



INFORME FINAL

ACCIDENTE

COL-22-71-DIACC

Excursión de Pista

RE

Cirrus SF50 Vision

Matrícula HK5342-G

16 de octubre de 2022

Aeropuerto Simón Bolívar

Santa Marta, Magdalena – Colombia

ADVERTENCIA

El presente Informe Final refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC, en relación con el evento que se investiga, a fin de determinar las causas probables y los factores contribuyentes que lo produjeron. Así mismo, formula recomendaciones de seguridad operacional con el fin de prevenir la repetición de eventos similares y mejorar, en general, la seguridad operacional.

De conformidad con lo establecido en la Parte 114 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 114, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, OACI, *“El único objetivo de las investigaciones de accidentes o incidentes será la prevención de futuros accidentes o incidentes. El propósito de esta actividad no es determinar culpa o responsabilidad”*.

Por lo tanto, ningún contenido de este Informe Final, y en particular las conclusiones, las causas probables, los factores contribuyentes y las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de señalar culpa o responsabilidad.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe Final para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes e incidentes aéreos, y especialmente para fines legales o jurídicos, es contrario a los propósitos de la seguridad operacional y puede constituir un riesgo para la seguridad de las operaciones.

CONTENIDO

SIGLAS	6
SINOPSIS	8
RESUMEN	8
1. INFORMACIÓN FACTUAL	10
1.1 Reseña del vuelo.....	10
1.2 Lesiones personales.....	12
1.3 Daños sufridos por la aeronave.....	13
1.3.1 Fuselaje.....	13
1.3.2 Planos.....	13
1.3.3 Estabilizadores.....	14
1.3.4 Tren de aterrizaje de nariz.....	15
1.3.5 Tren de aterrizaje principal izquierdo.....	15
1.3.6 Tren de aterrizaje principal derecho.....	15
1.3.7 Sistema de frenos.....	16
1.4 Otros daños.....	16
1.5 Información personal.....	16
1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento.....	18
1.6.1 Aeronave.....	18
1.6.2 Motor.....	18
1.7 Información Meteorológica.....	18
1.8 Ayudas para la Navegación.....	19
1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo.....	19
1.10 Información del Aeródromo.....	19
1.10.1 Características generales.....	19
1.10.2 Servicios de emergencia.....	19
1.10.3 Accidentes de importancia ocurridos en el aeródromo.....	20
1.10.4 Plano del aeródromo.....	21
1.11 Registradores de Vuelo.....	22
1.11.1 Módulo Recuperable de Datos (RDM).....	22
1.11.2 Unidad de Control del Motor (ECU).....	22
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.....	22
1.13 Información médica y patológica.....	26
1.13.1 Ocupantes de la aeronave.....	26

1.13.2	Lesiones causadas a personal externo, ajeno a la aeronave	26
1.13.3	Atención médica brindado a otro personal externo	26
1.14	Incendio	26
1.15	Aspectos de supervivencia.....	27
1.15.1	Supervivencia de los ocupantes de la aeronave	27
1.15.2	Lesiones ocasionadas a personas ajenas a la aeronave.....	27
1.15.3	Actuación servicios de emergencia del aeródromo y del CRUE	28
1.15.4	Regreso de los Servicios Médicos Aeroportuarios a la escena	29
1.16	Ensayos e investigaciones.....	29
1.16.1	Investigación de componentes de la aeronave	29
1.16.2	Datos de la Unidad de Control del Motor (ECU).....	29
1.16.2.1	Datos del Módulo Recuperable de Datos (RDM)	30
1.16.2.2	Comparación datos RDM con la información de la tripulación.....	31
1.16.2.3	Investigación del sistema de frenos.....	36
1.16.3	Investigación de factores operacionales.....	37
1.16.3.1	Cálculo Peso y Balance	37
1.16.3.2	Longitud de pista requerida para el despegue	38
1.16.3.3	Velocidad de rotación	39
1.16.3.4	Velocidad de abortaje – Criterios para abortar	41
1.17	Información orgánica y de dirección	42
1.17.1	Vuelo de Aviación Privada	42
1.18	Información adicional.....	42
1.18.1	Entrevista a la tripulación	42
1.18.2	Grabaciones de video.....	42
1.18.3	Sistema de Alerta a la Tripulación (Crew Alert System, CAS)	44
1.18.4	Sobre el ruido que escuchó la tripulación - guiñada.....	44
1.19	Técnicas útiles o eficaces de investigación	45
2.	ANÁLISIS.....	46
2.1	Análisis de Aspectos Operacionales.....	46
2.1.1	Calificaciones de la Tripulación.....	46
2.1.2	Peso y Balance.....	46
2.1.3	Longitud de pista	47
2.1.4	Velocidad durante la carrera de despegue	47
2.1.5	Comportamiento del throttle lever angle (TLA) y fuel flow (FF).....	47
2.1.6	Velocidad de abortaje – Criterios para abortar	47

2.1.7	Aplicación momentánea de potencia después de iniciarse el abortaje.....	48
2.1.8	Análisis de las actuaciones de la tripulación	51
2.1.8.1	Roles de los tripulantes	51
2.1.8.2	Planeamiento del vuelo	51
2.1.8.3	Situación que desencadenó la emergencia, acciones tripulación.....	51
2.2	Análisis de Aspectos de Aeronavegabilidad	52
2.2.1	Funcionamiento del sistema de frenos	52
2.2.2	Funcionamiento de la planta motriz	52
2.2.3	Datos del motor de la aeronave extraídos del ECU	53
2.3	Análisis de las condiciones meteorológicas.....	53
2.4	Análisis de los servicios de reacción.....	54
2.5	Análisis de Factores Humanos, modelo HFACS	54
2.5.1	Actos inseguros (errores, violaciones):.....	55
2.5.2	Condiciones previas para actos inseguros	55
2.5.3	Supervisión deficiente o insegura	55
2.5.4	Influencias organizacionales	56
2.6	Modelo de investigación.....	56
2.6.1	Vuelo de Aviación Privada.	56
2.6.2	Despegue.	57
2.6.3	Percepción de condición anormal.....	57
2.6.4	Abortaje del despegue.	58
2.6.5	Excursión de pista	58
2.7	Análisis de otros factores	58
3.	CONCLUSIÓN.....	59
3.1	Conclusiones	59
3.2	Causa probable	63
3.3	Factores Contribuyentes	63
3.4	Taxonomía OACI.....	63
4.	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	64

SIGLAS

AFM	Manual de Vuelo de la Aeronave (<i>Aircraft Flight Manual</i>)
AIP	Publicación de Información Aeronáutica (<i>Aeronautical Information Publications</i>)
ARP	Punto de Referencia de Aeropuerto (<i>Airport Reference Point</i>)
ASDA	Distancia de Aceleración - Parada Disponible (<i>Accelerate Stop Distance Available</i>)
ATC	Control de Tráfico Aéreo (<i>Air Traffic Control</i>)
CAS	Sistema de Alerta a la Tripulación (<i>Crew Alert System</i>)
CRM	Gestión de Recursos de la Tripulación (<i>Crew Resource Management</i>)
CRUE	Centro Regulador de Urgencias y Emergencias
CVR	Grabadora de Voz de Cabina (<i>Cockpit Voice Recorder</i>)
CWY	Pista Libre de Obstáculos (<i>Clearway</i>)
DIACC	Dirección Técnica de Investigación de Accidentes
ECU	Unidad de Control Electrónico (<i>Electronic Control Unit</i>)
FDR	Grabador de Datos de Vuelo (<i>Flight Data Recorder</i>)
FADEC	Control Digital de Total Autoridad del Motor - (<i>Full Authority Digital Engine Control</i>)
FOD	Daño por Objeto Extraño (<i>Foreign Object Damage</i>)
GS	Velocidad de tierra (<i>Ground Speed</i>)
HL	Hora Local
IAS	Velocidad Indicada (<i>Indicated Airspeed</i>)
IVA	Instructor de Vuelo Avión
KIAS	Velocidad Indicada en Nudos (<i>Knots Indicated Airspeed</i>)
LDA	Distancia de Aterrizaje Disponible (<i>Landing Distance Available</i>)
NTSB	Junta Nacional de Seguridad del Transporte (<i>National Transportation Safety Board</i>) – Autoridad de investigación de accidentes de Estados Unidos.
METAR	Informe Meteorológico de Rutina (<i>Meteorological Aerodrome Report</i>)
PAE	Plan de Acción de Emergencias
PCA	Piloto Comercial Avión
PPA	Piloto Privado Avión
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
RAC	Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
RESA	Área de Seguridad de Extremo de Pista (<i>Runway End Safety Area</i>)
RDM	Módulo Recuperable de Datos (<i>Recoverable Data Module</i>)
SEI	Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (aeroportuarios)

SKSM	Código OACI del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, Santa Marta
SKBO	Código OACI Aeropuerto Internacional El Dorado, Bogotá
SWY	Pista de Frenado (<i>Stopway</i>)
TAS	Velocidad Verdadera (<i>True Airspeed</i>)
TLA	Ángulo de la Palanca de Empuje - Acelerador (<i>Thrust Lever Angle</i>)
TODA	Distancia de Despegue Disponible (<i>Take Off Distance Available</i>)
TORA	Recorrido de Despegue Disponible (<i>Take Off Run Available</i>)
TOW	Peso de Despegue (<i>Take off Weight</i>)
UTC	Tiempo Universal Coordinado (<i>Universal Time Coordinated</i>)
VFR	Reglas de Vuelo Visual (<i>Visual Flight Rules</i>)
VMC	Condiciones Meteorológicas para Vuelo Visual (<i>Visual Meteorological Conditions</i>)
Vr	Velocidad de Rotación (<i>Rotation Speed</i>)

SINOPSIS

Aeronave:	Cirrus SF50 Vision, HK5342G; ASN 0149
Fecha y hora del Accidente:	16 de octubre de 2022, 11:00 HL (16:00 UTC)
Lugar del Accidente:	Inmediaciones del Aeropuerto Simón Bolívar Santa Marta, Magdalena, Colombia
Coordenadas:	N 011°07'41" - W 074°13'50"
Tipo de Operación:	Aviación General, Privada
Número de ocupantes:	Total 07: 02 tripulantes, 05 viajeros
Taxonomía OACI:	RE - Excursión de Pista



Fotografía No. 1 – Avión Cirrus SF50 Visión Jet¹

RESUMEN

El 16 de octubre de 2022, la aeronave Cirrus SF50 Visión Jet con matrícula HK5342-G iniciaba un vuelo privado, con dos (02) tripulantes y cinco (05) viajeros, desde el aeropuerto internacional Simón Bolívar (OACI: SKSM), de Santa Marta, con destino al aeropuerto internacional Eldorado (OACI: SKBO), de Bogotá.

Durante el despegue, y ante un ruido de origen desconocido, el Piloto decidió abortar la maniobra, y la aeronave no alcanzó a detenerse en la pista; la aeronave abandonó la pista, cruzó la zona de seguridad y la vía perimetral de aeródromo, rompió la malla perimetral,

¹ <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2020/september/>

atravesó una vía pública y, finalmente impactó contra un árbol ubicado cerca del malecón, en donde se ubicaba un puesto informal de ventas.

En la parte final de su recorrido, la aeronave y/o los escombros y otros artículos, impactaron a cuatro (4) personas ubicadas en cercanías del puesto de ventas, ocasionando el fallecimiento de un (1) menor de edad y lesiones graves a las otras tres (3) personas. Los ocupantes de la aeronave la abandonaron, ilesos.

Los servicios de emergencia del aeródromo llegaron de inmediato al sitio en donde se ubicó la aeronave. Sin embargo, las personas lesionadas (menos una), ya habían sido evacuadas a centros médicos. La aeronave terminó con daños sustanciales.

La investigación determinó como Causa Probable del accidente:

- Excursión de pista como consecuencia de la realización de un innecesario abortaje del despegue con alta velocidad, en una pista de longitud limitada, maniobra que fue motivada por un ruido de origen indeterminado, mientras la aeronave se encontraba aeronavegable.

Así mismo, se encontraron los siguientes factores contribuyentes:

- Falta de criterios claros, y que debían establecerse previamente (briefing antes del despegue), por parte de la tripulación sobre las excepcionales situaciones en las cuales se debía abortar el despegue.
- Actuación errática de la tripulación durante la secuencia de acciones que siguió una vez iniciado el abortaje, ya que activó de nuevo la palanca del acelerador (TLA) por 3 segundos, incrementando la distancia de parada de la aeronave.
- Baja alerta situacional y falta de manejo de los recursos de cabina (CRM), por parte de la tripulación durante la carrera de despegue, que le impidió determinar que el motor se encontraba funcionando correctamente, y que no había ninguna condición de la aeronave que pusiera en riesgo la continuación del despegue.
- Ubicación irregular de la tripulación en la cabina de mando, con el Piloto al Mando en la posición derecha (como Copiloto, sin funciones de Instructor) y el Copiloto en la posición izquierda, condición que pudo contribuir a una posible confusión de roles y responsabilidades, sobre todo durante el abortaje y acciones subsiguientes.

La investigación emitió cinco (5) recomendaciones de seguridad operacional.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1 Reseña del vuelo

El 16 de octubre del 2022, la aeronave monomotor jet tipo Cirrus SF50 Visión Jet, de matrícula HK5342G fue programada para efectuar un vuelo privado con siete (07) personas a bordo: dos (02) Tripulantes y cinco (05) viajeros.

El vuelo cubriría la ruta desde el aeropuerto internacional Simón Bolívar (OACI: SKSM) de la ciudad de Santa Marta (Colombia), con destino final en el aeropuerto internacional Eldorado (OACI: SKBO), de Bogotá D.C. (Colombia).

La tripulación estaba compuesta por dos (2) pilotos calificados en la aeronave: un piloto de 61 años, con amplia experiencia de vuelo, instructor del equipo Cirrus SF50 Visión Jet; y, otro piloto de 55 años, con limitada experiencia de vuelo y en el equipo, y que era el propietario de la aeronave. El puesto del Piloto, silla izquierda de la cabina de mando, era ocupada por el Piloto con menor experiencia y dueño de la avión, quien además cumplía las funciones de *Piloto Volando (PF - Pilot Flying)*.

A su vez, el puesto del Copiloto, silla derecha de la cabina de mando, era ocupado por el Piloto Instructor, quien desempeñaba las funciones de *Piloto Monitoreando (PM - Pilot Monitoring)*, y que había presentado Plan de Vuelo como Piloto al Mando.

La tripulación inició el motor a las 10:39 HL, y a las 10:59 HL inició el despegue por la cabecera 01. Durante la carrera de despegue, cuando la aeronave tenía aproximadamente 85 nudos, la tripulación escuchó un ruido fuerte, cuyo origen no se pudo determinar.

Sin discernir sobre la naturaleza del ruido, y a pesar de que todos los parámetros de funcionamiento de la aeronave y del motor mostraban una operación normal, el Piloto Volando (PF) tomó la decisión de abortar el despegue. No obstante, posteriormente al inicio del abortaje, alguno de los tripulantes (que no fue posible determinar), avanzó la palanca de potencia del motor (TLA)², durante 3 segundos. Y acto seguido, la tripulación redujo de nuevo la potencia, continuando con el abortaje, y aplicando la máxima presión en los frenos.

Sin embargo, la distancia disponible de pista fue insuficiente para que la aeronave se detuviera en ella; la aeronave abandonó la pista, cruzó la zona de seguridad y la vía perimetral de aeródromo, rompió la malla perimetral, atravesó una vía pública y, finalmente impactó contra un árbol ubicado cerca del malecón, bajo el cual se ubicaba un puesto informal de ventas.

