobre el estándar de criterios de señalización de los mismos.

La información disponible para las personas que estuvieron alrededor de los restos de la aeronave sobre la presencia del paracaídas balístico venía dada por un único indicativo instalado en la misma (referirse a la Figura 2) que, teniendo en cuenta que no existe actualmente reglamentación alguna que establezca criterios al respecto de la obligación de llevar marcas de identificación en las aeronaves así como tampoco acerca de un estándar de criterios de señalización (referirse al apartado 1.18.2), probablemente fue considerada como adecuada y suficiente por parte de piloto y fabricante del dispositivo del paracaídas balístico para poder detectar su existencia.

3 CONCLUSIONES

3.1 Constataciones

- Se descartó la contribución de averías y/o defectos previos al suceso en los sistemas de frenos del tren principal y del mando de control del timón de dirección.
- La maniobra de aproximación se ejecutó de forma inadecuada debido al exceso de velocidad que se produjo durante la misma.
- Las ruedas del tren principal y de cola quedaron total o parcialmente descargadas del peso de la aeronave, lo que redujo el grado de disipación de la energía del movimiento, degradó el control direccional de la aeronave en tierra y la eficacia del sistema de frenos del tren principal.
- La aplicación de los frenos instantes después de la toma provocó la pérdida de control de la aeronave sobre la pista.
- El piloto no advirtió, o no valoró adecuadamente, el exceso de velocidad generado durante la maniobra de aproximación final.
- La inadvertencia acerca de este exceso de velocidad impidió al piloto identificar la causa del empeoramiento de la operación que surgió tras la aplicación de los frenos.

3.2 Causas / Factores contribuyentes

La investigación ha concluido que la causa del accidente fue la pérdida de control de la aeronave durante la carrera de aterrizaje, producida probablemente por la aplicación de los frenos del tren principal en unas condiciones de alta velocidad.

Se considera factor contribuyente la ejecución inadecuada de la aproximación final, que llevó a un exceso de velocidad en la toma de contacto con la pista.

4 RECOMENDACIONES

No se emite ninguna recomendación sobre seguridad operacional.