En la parte final de su recorrido, la aeronave impactó a cuatro (4) personas ubicadas en la prolongación de la cabecera 19 de la pista, en cercanías del puesto de ventas, ocasionando el fallecimiento de un (1) menor de edad y lesiones graves o leves a las otras tres (3) personas. De otra parte, los ocupantes de la aeronave abandonaron por sus propios medios, ilesos, y fueron asistidos por los servicios de emergencia del aeropuerto.

Las personas lesionadas, excepto una (1) que permaneció en el sitio, fueron evacuadas a varios centros médicos cercanos al aeropuerto por cuenta propia y/o de otras personas

² TLA: *Thrust Level Angle* (Palanca de Potencia)

cercanas al sitio del suceso, al parecer en vehículos y motocicletas particulares, sin dar tiempo a la llegada de los servicios de emergencia.

El Servicio de Extinción de Incendios (SEI) del aeropuerto Simón Bolívar, respondió de inmediato a la alarma iniciada por el Servicio de Tránsito Aéreo y llegó al sitio en un tiempo aproximado de dos (2) minutos, según corresponde a los protocolos internacionales de atención de eventos en aeropuertos, aunque el accidente había ocurrido por fuera del perímetro aeroportuario.



Fotografía No. 2 – Detalle del área del impacto.



Fotografía No. 3 – Posición final de la aeronave HK5342G y puesto informal de ventas.

Al no hallar a las personas externas afectadas por la aeronave, el SEI asistió entonces la evacuación de los ocupantes de la aeronave, y aplicó agentes químicos para prevenir incendios por el combustible que escapaba del avión. Se hicieron presentes en el sitio los Servicios Médicos Aeroportuarios (ambulancia, médico y paramédicos), así como

ambulancias y otro soporte del Centro Regulator de Urgencias y Emergencias, CRUE, de Santa Marta.

Posteriormente, a las 11:16 HL, mientras los servicios del Aeródromo hacían una segunda verificación, ubicaron a la quinta persona lesionada, que fue atendida por los servicios médicos del aeródromo y trasladada luego a un centro médico.

Las once (11) personas afectadas en total (7 ocupantes de la aeronave y 4 ajenas a la operación), fueron trasladadas a varios centros de atención médica de la ciudad.

La aeronave resultó con daños sustanciales, como consecuencia de impactos contra la malla perimetral del aeródromo, contra instalaciones de la vía terrestre que cruzó, por el impacto con el árbol que la detuvo, y por el desnivel del terreno.

La Dirección Técnica de Investigación de Accidentes (DIACC) fue notificada del evento a las 11:29 HL, y dispuso el envío de un (01) Investigador, quien arribó al sitio del accidente la misma noche del evento, 16 de octubre.

En atención a las disposiciones contenidas en los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos, especialmente de conformidad con la Sección 114.300 del RAC 114, el evento fue notificado a la National Transportation Safety Board (NTSB) de Estados Unidos, como Estado de Diseño y de Fabricación de la aeronave y de la planta motriz, quien asignó un Representante Acreditado ante la investigación.

A su vez, la empresa Cirrus, fabricante del avión y la empresa Williams, fabricante del motor de la aeronave, designaron especialistas técnicos para asesorar a la investigación, e inspeccionaron la aeronave y la escena del accidente entre el 03 y 06 de noviembre de 2022, en compañía del Investigador a Cargo.

El 01 de diciembre de 2022, las partes involucradas en la investigación se reunieron en las instalaciones de Williams International, en Pontiac, Michigan (Estados Unidos), en donde se examinaron la Unidad de Control del Motor - ECU (*Engine Control Unit*), en conjunto con el Control Digital de Total Autoridad del Motor - FADEC (*Full Authority Digital Engine Control*), y el Módulo Recuperable de Datos - RDM (*Recoverable Data Module*).

1.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Viajeros	Total	Otros
Mortales	-	-	1	1
Graves	-	-	3	3
Leves	-	-	-	-
Ilesos	2	5	7	-
TOTAL	2	5	11	4

1.3 Daños sufridos por la aeronave

1.3.1 Fuselaje

En la sección de nariz se ocasionaron daños especialmente en las cubiertas del alojamiento de computadoras de aviónica y de las baterías, por el impacto de la aeronave contra la cerca perimetral del aeropuerto y, posteriormente, con el árbol que la detuvo.

Se produjeron daños estructurales en el compartimiento del tren de aterrizaje delantero, así como deformaciones en la parte inferior delantera del fuselaje que sugieren que el tren de aterrizaje delantero fue forzado hacia afuera durante el impacto.



Fotografía No. 4 – Daños parte delantera fuselaje (sector CAPS Y radomo).

1.3.2 Planos

Se produjeron daños en el borde de ataque del plano izquierdo, con transferencia de pintura verde de la malla perimetral. Además, se encontró una perforación en la parte superior del plano izquierdo; su alerón se mantuvo unido, con daños por impacto; igualmente, el *flap* permaneció sujeto, en la posición del 50% abajo (*take off*), sin daños.

En el plano derecho, también se observaron daños en el borde de ataque con transferencia de pintura verde. El alerón derecho permaneció unido al plano y mostraba daños por impacto; mientras que el *flap* derecho igualmente unido al plano en la posición del 50% abajo (*take off*), presentaba daños evidentes por impacto



Fotografía No. 5 – Daños borde de ataque plano izquierdo.

Se verificó la continuidad del control, moviendo el yugo de la cabina de mando en de su rango completo, y se comprobó así el balanceo y adecuado movimiento y parada de los alerones.

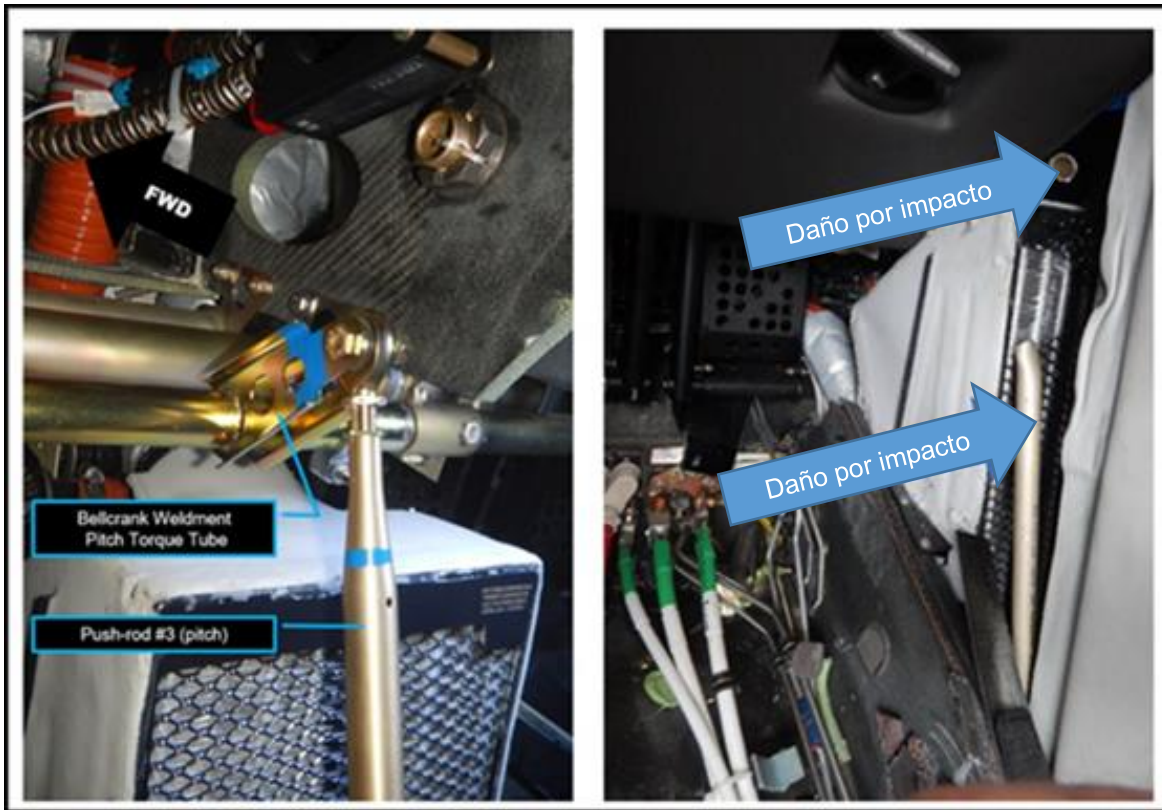
Se comprobó el contenido de combustible en los tanques de plano, el cual fue extraído por el personal de recuperación antes que la aeronave fuera retirada del sitio del accidente.

1.3.3 Estabilizadores

Los *ruddervators*³, izquierdo y derecho, permanecieron unidos al empenaje y no presentaron daños por impacto, aunque se encontraron en ellos rasguños menores sobre la pintura. Se confirmó la continuidad del control de guiñada al accionar los pedales del timón en todo su recorrido, lo que resultó en el movimiento adecuado de los *ruddervators* entre sus topes.

Por su parte, el tubo de empuje No. 3, se encontró fracturado de manera consistente con el daño por impacto. Sin embargo, se logró alcanzar el rango completo de movimiento para el *tonel* al accionar el tubo de empuje No. 3 detrás de la fractura

³ Los *ruddervators* son las superficies de control de un avión con empenaje en V. Están ubicados en el borde de salida de cada uno de los dos estabilizadores que conforman el empenaje del avión.



Fotografía No. 6 – Daño de impacto: push - rod número 3.

1.3.4 Tren de aterrizaje de nariz

En la parte final del recorrido del avión, el tren de nariz colapsó, ocasionando daños en el anidamiento del tren de nariz y en los largueros delanteros del mamparo de presión de la cabina, evidenciados por la perforación que causó el neumático.

La presión del neumático del tren de aterrizaje delantero se encontró en 100 psi. El Manual de Vuelo de la Aeronave (AFM) indica que la presión del neumático del tren de aterrizaje delantero debe ser inflada a 88 ± 5 psi.

1.3.5 Tren de aterrizaje principal izquierdo

Este tren permaneció abajo y asegurado, y estaba soportando el peso del avión cuando fue examinado. No se observó daño en el anidamiento del tren de aterrizaje cuando se examinó visualmente. La presión del neumático del tren de aterrizaje principal izquierdo se encontró inflado con 110 psi. El AFM indica que los neumáticos del tren de aterrizaje principal deben ser inflados a 105 ± 5 psi. El soporte estaba extendido 11.3 cm. No se observaron signos de fugas de líquido de frenos.

1.3.6 Tren de aterrizaje principal derecho

El tren derecho permaneció abajo y asegurado, y soportaba el peso del avión cuando fue examinado. No se observó daño obvio en el anidamiento del tren de aterrizaje cuando se examinó visualmente.

La presión de los neumáticos del tren de aterrizaje principal derecho se midió y se encontró que estaba inflado a 110 psi. El neumático derecho estaba aplanado en un punto. La profundidad de la huella por el punto plano era de alrededor de 3,5 mm y la profundidad de la huella en el punto plano era de menos de 1 mm. El soporte estaba extendido 12,2 cm. No se observaron signos de fugas de líquido de frenos.

1.3.7 Sistema de frenos

Se verificó que el freno de parqueo estaba en la posición *OFF* (no activado). Los pistones en los conjuntos de freno izquierda y derecha estaban extendidos. Los pedales de freno en ambos lados de la cabina, cuando se accionaban, iban hasta el límite de su recorrido. Al accionar los pedales de freno, se notaba un ligero pero perceptible movimiento de los pistones de las pinzas.

Se utilizó una brida de plástico como varilla de medición y se verificó que había 6,5 cm de líquido de frenos en el depósito en la nariz del avión. Se encontró que había continuidad en las líneas del sistema de frenos en ambos trenes de aterrizaje, sin señales de fugas ni conexiones flojas desajustadas.

Las líneas de freno en los pedales de timón y el freno de parqueo fueron inspeccionados visualmente y no se encontraron anomalías. No había evidencia de fugas de líquido de frenos en o alrededor de los componentes inspeccionados.

Los rotores de freno de los trenes de aterrizaje principales izquierdo y derecho tenían material de pastilla de freno fusionado a sus rotores. Había una porción de pastilla de freno en el rotor derecho que medía de 2 a 3 mm de grosor.

1.4 Otros daños

En el examen del recorrido del avión se encontró que la aeronave causó daños y la caída de aproximadamente 20 metros de la malla perimetral del aeródromo Simón Bolívar.

Así mismo, a su paso, la aeronave causó daños a tres (3) bolardos y a un (1) aviso vertical de la vía pública.

Por último, el impacto de la nariz y del plano izquierdo de la aeronave contra el puesto informal de ventas causó daños en la precaria estructura, en las sillas, en los víveres y abarrotes del puesto.

1.5 Información personal

Piloto

Edad:	55 años
Licencia:	PPA
Certificado médico:	Vigente
Equipos volados como piloto:	Cirrus Jet - SF50, Cirrus SR22-SR20
Último chequeo en el equipo:	02-mar-22
Total horas de vuelo:	480 h

Total horas en el equipo:	56 h
Horas de vuelo últimos 90 días:	24 h
Horas de vuelo últimos 30 días:	09 h
Horas de vuelo últimos 03 días:	05 h
Horas de vuelo últimas 24 horas:	0

El Piloto poseía una licencia PPA con un total de 480 horas de experiencia en equipos Cirrus equipados con motores recíprocos, y en el equipo Cirrus Jet SF50.

Su último chequeo de vuelo en la aeronave Cirrus Jet SF50 se llevó a cabo el 02 de marzo de 2022, en Yopal, Casanare, con resultados satisfactorios.

En el periodo comprendido entre el 18 y 23 de mayo de 2022, efectuó el curso de Mercancías Peligrosas. Además, completó con resultados satisfactorios el curso de Recursos de Tripulación (CRM) realizado del 6 al 7 de octubre de 2022.

Copiloto (Piloto Instructor, sin funciones de Instructor en el vuelo)

Edad:	61 años
Licencias:	PPA – PCA – IVA
Certificado médico:	Vigente
Equipos volados como piloto:	Cirrus Jet - SF50, Cirrus SR22-SR20 DHC 6, B200, BE300.
Último chequeo en el equipo:	03-nov-21
Total, horas de vuelo:	6.293 h
Total, horas en el equipo:	399 h
Horas de vuelo últimos 90 días:	31:42 h
Horas de vuelo últimos 30 días:	06:18 h
Horas de vuelo últimos 03 días:	04:00 h
Horas de vuelo últimas 24 horas:	01:20 h

El Copiloto, quien estaba calificado como Piloto Instructor del equipo Cirrus Jet - SF50, era Instructor también del equipo Cirrus equipado con motores recíprocos.

Había presentado el último chequeo en el tipo de aeronave accidentada el 3 de noviembre de 2021, en Knoxville, Tennessee, Estados Unidos, con resultados satisfactorios.

En el periodo comprendido entre el 18 y 23 de mayo de 2022, efectuó el curso de Mercancías Peligrosas. Además, completó con resultados satisfactorios el curso de Recursos de Tripulación (CRM) realizado del 6 al 7 de octubre de 2022.

1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

1.6.1 Aeronave

Marca:	Cirrus
Modelo:	Jet SF50
Serie:	0149
Matrícula:	HK-5342G
Certificado aeronavegabilidad:	0006011
Certificado de matrícula:	R0009114
Fecha de fabricación:	2019
Fecha último servicio:	Servicio de 100 h
Total horas de vuelo:	544.7 h

1.6.2 Motor

Marca:	Williams International
Modelo:	FJ33-5A
Serie:	361058
Total, horas de vuelo:	544.7
Ciclos:	241
Fecha último servicio:	07-oct-22, instalación kit del motor.

1.7 Información Meteorológica

El METAR para el Aeropuerto Simón Bolívar (SKSM), Santa Marta, de las 16:00 UTC del 16 de octubre de 2022, informaba lo siguiente:

SKSM 161600Z 24004KT CAVOK 1700/7000FT SCT017TCU 32/27 Q1012=

SKSM:	Código ICAO del aeropuerto Santa Marta Simón Bolívar.
161600Z:	16 de octubre a las 16:00 UTC.
24004KT:	Viento proveniente del oeste - suroeste (240 grados) con 4 nudos.
CAVOK:	No hay nubes significativas por debajo de 5000 pies, visibilidad ilimitada y sin fenómenos meteorológicos significativos.
1700/7000FT:	Altura techo con nubes dispersas a partir de 1700 pies hasta 7000 pies.
SCT017TCU:	Nubes dispersas a 1700 pies, nubes de tormenta cumulonimbos (TCU).
32/27:	Temperatura 32 grados Celsius; temperatura de punto de rocío 27 grados Celsius.
Q1012:	Presión atmosférica reducida a nivel del mar de 1012 hPa (equivalente a 29.89 pulgadas de mercurio).

1.8 Ayudas para la Navegación

Las ayudas para la navegación no tuvieron injerencia en la ocurrencia en el accidente.

1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

La aeronave mantuvo comunicaciones normales con los servicios de Tráfico Aéreo (ATS), a través de la Torre de Control Simón Bolívar, del aeródromo de Santa Marta, utilizando la frecuencia 118.7 MHZ.

No hubo ningún llamado de la tripulación de la aeronave HK5342G a la Torre de Control, sobre falla alguna, ni sobre el abortaje, ni acerca del accidente.

Tan pronto como el Controlador de Tránsito Aéreo notó que el avión no despegó y había abandonado la pista activó la alarma directa al Servicio de Extinción de Incendios, SEI, del aeródromo, y a partir de este llamado se puso en marcha el Plan de Acción de Emergencia.

1.10 Información del Aeródromo

1.10.1 Características generales

El Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, con código OACI SKSM y código IATA SMR, sirve principalmente a la ciudad de Santa Marta, capital del departamento del Magdalena, ubicada en la costa norte (Caribe) de Colombia. El aeródromo se encuentra situado a 14 kilómetros al sur del centro de la ciudad. Está ubicado a 6.70 metros (22 pies) sobre el nivel del mar, en las coordenadas N 11°07'10,88", W 074°13'50,30".

El aeródromo dispone de una sola pista de aterrizaje y de despegue, de superficie asfáltica, con una longitud de 1.700 metros, 40 metros de ancho y orientación 19/01.

De acuerdo con el documento AIP del 29 de octubre de 2022, las siguientes son las dimensiones de la pista:

Pista	TORA	ASDA	TODA	ALD	RESA	CWY	SWY
01	1700 m	1700 m	1700 m	1700 m	0	0	0
19	1700 m	1700 m	1700 m	1700 m	0	0	0

El aeródromo esta cercado con una malla perimetral, que en cercanías de la cabecera 19 está ubicada a 7 metros de la vía pública.

1.10.2 Servicios de emergencia

El aeropuerto contaba con el Servicio de Extinción de Incendios, SEI, clasificado en la categoría 6, equipado además de los sistemas de extinción de fuego, con herramientas de extricación, apertura forzada y corte.

Para atención médica, el aeródromo disponía de Transporte Asistencial Básico (TAB), servicio de procedimientos menores y consulta prioritaria.

La operación del Aeropuerto Simón Bolívar está a cargo de la Concesión Aeropuertos de Oriente S.A.S. Adicionalmente, cuenta con una Administración de la Aeronáutica Civil. Cada una de estas entidades cuenta con un Plan de Acción de Emergencias (PAE), que se aplican de manera coordinada frente a sucesos aéreos.

En relación con un accidente investigado, tanto el concesionario como la Aerocivil activaron y siguieron correctamente los protocolos establecidos en el Plan de Acción de Emergencias (PAE).

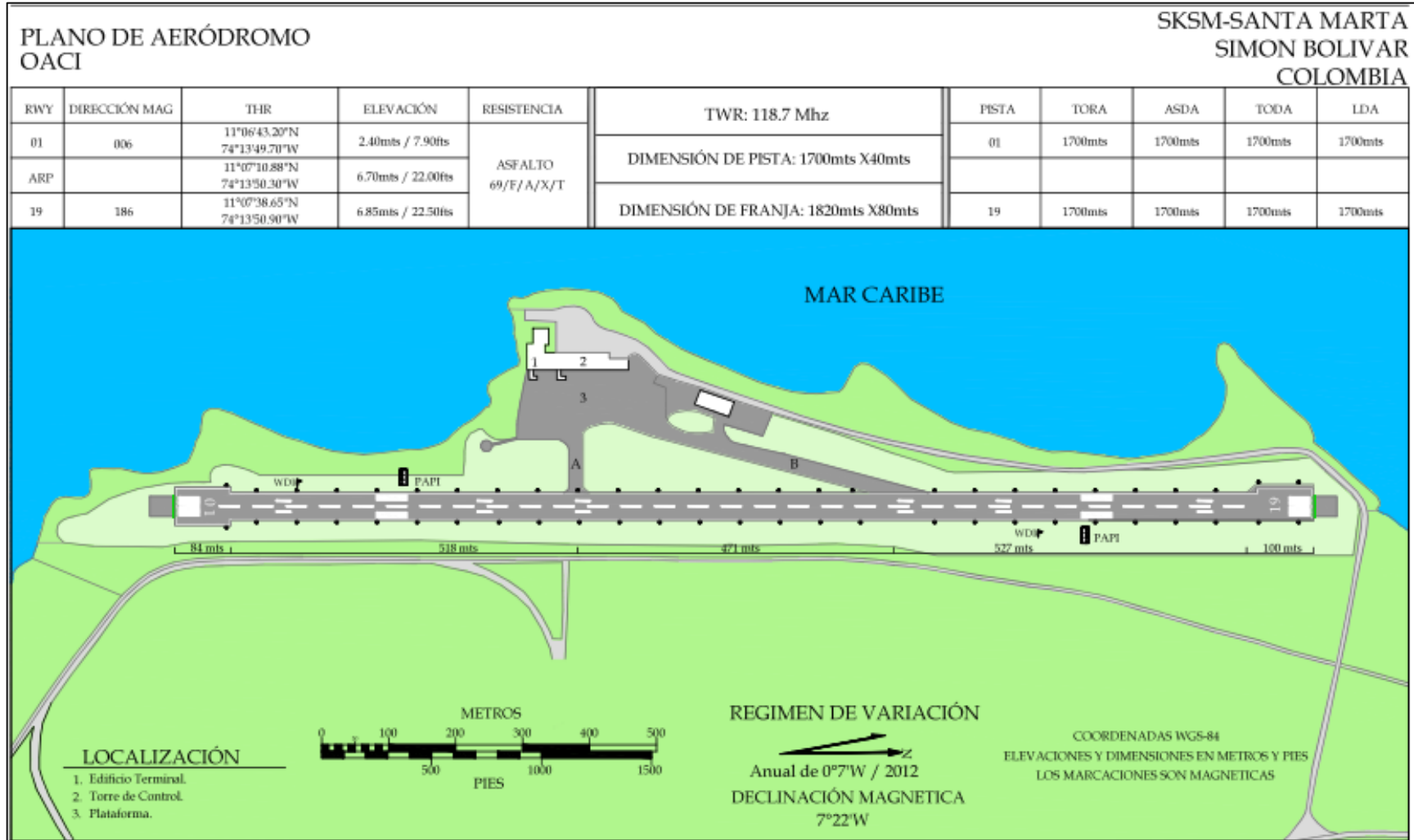
1.10.3 Accidentes de importancia ocurridos en el aeródromo

En los registros de la Dirección Técnica de Investigación de Accidentes se encuentran los siguientes accidentes, de características similares al ocurrido al HK5342G, ocurridos en el aeródromo Simón Bolívar de Santa Marta.

Fecha	Aeronave	Descripción
04-ago-82	Boeing 727	La aeronave realizó una aproximación desestabilizada, aterrizando antes de la pista, lo que provocó que rebotara y cayera pesadamente, ocasionando el colapso del tren principal izquierdo y su salida de pista.
17-jul-07	Embraer 190	<p>La aeronave efectuó una aproximación desestabilizada a la Pista 01, con exceso de velocidad (41 nudos) con un aterrizaje largo y punto de contacto adelantado, condiciones que dejaron una distancia insuficiente de pista, 490 metros, para la parada. La aeronave salió de la pista (RE), atravesó la malla perimetral, la vía pública, el malecón y se detuvo a la orilla del mar.</p> <p>No se presentaron fatalidades, ni lesiones graves, ni daños a terceros.</p> <p>La aeronave resultó con daños sustanciales que determinaron su pérdida total.</p> <p>Ante la ausencia de daños y lesiones a terceros, el Informe Final no hizo recomendación alguna relacionada con la ubicación cercana al aeródromo, de la vía pública próxima a la pista 19, del malecón, de instalaciones y presencia de personas en la prolongación de la pista 19, en donde se detuvo la aeronave.</p>

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

1.10.4 Plano del aeródromo



Gráfica No.1 – Plano del Aeródromo Santa Marta SKSM – (AIP 29-dic-22)

1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave HK5342G no contaba con Registrador de Datos de Vuelo (FDR) ni con Registrador de Voces de la Cabina (CVR), pues no estaba obligada a ello por los Reglamentos Aeronáuticos.

No obstante, la aeronave estaba equipada con un Módulo Recuperable de Datos (RDM) y una Unidad de Control del Motor (ECU). Estos componentes fueron asegurados y entregados a la Autoridad de investigación.

1.11.1 Módulo Recuperable de Datos (RDM)

El Módulo Recuperable de Datos (RDM) recopila información esencial durante las operaciones aéreas. Este dispositivo electrónico registra datos clave relacionados con el vuelo, tales como la posición de la aeronave, la altitud, la velocidad, la dirección y otros parámetros importantes.

1.11.2 Unidad de Control del Motor (ECU)

La Unidad de Control del Motor (ECU) es un componente esencial para la gestión y supervisión de los sistemas del motor de una aeronave. Esta unidad electrónica procesa información proveniente de diversos sensores para optimizar el rendimiento del motor, controlar la combustión y gestionar otros aspectos críticos del funcionamiento del motor.

La ECU utiliza algoritmos avanzados para ajustar parámetros en tiempo real, garantizando una operación eficiente y segura del motor. Además, la ECU recopila datos para el mantenimiento preventivo, facilitando a los equipos de mantenimiento monitorear y diagnosticar posibles problemas.

Los datos recuperados de RDM y ECU fueron útiles en el análisis del presente accidente.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La tripulación inició el despegue por la cabecera 01, de manera normal, utilizando la totalidad de la pista. Cuando la aeronave tenía aproximadamente 85 nudos la tripulación escuchó un ruido fuerte, y, con aproximadamente 90 nudos, inició el abortaje del despegue.

Al ser insuficiente la distancia disponible de pista para que la aeronave se detuviera en ella, la aeronave cruzó la zona de seguridad y la vía perimetral de aeródromo con aproximadamente 48 nudos (GS), rompió la malla perimetral en un tramo aproximado de 20 metros, atravesó la vía pública y, finalmente la sección de nariz de la aeronave impactó contra un árbol ubicado cerca del malecón; la nariz y parte del plano izquierdo de la aeronave impactaron, además, contra un puesto informal de ventas que se ubicaba a la sombra del árbol.

El impacto, que debió ocurrir con aproximadamente con 20 o 30 nudos, evitó que la aeronave siguiera su recorrido por un pequeño declive que la hubiera llevado, a impactar con otro árbol ubicado en la trayectoria y en cercanías de la orilla del mar.

En la parte final de su recorrido, la aeronave y / o los restos del puesto informal de ventas, impactaron y causaron lesiones de diversa gravedad a cuatro (4) personas ubicadas en la prolongación de la cabecera 19 de la pista, en cercanías del puesto informal de ventas.

La aeronave mantuvo su integridad hasta que se detuvo; quedó posicionada aproximadamente a 93 metros del umbral de la cabecera 19, a 53 metros del borde de mar, y en la prolongación en línea recta de la pista 19, en las coordenadas N 011°07'41" - W 074°13'50", con un rumbo de 349°, y a una elevación de 22 pies sobre el nivel del mar.

El área en donde se detuvo la aeronave es una superficie en tierra, ubicada entre el borde del mar y la vía peatonal adoquinada (malecón) que bordea la vía pública para automotores. Esta vía vehicular conecta el aeródromo con la ciudad de Santa Marta y tiene un flujo de tráfico relativamente alto tanto de vehículos, bicicletas y peatones.

No se presentó fuego en el sitio del accidente, ni se encontraron evidencias de que hubiera existido fuego en alguna parte del recorrido del avión.

La aeronave sufrió los daños que son descritos en el numeral 1.3. En inspección que se hizo *in situ* al motor, se determinó que no había sufrido daños, ni habían penetrado en él i objetos extraños (FOD), debido a su posición elevada y atrás del avión, en relación con el área de impacto.

De otra parte, la aeronave estaba equipada con el sistema CAPS (*Cirrus Airframe Parachute System*) o Sistema de Paracaídas del Fuselaje Cirrus, ubicado en la parte delantera y superior, del avión, detrás del *radome* (alojamiento del radar meteorológico).

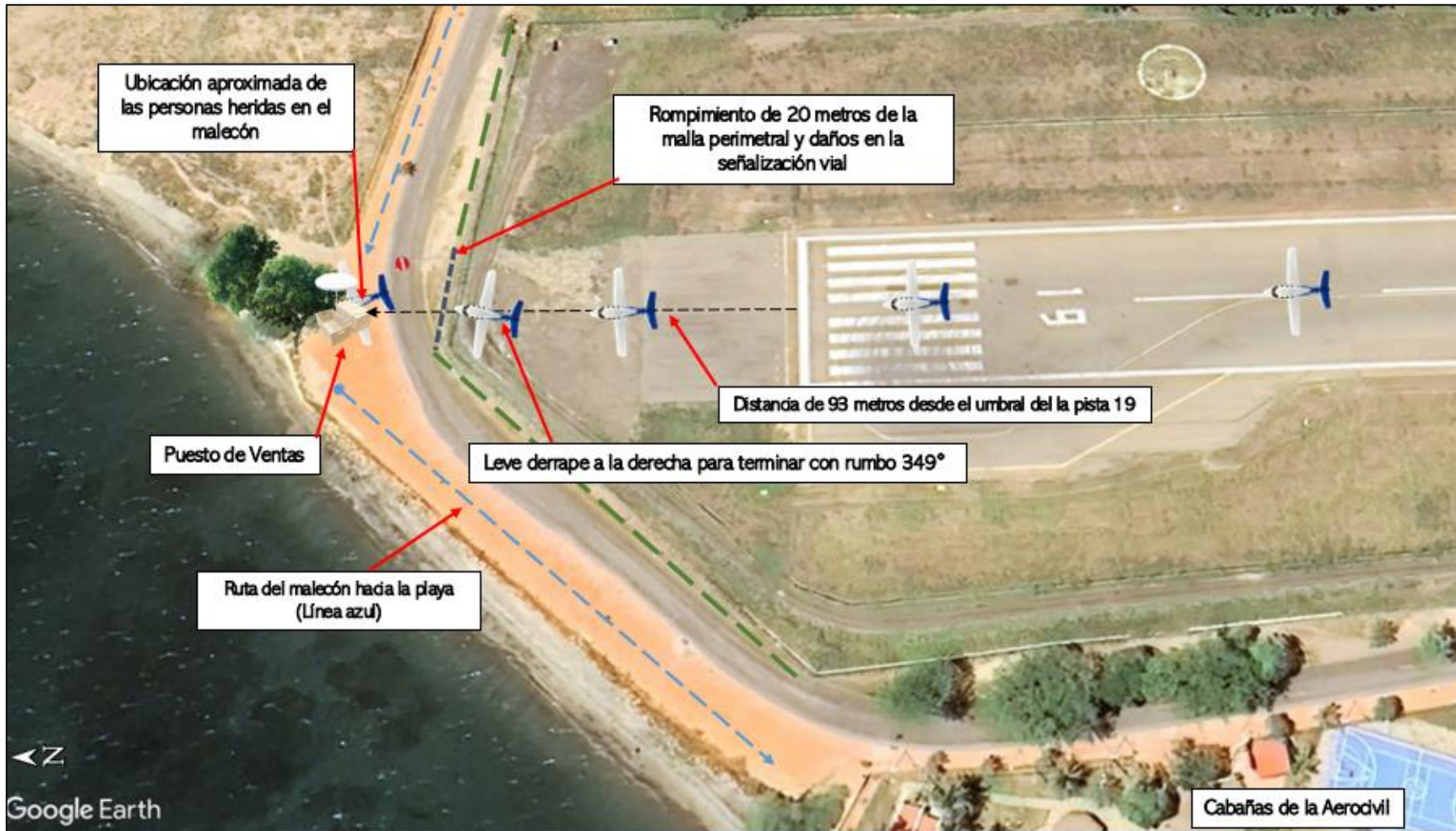


Fotografía No. 7 - Habitáculo del CAPS (*Cirrus Airframe Parachute System*).

A pesar de que el habitáculo del CAPS presentaba deformaciones, el sistema pirotécnico de apertura no se activó. Siguiendo las instrucciones del fabricante, los técnicos del operador y el equipo del Servicio de Extinción de Incendios (SEI) realizaron la desconexión segura de este componente para evitar su activación, la cual podría causar lesiones graves.



Gráfica No. 2 - Secuencia de salida de la pista de la aeronave HK5342.



Gráfica No. 3 - Detalle del área de impacto.

1.13 Información médica y patológica

1.13.1 Ocupantes de la aeronave

La tripulación contaba con las licencias y certificados médicos en vigencia, los cuales no presentaban limitaciones o restricciones para la realización de operaciones de vuelo. Durante la investigación no se encontraron evidencias de que las condiciones físicas o psicológicas de los tripulantes hubieran tenido alguna incidencia en el evento.

Los ocupantes de la aeronave resultaron ilesos; la abandonaron por sus propios medios y recibieron asistencia de los servicios de emergencia del aeropuerto, por contusiones.

1.13.2 Lesiones causadas a personal externo, ajeno a la aeronave

Las lesiones más graves sufridas por personas que se encontraban por fuera de la aeronave fueron causadas por el impacto directo de la aeronave contra ellas.

Otras lesiones fueron originadas por golpes de escombros y artículos (materiales de construcción, abarrotos, botellas) dispersados por el impacto de la aeronave contra el puesto informal de ventas ubicado entre la vía peatonal del malecón y la orilla del mar.

Las lesiones sufridas por los afectados fueron las siguientes:

- Menor, niño de 3 años: Lesión fatal, por impacto de aeronave. Llegó sin signos vitales al centro médico.
- Menor, niña de 6 años: Trauma craneoencefálico. Dada de alta el 09-nov-22.
- Hombre, adulto: Fractura de hombro. Dado de alta el 21-oct-22.
- Mujer, adulto mayor: Fractura de cadera, dada de alta el 09-nov-22.

1.13.3 Atención médica brindado a otro personal externo

- Mujer, adulto mayor: Sin lesiones, atención preventiva, se le entregó una silla de ruedas.
- Menor, niña de 16 años: Fue atendida preventivamente. Sin lesiones.

1.14 Incendio

Durante el accidente, los frenos de la aeronave presentaron alta temperatura debido a la acción del frenado; sin embargo, no se produjo ningún incendio.

Además, como consecuencia del impacto, se registraron daños leves en los tanques de combustible de la aeronave, generando una fuga de combustible. El SEI aplicó agentes químicos y medidas apropiadas para neutralizar cualquier riesgo asociado a esta fuga, evitando así el inicio de un posible incendio.

Posteriormente, y antes del traslado de la aeronave al aeródromo, el SEI evacuó el combustible remanente en los tanques del avión.

1.15 Aspectos de supervivencia

1.15.1 Supervivencia de los ocupantes de la aeronave

Con la tripulación, la aeronave transportaba un total de siete (7) ocupantes: cuatro (4) adultos y tres (3) menores de edad. Tres (3) de sexo masculino y cuatro (4) de sexo femenino.

El adecuado uso de los cinturones de seguridad, la baja energía y la dinámica del impacto contra el árbol (baja velocidad, con 20 / 30 nudos aproximadamente), y en actitud de rodaje nivelado sobre el terreno, evitaron que se presentaran lesiones a los ocupantes de la aeronave.

Una vez que la tripulación aseguró la aeronave, orientó a los viajeros hacia la evacuación, que, además, fue asistida desde afuera del avión por los Servicios de Extinción de Incendios (SEI) del aeródromo, una vez que verificaran que el sitio ya no se encontraban las personas lesionadas que se encontraban por fuera del avión.

En efecto, en un video obtenido por la investigación se observa cómo los adultos orientan y ayudan a la evacuación de los menores de edad. Los ocupantes, ilesos, fueron atendidos inicialmente en Sanidad Aeroportuaria, por contusiones no graves, y luego fueron remitidos a un centro hospitalario.



Fotografía No. 8 – Atención del SEI en la escena del accidente.

1.15.2 Lesiones ocasionadas a personas ajenas a la aeronave

El impacto de la nariz y del plano derecho de la aeronave contra el puesto de ventas informal ubicado cerca del camino peatonal del malecón, ocasionó lesiones (una fatal y tres graves), a cuatro (4) personas que se encontraban en el área del accidente, en donde la aeronave se detuvo. Estas lesiones se describieron en el numeral 1.13.2.

Tal como se describe en el citado numeral, las lesiones fueron ocasionadas por impacto directo de la aeronave con las personas, y / o por la contundencia de materiales, mercancías y objetos que fueron expelidos en varias direcciones por el impacto de la aeronave contra el puesto informal de ventas.

Cuando los bomberos aeronáuticos, la ambulancia del aeródromo, los demás servicios del aeródromo y las ambulancias del CRUE⁴ llegaron a la escena del accidente, encontraron que las personas heridas externas, que no se encontraban a bordo de la aeronave, ya habían sido auxiliadas por otras personas y que habían sido trasladadas a los hospitales cercanos en otros medios de transporte (vehículos y motocicletas particulares), sin esperar a los bomberos del aeródromo (que arribaron primero), ni a la ambulancia del aeródromo, ni a los servicios del CRUE que llegaron después, y oportunamente.

1.15.3 Actuación de los servicios de emergencia del aeródromo y del CRUE

El aviso y alarma sobre la salida del avión de la pista se dio por dos medios inmediatos:

- El reporte de un Guardia de seguridad ubicado en el sector de la cabecera 19 del aeródromo, y,
- Por la alarma activada por la Torre de Control, que alertó al Servicio de Extinción de Incendios (SEI), a los Servicios Médicos Aeroportuarios y al Supervisor de Plataforma.

De esta manera, el SEI confirmó al Centro de Control de Operaciones (CCO) su conocimiento del accidente y desplegó tres (3) vehículos de bomberos con sus tripulaciones para atender el evento, que arribaron a la escena del accidente en menos de dos (2) minutos, cumpliendo así con los estándares internacionales para reacciones dentro del aeródromo, a pesar de que el accidente ocurrió por fuera de su perímetro.

Mientras tanto, el aeródromo activó los demás protocolos establecidos en el Plan de Acción de Emergencia incluidos:

- La activación del Centro de Operaciones de Emergencia (COE).
La notificación a:
- La Policía Aeroportuaría.
- Al Director de Área Concesionada.
- A la Jefatura de Operaciones.
- A la Jefatura de Seguridad de la Aviación, AVSEC.
- Al Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, CRUE, del Distrito de Santa Marta.

⁴ Centro Regulador de Urgencias y Emergencias: es una unidad de carácter operativo que tiene la función de coordinar el acceso a los servicios de urgencias y la atención en salud a la población afectada en situación de desastre o emergencia.

El Supervisor de Plataforma se desplazó a la zona de seguridad de la pista 19 y se puso a disposición de los Bomberos Aeronáuticos, mientras que el jefe de AVSEC coordinó con la Policía Aeroportuaria el acordonamiento y la seguridad del perímetro del área del suceso.

Cuando el SEI y los demás servicios del aeródromo hicieron presencia en la escena, se encontraron con el hecho de que las personas heridas, ajenas a la operación de la aeronave (todas menos una que fue encontrada posteriormente), habían sido auxiliadas por otras personas cercanas y que habían sido trasladadas a los hospitales cercanos, utilizando vehículos y motocicletas particulares, sin dar espera a los servicios del aeródromo y del CRUE que ya se hallaban en camino,

La ambulancia del aeropuerto, que llegó seis (6) minutos después de ocurrido el suceso, fue ubicada en el área segura en la zona perimetral a disposición de indicaciones del Comandante del Incidente (CI) ejercido por el SEI, para atención de las víctimas.

1.15.4 Regreso de los Servicios Médicos Aeroportuarios a la escena

Una vez que los Servicios Médicos Aeroportuarios verificaron en las instalaciones del aeropuerto el estado de los ocupantes de la aeronave que habían sido evacuados, se dirigieron de nuevo al sitio del accidente.

Entonces, en su segundo recorrido encontraron a un paciente masculino, adulto, consciente, con signos vitales normales, sin compromiso neurológico, quien presentaba un traumatismo en el brazo derecho y heridas en la cabeza.

Los Servicios Médicos Aeroportuarios le administraron los primeros auxilios e hicieron entrega del paciente a personal médico de una ambulancia externa, para su traslado a centro asistencial de mayor nivel.

1.16 Ensayos e investigaciones

1.16.1 Investigación de componentes de la aeronave

El 01 de diciembre de 2022, se celebró una reunión en las instalaciones del fabricante del motor de la aeronave, Williams International, en Pontiac, Michigan, (EEUU) con la participación del Investigador a cargo, un experto de Cirrus Aircraft (fabricante de la aeronave) y 3 expertos de Williams International, con el propósito de examinar en detalle los datos registrados en la Unidad de Control del Motor (ECU).

1.16.2 Datos de la Unidad de Control del Motor (ECU)⁵

El análisis reveló que no se registraron fallas en el motor el día del accidente. Sin embargo, se identificaron fallas históricas no relacionadas y fallas inducidas durante la descarga de

⁵ ECU: se refiere a "Engine Control Unit" o "Unidad de Control del Motor". El ECU es un componente electrónico de algunas aeronaves que controla y monitorea el funcionamiento del motor. Es una computadora especializada que recopila datos y realiza cálculos en tiempo real para garantizar un rendimiento óptimo del motor.

El ECU se conecta al motor y recopila información de varios sensores, como la velocidad del motor, la temperatura, la presión del combustible y otros parámetros relevantes. Utilizando estos datos, el ECU realiza cálculos y toma decisiones para controlar la inyección de combustible, el encendido, el control de la mezcla de aire y combustible, y otras funciones relacionadas con el motor.

datos. Aunque estas fallas no estaban relacionadas con el accidente específico que se investigaba, se tuvieron en cuenta para evaluar la condición general del motor.

Además, los datos de la ECU indicaron que no hubo anomalías ni excesos en los sistemas del motor antes del accidente, y que aquel estaba funcionando normalmente. Para confirmar la precisión y confiabilidad de los datos registrados, se realizaron pruebas adicionales en la ECU, las cuales confirmaron su integridad.

Estos hallazgos proporcionaron una perspectiva más completa de la situación y ayudaron a descartar problemas relacionados con la planta motriz como causa del accidente. Es así como, con base en este resultado, la investigación se enfocó en otras áreas y factores que podrían haber contribuido al evento.

1.16.2.1 Datos del Módulo Recuperable de Datos (RDM)⁶

Los datos descargados y analizados del RDM proporcionaron información detallada sobre los eventos que tuvieron lugar durante el vuelo accidentado. Al examinar estos datos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Estado del freno de parqueo: estaba desactivado antes de la salida de la aeronave y permaneció así durante todo el vuelo accidentado. Esto indica que el freno de estacionamiento no fue un factor contribuyente al accidente.
2. Despegue de la aeronave: el indicador de peso en las ruedas nunca cambió de "tierra" a "vuelo". Esto indica que la aeronave no se elevó durante la carrera de despegue.
3. Condiciones ambientales: se registró una temperatura exterior del aire (OAT) de 32°C.
4. Uso de pista de aterrizaje: el avión utilizó toda la pista de aterrizaje en su intento de despegue. Este dato es relevante para comprender las condiciones de la pista y cómo se desarrolló el accidente.
5. Cantidad de combustible: se identificó que la aeronave contenía un total de 213 galones de combustible distribuidos entre el tanque izquierdo (98 galones) y el tanque derecho (115 galones).

Utilizando estos datos del RDM, se estableció una línea de tiempo de los eventos del accidente. Estos hallazgos proporcionaron una base sólida para continuar la investigación y comprender mejor las circunstancias que llevaron al suceso.

Hora	Evento
10:34.32	Encendido eléctrico. Primer punto de datos después del encendido con la fecha y hora presentes.
10:39.21	Inicio del motor (Modo = Encendido / Luz apagada).
10:39.37	El motor está funcionando.
10:56.20	Inicio del taxeo (Ground Speed GS>0).

⁶ RDM: El Módulo Recuperable de Datos (RDM) desempeña un papel fundamental al recopilar información esencial durante las operaciones aéreas. Este dispositivo electrónico registra datos clave relacionados con el vuelo, como la posición de la aeronave, la altitud, la velocidad, la dirección y otros parámetros importantes

10:59.04	El avión comienza a rodar por la pista para despegar.
10:59.42	Velocidad alcanzada = 86.5 KIAS Nota: Según el POH, la velocidad de rotación, Vr, es 85 KIAS.
10:59.46	El despegue fue abortado. <ul style="list-style-type: none"> • La velocidad indicada (IAS) era de 90 nudos y la velocidad de tierra (GS) era de 96 nudos. • Se redujo la velocidad de motor (N1) y se muestra que la palanca del acelerador se retrocede TLA⁷.
11:01.08	Último punto de datos.

1.16.2.2 Comparación de los datos RDM con la información de la tripulación

Durante la investigación de campo y la visita de los asesores técnicos de Cirrus Aircraft y Williams International al lugar del accidente, los pilotos informaron que, en el despegue, habían escuchado un fuerte golpe, seguido de una guiñada del avión a la derecha.

Sin embargo, al revisar los datos del RDM, no se encontró evidencia de que hubiera existido un guiño antes de la reducción del acelerador.

No obstante, se observó que la amplitud de la aceleración normal (eje Z) se duplicó durante la carrera despegue, justamente antes de la reducción del acelerador. La aceleración normal, que refleja las fuerzas en la dirección vertical del avión, se duplicó, lo cual podría indicar una variación abrupta en la carga vertical.

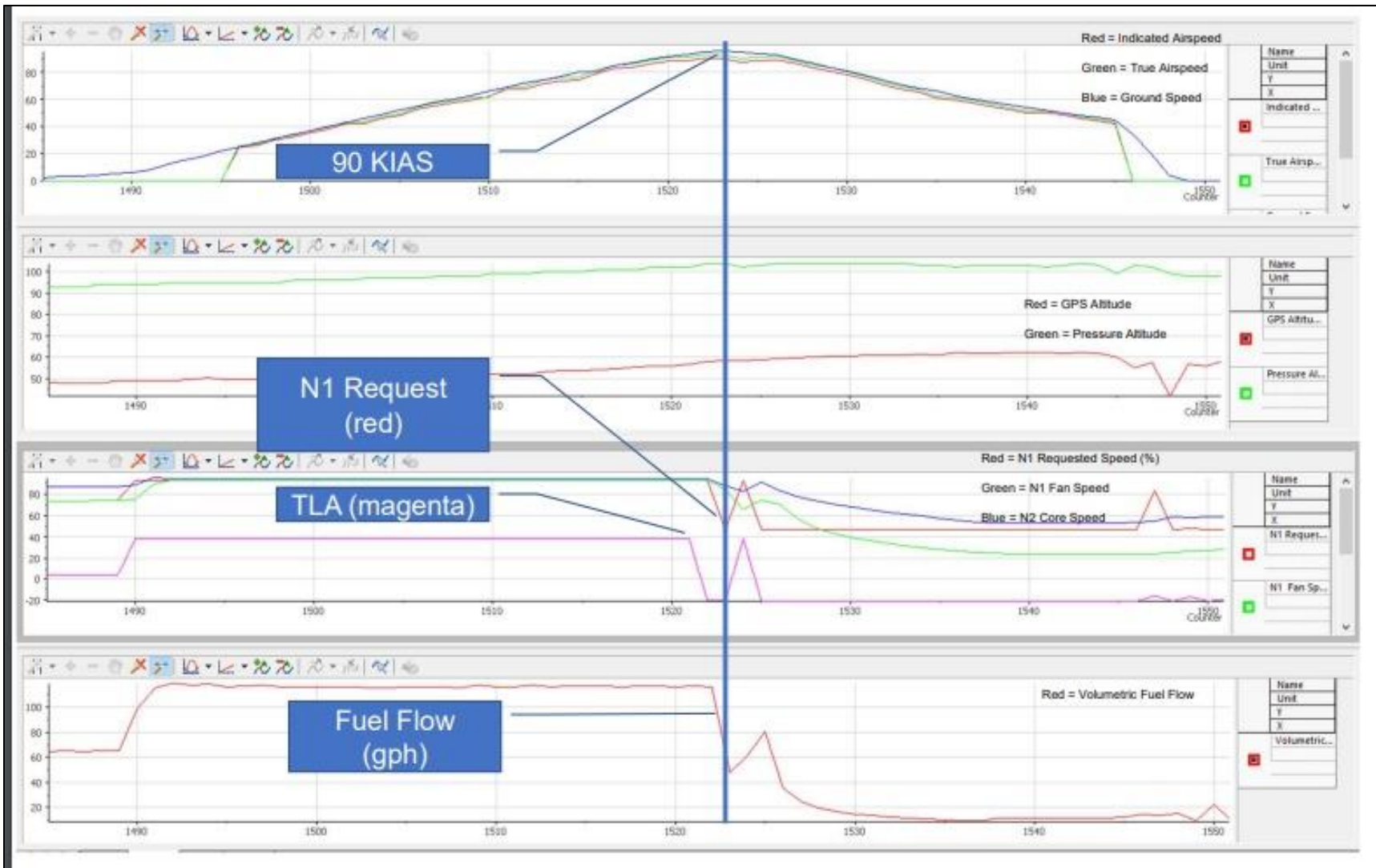
Esto podría deberse a factores como una corriente de viento inesperada, condiciones atmosféricas inestables o incluso una irregularidad en la superficie de la pista. Sin embargo, es importante señalar que esta situación no pudo evidenciarse claramente en la información de los datos ni durante la inspección in situ, descartando cualquier anomalía.

De otra parte, en su declaración, uno de los pilotos expresó que el avión estaba aproximadamente con 75 KIAS cuando se produjo el golpe, y se tomó la decisión de abortar el despegue. El otro Piloto, no precisó la velocidad de abortaje, y mencionó haber percibido un impacto o golpe en la aeronave.

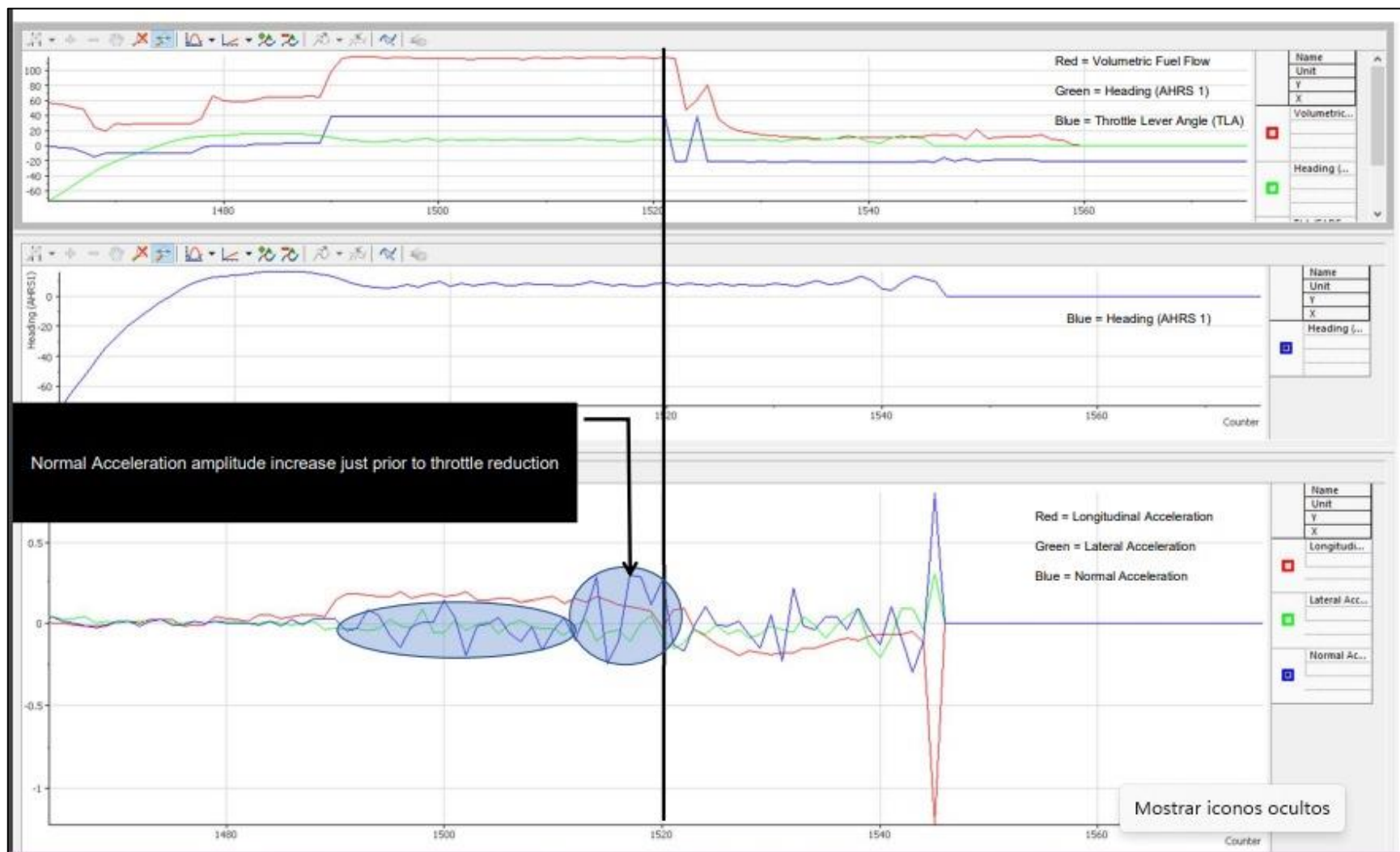
Sin embargo, los datos registrados muestran que la velocidad indicada en el momento de la reducción de potencia era de 90 nudos indicados (KIAS), y una velocidad de tierra (GS), de 96 nudos.

Las gráficas subsiguientes ilustran diversos parámetros obtenidos de las lecturas de la Unidad de Control del Motor (ECU) y del Módulo Recuperable de Datos (RDM).

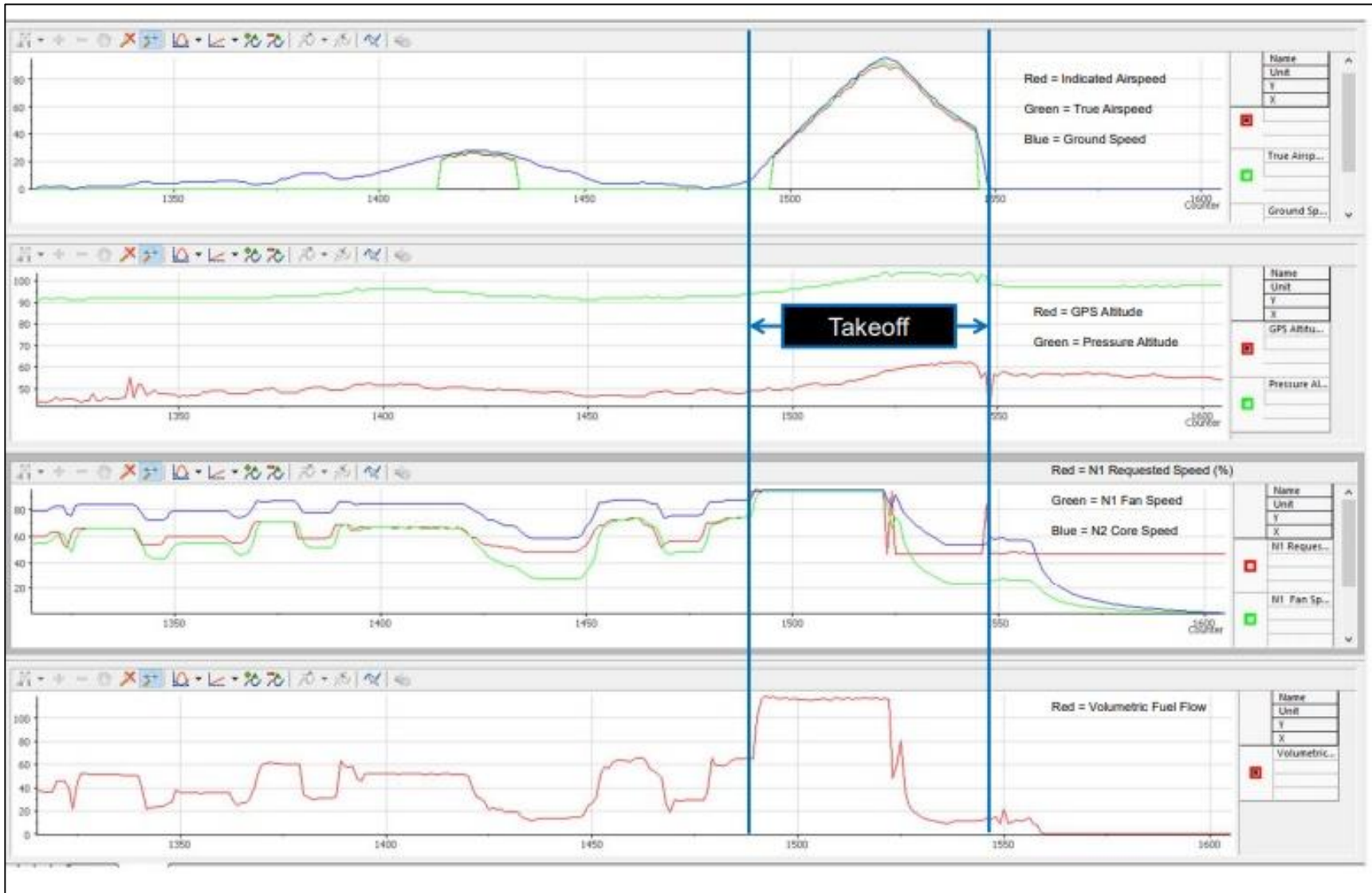
⁷ Esto se conoce como Ángulo de la Palanca de Aceleración, o TLA, por sus siglas en inglés. Cuanto mayor sea el TLA, mayor será el empuje del motor.



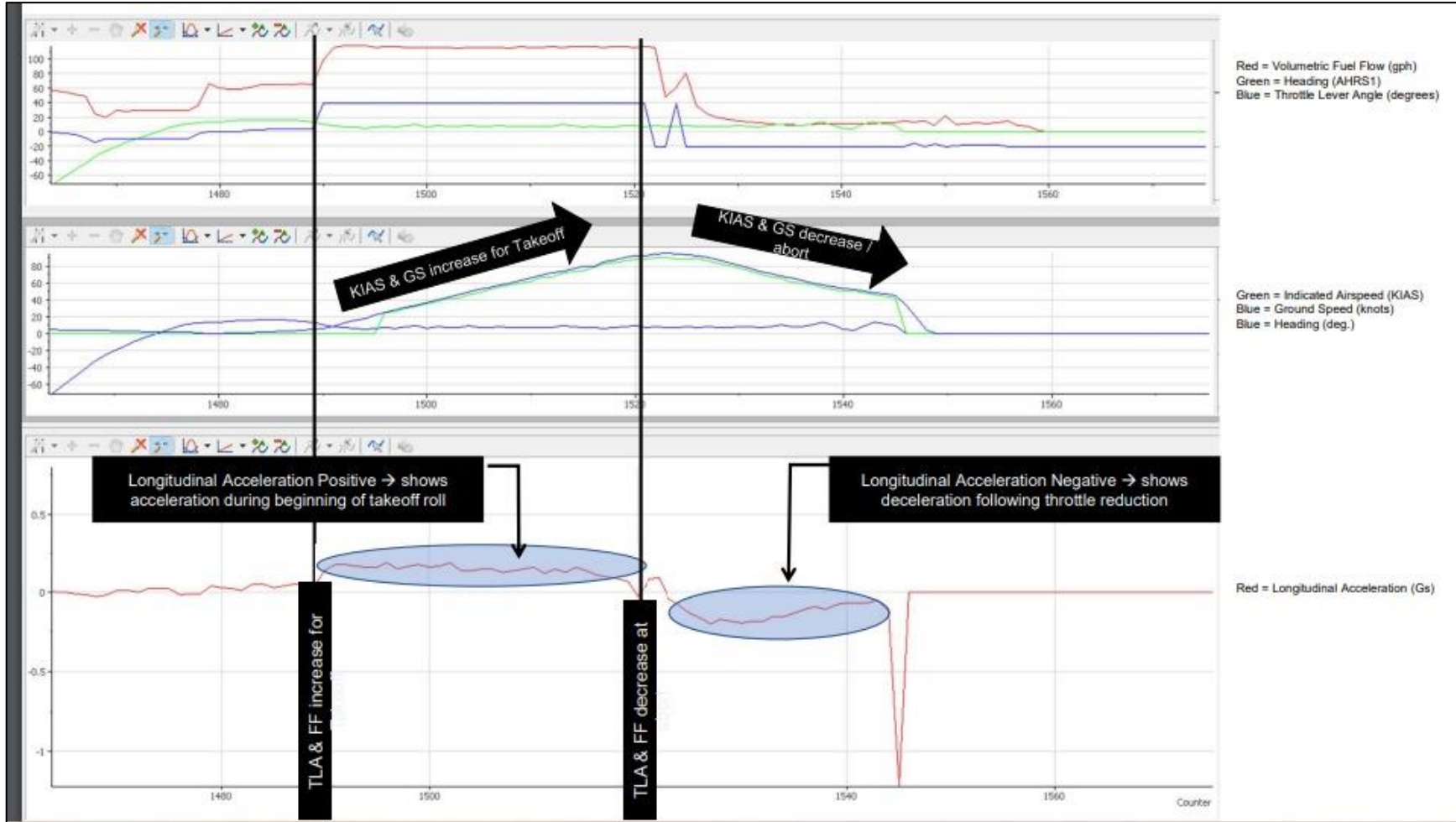
Gráfica No. 4 – Datos del comportamiento de motor en la carrera de despegue.



Gráfica No. 5 – Datos de aceleración normal (eje Z).



Gráfica No. 6 - Fase de Despegue. Datos extraídos del Módulo Recuperable de Datos.



Gráfica No. 7 - Throttle Lever Angle (TLA – Acelerador) y Fuel Flow (FF – Flujo de combustible).

1.16.2.3 Investigación del sistema de frenos

La tripulación reportó que durante el evento había sentido que los frenos eran ineficaces. Con el fin de descartar una posible falla de este sistema, la investigación acudió a la asesoría del fabricante del sistema de frenos, Beringer, proveedor del sistema de frenos del avión Cirrus Jet.

El fabricante Beringer descubrió que las pastillas de fricción de los frenos se habían fundido con el disco del freno. Esto puede ocurrir cuando se aplica una fuerza de frenado superior a capacidad máxima de absorción del sistema, y, además, se mantiene la presión de frenado hasta el cuando el avión se detiene o, justamente hasta después.

La alta temperatura generada en estas condiciones hace que las pastillas de fricción se adhieran al disco y se separen de la placa posterior de la pastilla durante su desmontaje, o al mover el avión.

Se proporcionaron a Beringer dos datos clave para el cálculo: la longitud restante de la pista en el momento en que los datos indicaron la reducción del acelerador (2.340 pies) y el peso estimado del avión (6,100 libras). Utilizando esta información, el representante de Beringer determinó que el sistema de frenos del avión accidentado habría utilizado aproximadamente el 96% de la energía disponible durante la frenada del despegue abortado.

El representante explicó que los frenos están certificados para manejar tanto la energía de frenado estándar como la energía de frenado en un abortaje del despegue. La energía estándar es la energía diseñada que los frenos experimentan durante el uso normal y repetido. Por otro lado, la energía de un abortaje en el despegue es la máxima energía que los frenos pueden enfrentar en una sola ocasión al detener el avión.



Fotografía No. 9 – Material de las pastillas de los frenos soldado por alta temperatura.

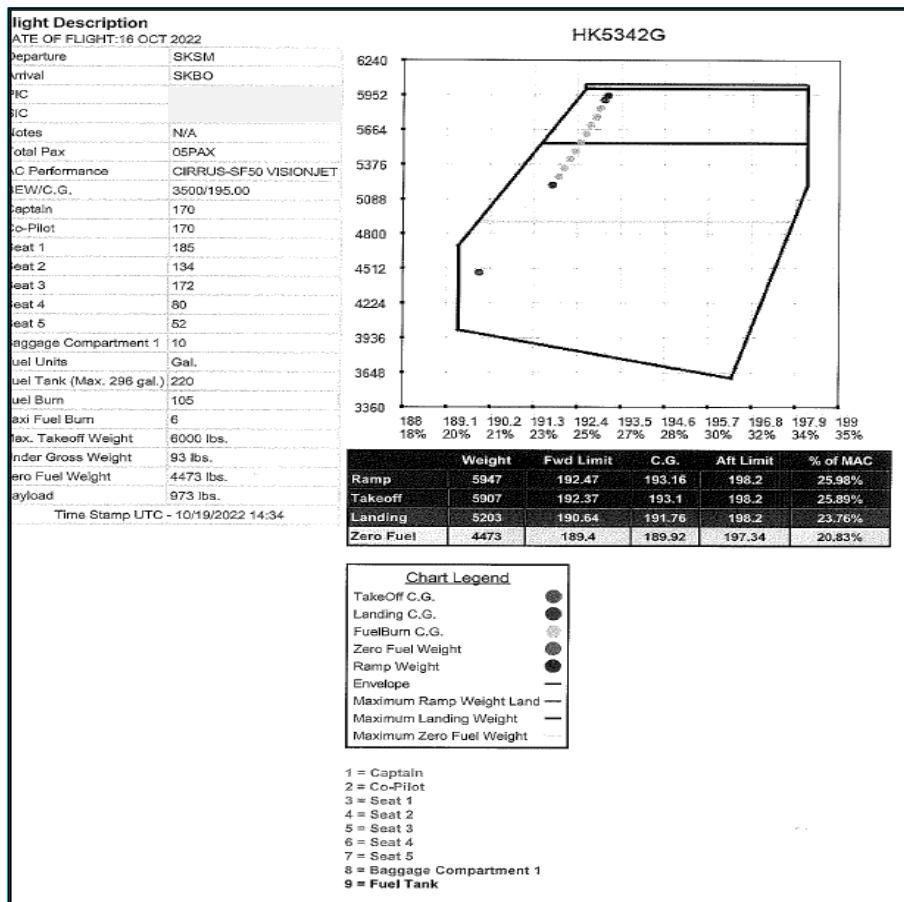
1.16.3 Investigación de factores operacionales

1.16.3.1 Cálculo Peso y Balance

Durante la revisión de los registros del vuelo la investigación encontró que, en el formato de Peso y Balance diligenciado por la tripulación, se registraron únicamente 10 libras como abordadas en el área de equipaje; este registro, además no fue sumado al *Zero Fuel Weight* de la aeronave.

No obstante, en el análisis del video del área de inspección de seguridad de pasajeros y del equipaje, se identificó que a la aeronave fueron abordados los siguientes artículos, no considerados en el cálculo del Peso y Balance, para los cuales la investigación estimó un peso aproximado, así:

- 01 maletín 08 libras
 - 03 morrales 30 libras
 - 05 maletas de mano: 75 libras
 - 03 bolsas: 05 libras
 - 04 carteras: 12 libras
 - 01 monopatín: 03 libras
- Peso total estimado 133 libras**



Gráfica No. 8 – Cálculo de Peso y Balance realizado por la tripulación.

	Peso registrado por la tripulación (libras)	Cálculos de peso efectuados por la investigación (libras)
1. Peso vacío	3.500	3.500
2. Peso de los ocupantes	973	973
3. Peso de la carga	*10	133
4. <i>Zero Fuel Weight</i>	4.473**	4.606
5. Peso del combustible	1.320	1.320
6. Peso en plataforma	***5.947	5.926
7. Peso máximo de despegue	6.000	6.000
* Peso que no corresponde al peso real de la carga abordada.		
** En esta cifra no se sumó el peso de la carga (10 lb).		
*** Este peso no corresponde a la suma de los ítems 4 y 5.		

Tabla No. 1 - Cálculos del peso de despegue.

Aunque hubo errores en el diligenciamiento del formato de Peso y Balance, aparentemente la aeronave inició el vuelo por debajo (aunque muy cerca) del peso máximo de despegue, 6.000 libras.

1.16.3.2 Longitud de pista requerida para el despegue

Para calcular la distancia de despegue del HK5342G en Santa Marta la investigación ha tenido en cuenta las siguientes condiciones de despegue:

- Temperatura ambiente del campo: 32 grados Celsius (METAR de la hora).
- Peso estimado de la aeronave: 6,000 libras (Peso y balance, num. 1.16.3.1).
- Altitud presión: 22 pies ASL (Carta de aeródromo).
- Viento: 2,57 nudos, componente de cola (METAR).
- Pista: Seca (METAR).
- Flaps: 50% (evidencia de investigación de campo).
- Velocidad de rotación 85 nudos (AFM).

Con esta información, y utilizando las cartas *Performance Data – Take off Distance*, contenidas en el *Aircraft Flight Manual* de la aeronave Cirrus Vision SF50, se efectuó el cálculo de la distancia de la **carrera de despegue**, y de la **longitud total de pista** requerida para el despegue (gráfica No. 9).

Para el efecto, interpolando lo necesario ya que la carta correspondiente no cuenta con una columna para una temperatura ambiente de 32°C, se determinó lo siguiente:

- Distancia de la carrera de despegue (*Ground Roll*): 2.890 pies (880 m).
- Longitud total de pista requerida (*Total*): 4.644 pies (1.415 m).
- Para una longitud declarada de pista: 5.577 pies (1.700 m).

CIRRUS VISION SF50		SECTION 5: PERFORMANCE DATA TAKEOFF DISTANCE								
Takeoff Weight: 6000 lb (2722 kg)										
Press Alt Feet	Distance Feet	TEMPERATURE ~°C							ISA	
		-20	-10	0	10	20	30	40		50
SL	Gnd Roll	1780	1851	1924	1999	2231	2757	3418	4284	2036
	Total	2789	2900	3014	3133	3519	4415	5561	7093	3192
1000	Gnd Roll	1855	1928	2005	2084	2386	2947	3652	4591	2106
	Total	2907	3022	3142	3268	3773	4732	5959	7626	3302

Gráfica No. 9 – Carta AFM para cálculo de distancia de despegue y de pista requerida.

En consecuencia, la longitud de la pista de Santa Marta era suficiente para un despegue seguro de la aeronave.

1.16.3.3 Velocidad de rotación

La velocidad de rotación para el despegue de la aeronave Cirrus Jet establecida en el AFM, es de 85 nudos, independientemente de las condiciones del despegue.

Normal Takeoff	
1. Brakes.....	HOLD
2. Thrust Lever.....	T/O
3. Thrust Setting (N1% Indicator).....	ALIGNED w/ BUG (T)
4. Engine Instruments.....	CHECK NORMAL
5. Brakes.....	RELEASE
6. V _R	85 KIAS
7. Pitch Attitude.....	10°
8. Landing Gear.....	UP w/ POSITIVE RATE OF CLIMB
9. Flaps.....	UP AT 115 KIAS, CLEAR OF OBSTACLES
10. Airspeed.....	PER CLIMB TABLES
• NOTE •	
Rolling takeoffs are permitted and will increase takeoff distance.	

Gráfica No. 10: Sección AFM, normal take off. Se resalta la velocidad de rotación, V_R.

Cuando la aeronave inició el abortaje, con aproximadamente 90 KIAS (96 GS), había recorrido aproximadamente 1.040 metros y le quedaba, por lo tanto, una longitud de 660 metros de pista para detenerse. No obstante, teniendo en cuenta que la tripulación aplicó potencia nuevamente, después de iniciado el abortaje, y acto seguido volvió a iniciar el abortaje, la aeronave recorrió 138 metros más, antes de iniciar la desaceleración definitiva. De esta manera, la aeronave contaba solo con 520 metros de pista para detenerse.



Gráfica No. 11 – Ubicación del inicio del abortaje y maniobras posteriores.

1.16.3.4 Velocidad de abortaje – Criterios para abortar

El AFM del avión Cirrus Jet no establece una velocidad máxima de abortaje de la aeronave. Ni fija tampoco, criterios para abortar el despegue, bajo diferentes circunstancias. Tampoco proporciona el AFM información sobre la distancia de parada, en caso de abortar el despegue, que tenga en cuenta variables tales como la velocidad y el peso de la aeronave, y las condiciones de la pista y el ambiente meteorológico.

No establece el AFM, criterios u orientación sobre en qué condiciones se debería abortar el despegue cuando la distancia para frenar la aeronave dentro de la pista es crítica.

En el caso del accidente de la aeronave HK5342G, se identificó que la decisión de abortar se tomó a una velocidad registrada de 90 KIAS – 96 GS, mientras que la velocidad de rotación Vr en el Manual de Vuelo (AFM) del Cirrus Jet es de 85 nudos (KIAS).

Según el relato de la tripulación, la decisión de abortar el despegue se basó en la detección de un sonido no identificado (un golpe) en la aeronave. Este evento inesperado y no reconocido generó la percepción de una situación anómala, llevando a la tripulación a tomar la determinación de interrumpir el proceso de despegue.

En el caso de abortaje del despegue, el AFM establece el siguiente procedimiento:

SECTION 3: EMERGENCY PROCEDURES EMERGENCY PROCEDURES	CIRRUS VISION SF50
Rejected Takeoff	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Brakes.....MAX. PILOT EFFORT W/O SKIDDING 2. Thrust Lever..... IDLE 	
After airplane comes to a complete stop:	
3. Brakes.....COOL DOWN	
Procedure Complete	
• CAUTION •	
For maximum brake effectiveness, retract flaps, hold side stick control full back, and bring the airplane to a stop by smooth, even application of the brakes.	
Do not set the parking brake following a Rejected Takeoff.	
A cool down period and brake overheat inspection are required after high-energy braking events.	
Refer to Section 2: Limitations, Brakes .	
• NOTE •	
Use as much of the remaining runway as needed to safely bring airplane to a stop or to slow airplane sufficiently to turn off runway.	
Refer to Section 4: Normal Procedures, After Landing .	

Gráfica No. 12 – Procedimiento de abortaje

1.17 Información orgánica y de dirección

1.17.1 Vuelo de Aviación Privada

Aunque la operación de vuelos privados en Colombia es estrictamente vigilada por la Autoridad Aeronáutica (por ejemplo en lo que se refiere a la aptitud de las tripulaciones y a la aeronavegabilidad de las aeronaves), sus características de operación dificultan, en algunos casos, la aplicación de políticas de operación, la estandarización de procedimientos y el aprovechamiento de las ventajas de un sistema de gestión de seguridad operacional, que la Aviación Privada no está obligada a implementar; en su lugar, debe realizar un análisis de riesgos para sus operaciones.

1.18 Información adicional

1.18.1 Entrevista a la tripulación

En la entrevista realizada a la tripulación, el Piloto Instructor (Copiloto – Piloto Monitoreando), relató que fue él había realizado el vuelo desde Bogotá hasta Santa Marta, el mismo día del accidente, como único Piloto; ese vuelo se realizó en condiciones normales. Luego, asumió la responsabilidad de la planificación del vuelo de regreso, y aguardó a los viajeros que transportaría a Bogotá.

En el transcurso de la entrevista, el Piloto Instructor proporcionó detalles sobre la asignación de roles durante el briefing de despegue. Conforme a esto, manifestó que el otro Piloto, propietario del avión, ocuparía el asiento del lado izquierdo de la cabina, asumiendo la función de Piloto Volando, mientras que él (Piloto Instructor) se ubicaría en el lado derecho desempeñando el papel de Piloto Monitoreando. Mencionó que él (PM) había realizado el briefing del despegue, sin abordar la distribución de tareas ni las funciones del CRM.

Explicó el Piloto Instructor que, durante la fase de despegue, la tripulación experimentó un fuerte impacto y notó un giro hacia la derecha del avión cuando la velocidad oscilaba entre 75 y 85 nudos. En respuesta a esta situación, el Piloto Volando, decidió iniciar el procedimiento de abortaje del despegue, reduciendo la potencia y aplicando frenos. Manifestó el Piloto Instructor, que, sin embargo, durante este proceso, se percibió una ineficacia en el funcionamiento de los frenos.

Afirmó que, posteriormente, lo único que hicieron fue "pegarse de los frenos".

1.18.2 Grabaciones de video

La investigación observó varios videos del sistema de Seguridad de la Aviación del aeródromo Simón Bolívar. Estos videos proporcionaron información útil sobre los eventos que ocurrieron antes, durante y después del accidente.

Se obtuvieron videos de diferentes ángulos y perspectivas, como desde la terminal de pasajeros, las casetas de guardia y las cámaras térmicas, que permitieron reconstruir la secuencia de eventos y analizar el comportamiento de la aeronave en la pista.

En el primer video capturado por una cámara de seguridad del aeropuerto, se observó al avión avanzando hacia la pista y luego procediendo hacia la cabecera 01. Las imágenes del video demostraron que el avión tenía la totalidad de la pista disponible para el despegue.



Fotografía No. 10 - Imagen de video tomado desde la cámara de seguridad de la Torre de Control.

Se obtuvo un segundo video desde una de las casetas de guardia ubicada en el costado izquierdo, sentido 01 – 19, de la pista. El material fue capturado mediante una cámara térmica y mostró claramente el escape de los gases de los motores del avión accidentado como un punto blanco brillante, que indica su funcionamiento, aparente normal.

Además, gracias al ángulo de toma de la cámara, se observó el lado interno del tren de aterrizaje principal derecho, que también aparecía como un punto blanco similar al escape de los gases de los motores. Sin embargo, la visibilidad del tren de aterrizaje principal izquierdo se vio obstaculizada por su compuerta, y apareció de un color más claro en la imagen térmica.



Fotografía No. 11 - Imagen térmica de video de la aeronave en la carrera de despegue.

1.18.3 Sistema de Alerta a la Tripulación (Crew Alert System, CAS)⁸

Las advertencias del Sistema de Alerta a la Tripulación CAS, se muestran a la tripulación en color rojo sobre fondo negro, en situaciones de emergencia que requieren una respuesta inmediata por parte de la tripulación, así:

- Un mensaje de advertencia del CAS parpadeante con una alerta sonora requiere una acción inmediata.
- Un mensaje de advertencia del CAS sin alerta sonora requiere atención, dependiendo de la carga de trabajo. También puede requerir la atención de mantenimiento, o la adopción de medidas correctivas antes del próximo vuelo.

Las advertencias sin alerta sonora suelen ocurrir mientras la aeronave está en tierra.

Según el relato del Piloto, en ningún momento hubo algún anuncio del CAS. Esto sugiere que no se recibieron mensajes de advertencia visuales o auditivos en el panel de instrumentos de la aeronave durante el evento en cuestión y que los sistemas de la aeronave funcionaban correctamente durante el despegue.

1.18.4 Sobre el ruido que escuchó la tripulación - guiñada

La investigación realizó un minucioso examen tanto del Módulo Recuperable de Datos (RDM) como del Control Digital de Total Autoridad del Motor (FADEC); ninguna de estas revisiones reveló anomalías o irregularidades que pudieran vincularse con el evento.

Adicionalmente, se ejecutó una inspección visual detallada del avión, que se enfocó especialmente en áreas críticas como el motor y el tren de aterrizaje en búsqueda de evidencias de un eventual golpe de ave, piedra, u otro objeto, desprendimiento, desintegración de partes del avión, o escapes de fluidos.

Esta inspección no evidenció golpes, daños, deformaciones, partes faltantes, ni otro tipo de problemas que pudieran haber contribuido al accidente.

Similar pesquisa se efectuó a la pista, sin encontrar anomalía alguna que pudiera haber afectado a la aeronave.

Durante las entrevistas, la tripulación, mencionó la percepción de una guiñada del avión seguida del golpe que sintió en el despegue. Sin embargo, al analizar los sistemas de grabación de datos, no se encontró registro de ninguna guiñada ni tampoco de algún golpe.

La investigación plantea la hipótesis de que el golpe que escuchó la tripulación pudo, haber sido causado por la caída de algún objeto, posiblemente una maleta, paquete o monopatín que no se encontraba debidamente asegurado en la bodega de la aeronave.

⁸ El Sistema de Alerta a la Tripulación (Crew Alert System, CAS) es un componente esencial en la aviónica de una aeronave, diseñado para detectar y alertar a la tripulación sobre condiciones críticas o situaciones que requieren acción inmediata. Este sistema realiza un monitoreo constante de los sistemas de la aeronave, emitiendo alertas visuales y sonoras para anomalías, priorizando la gravedad de las situaciones. Además, proporciona indicaciones sobre acciones correctivas y se integra eficientemente con otros sistemas, contribuyendo a la conciencia situacional y mejorando la capacidad de respuesta de la tripulación. Su flexibilidad, capacidades de autodiagnóstico y registro de eventos hacen del CAS un elemento clave para la seguridad operativa, permitiendo a la tripulación tomar decisiones informadas durante el vuelo.

1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Durante la investigación, se emplearon las técnicas y metodologías contenidas en el Documento OACI 9756, Manual de Investigación de Accidentes.

Se recopilaron pruebas físicas y testimoniales relevantes, como videos de seguridad. Además, se solicitó y analizó documentación clave, incluyendo manuales de vuelo, registros de mantenimiento y registros de capacitación de la tripulación, entre otros documentos pertinentes.

Durante el proceso investigativo, se contó con el respaldo de expertos de las empresas Cirrus Aircraft y Williams International, quienes aportaron su conocimiento especializado y experiencia en los sistemas y componentes específicos de la aeronave.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

2. ANÁLISIS

2.1 Análisis de Aspectos Operacionales

2.1.1 Calificaciones de la Tripulación

El Piloto, de 55 años, cumplía el rol de Piloto Volando (*PF - Pilot Flying*) durante el evento. Ocupaba la posición del lado izquierdo de la cabina. Contaba con un total de 480 horas de vuelo en su historial, indicando una experiencia relativamente limitada en la operación de aeronaves; su proeficiencia específica en el Cirrus Jet era de 56 horas de vuelo, realizadas de manera discontinua. Era el dueño de la aeronave.

El Copiloto, de 61 años, que era Piloto Instructor del equipo Cirrus Jet, tenía una amplia experiencia en vuelo, con un total de 6.293 horas. Durante el accidente desempeñaba la función de *Piloto Monitoreando (PM - Pilot Monitoring)*.

Además, el Copiloto era instructor de vuelo de los equipos Cirrus que utilizan motores recíprocos, y de los equipos Twin Otter y King 200 / 300. Había completado su último chequeo en el equipo Cirrus Jet el 3 de noviembre de 2021, en Knoxville, Tennessee, con resultados satisfactorios. Había acumulado 399 horas de vuelo en el equipo Cirrus Jet.

Es importante señalar que, aunque el Piloto Instructor (que volaba como Copiloto) se registró como Piloto al Mando en los formatos de Plan de Vuelo y Peso y Balance, en el vuelo ocupaba la posición del lado derecho, sin que este vuelo fuera un vuelo de instrucción.

2.1.2 Peso y Balance

Hubo errores en el diligenciamiento del formato de Peso y Balance por parte de la tripulación. En efecto, la investigación determinó las siguientes inconsistencias en su diligenciamiento:

- El peso registrado de la carga, 10 libras, no correspondía al peso verdadero, que la investigación estimó que era de 133 libras, aproximadamente, con fundamento en lo observado en el video del registro de seguridad.
- En el peso correspondiente al *Zero Fuel Weight*, no se sumaron las 10 libras registradas como peso de la carga.
- El peso total en plataforma registrado (5.947 lb), no correspondía a la suma del *Zero Fuel Weight* más el peso del combustible.

No obstante estos errores, aparentemente la aeronave inició el vuelo en límites de peso (5.926 lb), por debajo, aunque muy cerca del peso máximo de despegue (6.000 lb).

El alto peso de despegue debió ser considerado por la tripulación, tratándose de operar un avión monomotor de las características del Cirrus Jet, en las condiciones propias de operación del aeródromo de Santa Marta, con una pista relativamente limitada y una alta temperatura ambiente. El alto peso de operación en esas condiciones tuvo varios efectos negativos en el rendimiento del avión, a saber:

- Más exigencia para el sistema de frenos y calentamiento durante el taxeo.
- Mayor longitud de la carrera de despegue.

- Mayor longitud de la carrera de parada en el abortaje.
- Mayor exigencia al sistema de frenado durante el abortaje, y contribución (junto con la alta velocidad) a la pérdida de efectividad del frenado por exceder la capacidad de absorción de energía del sistema.

2.1.3 Longitud de pista

La longitud de la pista de Santa Marta (1.700 m, 5.577 pies) era suficiente para un despegue seguro de la aeronave, aún con su peso máximo de despegue.

No obstante, al abortar el despegue con alta velocidad (90 KIAS / 96 GS), y por encima de la velocidad de rotación (85 nudos), la longitud remanente de pista (aproximadamente 660 metros) era insuficiente para que el avión se detuviera en ella. Además, esta distancia se redujo aproximadamente a 520 metros por la inusitada acción de la tripulación que aplicó potencia nuevamente, después de iniciado el abortaje, para acto seguido, abortar el despegue nuevamente.

La distancia recorrida durante esta aceleración súbita y momentánea, agravó la falta de efectividad del frenado y concurrió para un mayor desplazamiento de la aeronave, hasta más allá del perímetro del aeródromo para detenerse (Ver ampliación en el numeral 2.1.7)

2.1.4 Velocidad durante la carrera de despegue

La gráfica No. 13, que corresponde a datos extraídos del RDM, muestra que la velocidad indicada (IAS), la velocidad verdadera (TAS) y la velocidad de tierra (GS) tuvieron indicaciones normales y consistentes en la carrera de despegue hasta el momento del abortaje.

Una vez que se inició abortaje, la gráfica muestra la disminución de los parámetros de velocidad, de manera coherente con la reducción de potencia.

2.1.5 Comportamiento del throttle lever angle (TLA) y fuel flow (FF).

En la gráfica No. 14, se observa a su vez, el comportamiento de los parámetros del acelerador, *Throttle Lever Angle* (TLA) y del flujo de combustible, *Fuel Flow* (FF).

A medida que la velocidad indicada aumentaba, se nota que tanto la posición del TLA (acelerador) como el FF (flujo de combustible) se incrementaban gradual y normalmente. Esto era lo esperado, ya que a medida que se requiere más potencia para aumentar la velocidad de la aeronave, los ajustes en el ángulo de las palancas de control (TLA) y el flujo de combustible (FF) se deben mover e incrementar proporcionalmente.

En el momento en que se inicia el abortaje del despegue, con 90 KIAS (96 GS), se aprecia una disminución significativa en la velocidad indicada, así como en los valores de TLA y FF correspondientes. Esta disminución indica que se ha reducido la potencia del motor, de manera acorde con la decisión de abortar el despegue.

2.1.6 Velocidad de abortaje – Criterios para abortar

En el accidente de la aeronave HK5342G, se identificó que la decisión de abortar se tomó a una velocidad registrada de 90 KIAS (96 GS), mientras que la velocidad de rotación Vr del avión es de 85 KIAS, según se establece en el Manual de Vuelo (AFM) del Cirrus Jet.

Tal como se ha descrito, el AFM del avión no especifica una velocidad máxima de abortaje del despegue. Podría entenderse que la decisión de abortar el despegue debería tomarse antes de alcanzar la velocidad de rotación (85 nudos). Pero este criterio no está escrito.

El AFM tampoco establece otros criterios para abortar el despegue, antes o después de los 85 nudos, de acuerdo a circunstancias, y cuando estas sean de tal gravedad que así lo ameriten, como, podría ser, por ejemplo:

- Falla grave, comprobada del (único) motor.
- Un daño estructural catastrófico, por impacto u otra circunstancia.
- Detección o evidencia de cortante de viento severa.
- Falla grave, verificada, de controles de vuelo.
- Otras.
- Que se disponga de longitud de pista suficiente para detener la aeronave.

Tampoco proporciona el AFM información sobre la distancia de parada, en caso de abortar el despegue, que tenga en cuenta variables tales como la velocidad y el peso de la aeronave, las condiciones de la pista y circunstancias meteorológicas. Esto ha impedido a la investigación efectuar otros cálculos sobre las maniobra de abortaje y la frenada de la aeronave.

2.1.7 Aplicación momentánea de potencia después de iniciarse el abortaje

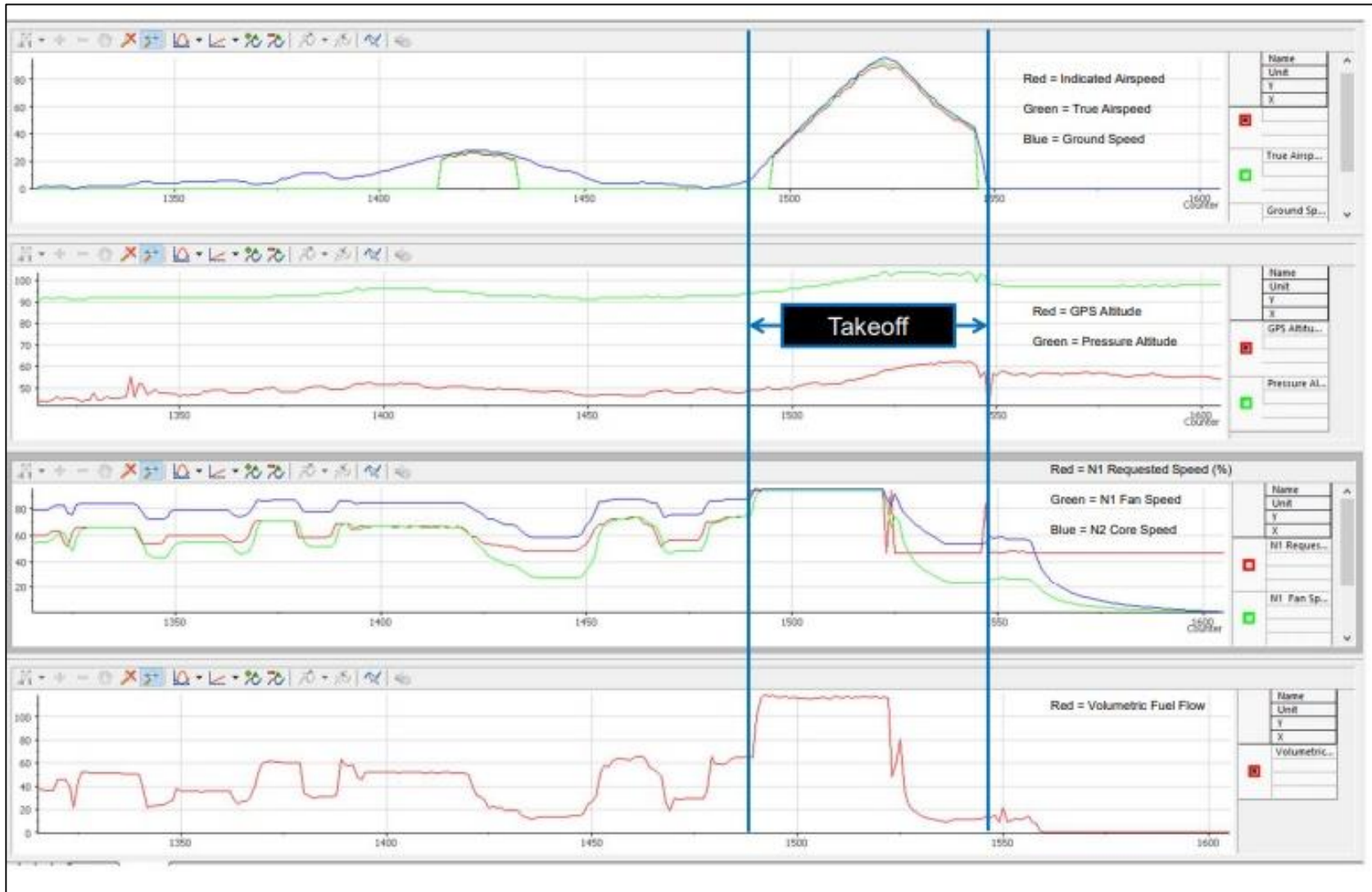
En el análisis de la gráfica No. 13, se observa una caída inicial en la velocidad después de la decisión de abortar, lo cual es esperado ya que se busca reducir la velocidad y detener la aeronave. Sin embargo, posteriormente, se observa una activación del acelerador (TLA) hacia adelante, durante aproximadamente 3 segundos, seguida de, nuevamente, la reducción a *idle* de dicho control, para continuar con la parada del avión. Esta activación posterior del TLA pudo ser un movimiento accidental del control por parte de la tripulación, o una acción intencional de su parte, con el fin de continuar el despegue.

La investigación efectuó el siguiente cálculo para determinar la distancia recorrida por la aeronave (en detrimento de la distancia disponible para parar), durante la aplicación de potencia por parte de la tripulación, después de iniciado el abortaje.

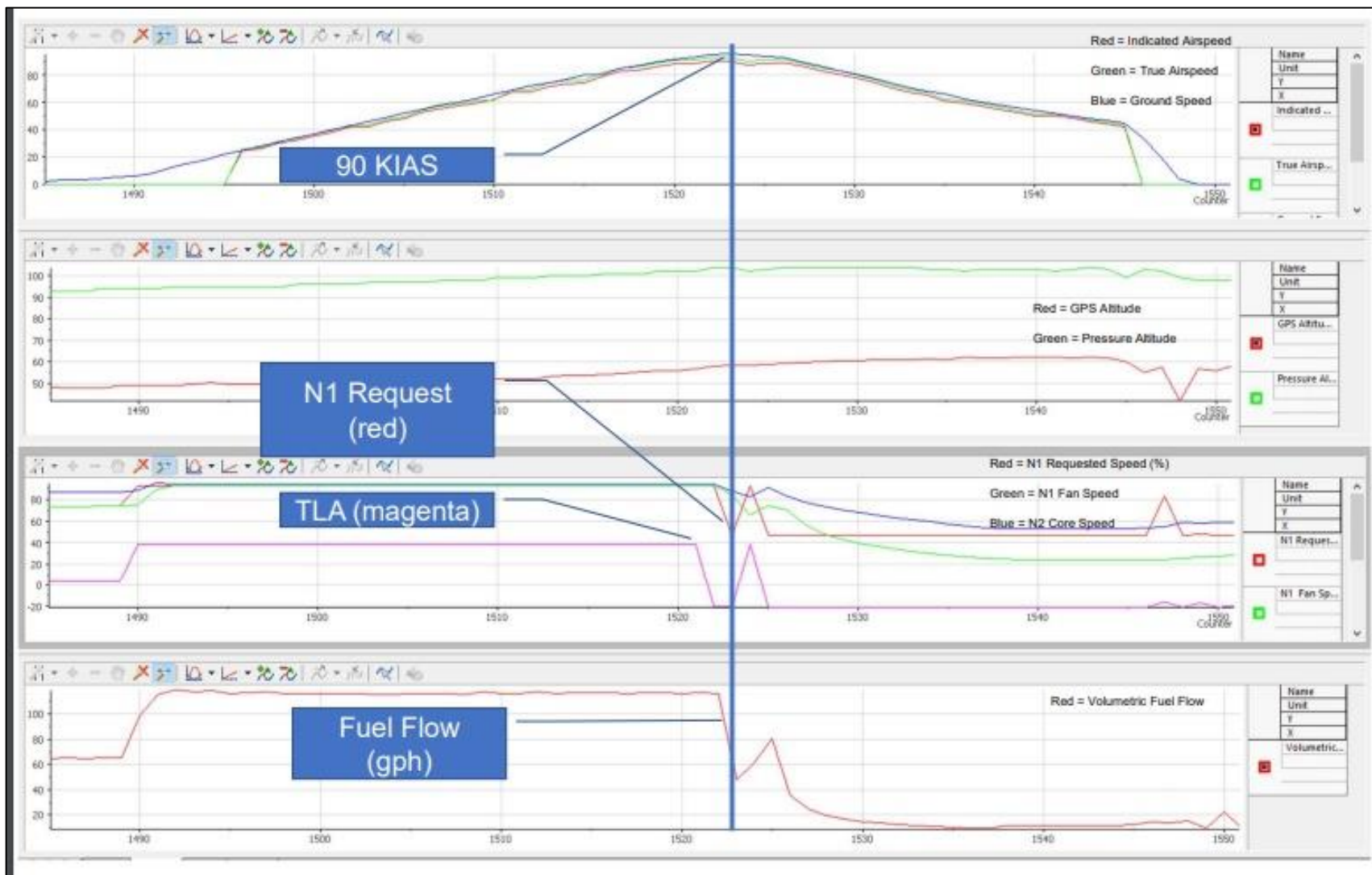
- Tiempo de activación de la TLA hacia adelante: 3 segundos
- Velocidad estimada al momento de la activación: 90 KIAS = 166.680 m/hora
 - Un (1) kt = 1.852 m/hora
- Distancia aprox. recorrida en un (1) segundo: $166.680 / 3600 = 46,3$ m
- Distancia aproximada recorrida en tres (3) segundos: $46,3 \times 3 = 138,9$ m

Esto quiere decir, que la inusitada aplicación de potencia, prolongó la distancia de parada de la aeronave, hasta en aproximadamente 138 m. Pudo ser menor, si se tiene en cuenta el retardo natural de aceleración del motor jet.

En todo caso, la distancia recorrida durante esta aceleración súbita y momentánea, contribuyó a agravar la falta de efectividad del frenado y, probablemente, a un mayor desplazamiento de la aeronave hasta más allá del perímetro del aeródromo para detenerse.



Gráfica No 13 - Parámetros del despegue, con datos obtenidos del Módulo Recuperable de Datos.



Gráfica No. 14 – Ampliación de la fase de despegue - Datos de comportamiento de motor.

2.1.8 Análisis de las actuaciones de la tripulación

2.1.8.1 Roles de los tripulantes

De acuerdo con la documentación del vuelo (Plan de Vuelo, Peso y Balance) y declaraciones de la tripulación, quien ejercía como Piloto al Mando del vuelo era el piloto más experimentado e instructor de la aeronave.

No obstante este Piloto decidió ocupar la posición derecha de la cabina de mando, que corresponde a la jerarquía o rol del Copiloto, no la de Piloto al Mando. Si bien es cierto que él estaba habilitado como Instructor del equipo (y como tal podría ocupar la posición derecha), el vuelo no estaba programado ni planeado como vuelo de instrucción; por lo tanto, él debía ocupar la silla izquierda como Piloto al Mando del vuelo.

2.1.8.2 Planeamiento del vuelo

El cambio de ubicación de los tripulantes en la cabina de mando, que fue expuesto en el punto anterior, pudo generar deficiencias en el planeamiento y en la ejecución del vuelo, en aspectos tales como los siguientes:

- Definir quién era en efecto el Piloto al Mando de la aeronave.
- Determinar quién tendría el control del avión ante situaciones anormales o de emergencia, y fijar un criterio y un procedimiento para transferir ese control.
- Establecer la distribución de cargas y funciones en diferentes fases del vuelo.
- Considerar atenciones especiales teniendo en cuenta la poca experiencia de vuelo y en el equipo Cirrus Jet del Piloto que ocupaba la silla izquierda.
- Discernir sobre otras consideraciones especiales, en atención a las particulares condiciones del aeródromo, y de la aeronave que operaba prácticamente en su peso máximo, y con el máximo número de ocupantes permitido.
- Repasar los criterios para abortar el despegue, teniendo en cuenta las características del avión monomotor, el peso de operación y la longitud de pista.
- Refrescar los datos de despegue, especialmente la velocidad máxima de abortaje.
- Atención de emergencias: control del avión, acciones subsiguientes.

De otra parte, de las entrevistas efectuadas a tripulación, y del análisis de la secuencia de eventos, nace la posibilidad de que se hayan presentado deficiencias en el planeamiento del vuelo, como por ejemplo, la falta de un briefing particular para el despegue, considerando las características propias del aeródromo de Santa Marta, el alto peso de la aeronave y la circunstancia de dos pilotos autónomos del avión efectuando el vuelo.

2.1.8.3 Situación que desencadenó la emergencia y acciones de la tripulación

La falta de planeamiento descrita, pudo contribuir a la manera errática como la tripulación percibió la condición que desencadenó la emergencia y sus acciones subsiguientes.

La tripulación reportó haber sentido en el despegue, un "fuerte golpe" seguido de un giro del avión, y que esta condición los indujo a abortar el despegue, aplicando frenos y reduciendo el acelerador, en ese orden, tal como lo establece el procedimiento de abortaje.

No obstante, en una inusitada acción, la tripulación aplicó potencia nuevamente, para luego reducirla otra vez y reiniciar el abortaje del despegue.

Sin embargo, no hubo en este proceso ninguna alarma de falla o mal funcionamiento en el Sistema de alerta a la tripulación (*Crew Alert System, CAS*), ni en los instrumentos u otros indicadores de funcionamiento de los sistemas de la aeronave.

De otra parte, en la minuciosa inspección que se hizo del avión, no se encontró evidencia alguna que indicara que la aeronave fuera golpeada por algo, o que un componente se hubiera separado o fallado. No se detectaron escapes, ni objetos extraños, ni condiciones de la pista que hubieran podido afectar a la aeronave.

Además, los datos del Registrador de Datos de Vuelo (RDM) no reconocieron ningún momento de guiñada hacia la derecha antes de la reducción del acelerador. Muy probablemente, el ruido escuchado por la tripulación provino del interior de la aeronave, quizá por un objeto (maleta, paquete, monopatín), caído durante la carrera de despegue.

Todo esto indica que hubo, evidentemente, una discrepancia entre la percepción de la tripulación y el comportamiento real de la aeronave, que la llevó a efectuar un abortaje innecesario con alta velocidad.

2.2 Análisis de Aspectos de Aeronavegabilidad

2.2.1 Funcionamiento del sistema de frenos

Como parte de la investigación, y sobre todo ante la manifestación de la tripulación sobre la ineffectividad de los frenos durante el abortaje del despegue, el sistema se examinó detenidamente, incluyendo las pastillas, los discos y el sistema hidráulico de accionamiento, por parte de su fabricante, Beringer, a quien se le suministraron datos clave de las condiciones del abortaje. El sistema no había registrado discrepancias.

Se encontró que las pastillas de fricción de los frenos se habían fundido con el disco del freno, como resultado de la aplicación de una fuerza de frenado superior a la capacidad máxima de absorción del sistema, y, además, por haber mantenido la presión de frenado hasta el cuando el avión se detuvo o, justamente hasta poco después.

En efecto, el sistema de frenos, que funcionó bien al inicio de la frenada, fue sometido a un alto esfuerzo por la realización de una fuerte y continua frenada, iniciada con alta velocidad, con un alto peso del avión y en un medio de alta temperatura ambiente.

El fabricante determinó que el sistema de frenos habría utilizado aproximadamente el 96% de la energía disponible para un abortaje de despegue (*rejected takeoff, RTO*).

2.2.2 Funcionamiento de la planta motriz

No se encontraron informes de fallos anteriores ni problemas relacionados con el motor. Además, se compararon los datos del tiempo de desaceleración del motor con los de otras aeronaves similares, y se determinó que estaban dentro de los parámetros normales.

Un representante de la casa Williams, fabricante de la planta motriz, hizo la inspección del motor *in situ* en Santa Marta. Estas actividades y el estudio de los récords de

mantenimiento, permitieron descartar que algún daño o mal funcionamiento del motor pudiera haber contribuido al accidente.

Además, los datos de la Unidad de Control del Motor (ECU) no indicaron anomalías o excesos en el sistema del motor antes del accidente, confirmando que el motor estaba funcionando normalmente. Se realizaron pruebas adicionales en la ECU para confirmar la integridad de los datos registrados.

Basado en esta información, se pudo concluir que no se encontraron fallos en los frenos ni en el motor de la aeronave, no se consideraron como causa probable o factores contribuyentes para la ocurrencia del evento.

2.2.3 Datos del motor de la aeronave extraídos del ECU

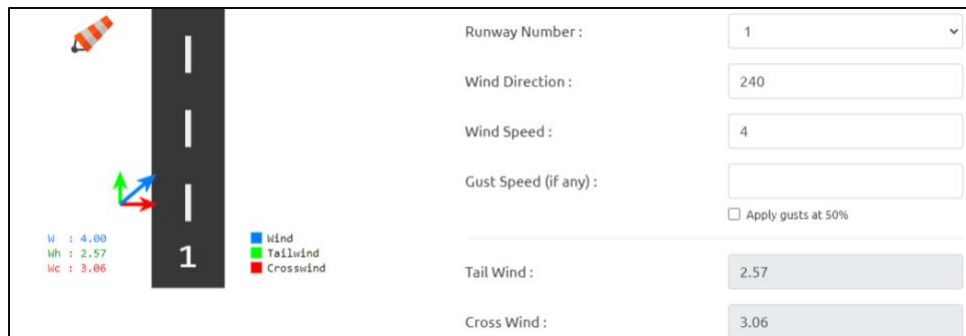
En las gráficas No. 13 y 14 (arriba), se pueden observar los datos del motor de la aeronave durante el evento. La línea roja representa el N1, que indica la velocidad de rotación del motor, mientras que la línea magenta muestra el TLA (Thrust Lever Angle), que indica la posición de la palanca de empuje.

La gráfica denota que cuando la velocidad de la aeronave alcanza los 90 nudos (momento en el que la tripulación realiza el procedimiento de abortaje), se produce un retroceso en el TLA, lo que indica una disminución en la velocidad del N1, conocido como "spool down". Este retroceso en el TLA y la reducción en la velocidad del N1 son consistentes con la acción de abortar el despegue, ya que la tripulación redujo la potencia del motor.

2.3 Análisis de las condiciones meteorológicas

Según el METAR del Aeropuerto Simón Bolívar (SKSM) en el momento del accidente, la temperatura ambiente era 32°C, temperatura alta que incide negativamente en el rendimiento de la aeronaves, pero que es normal en este aeródromo y era conocida por la tripulación, habituada, además, a operar en estas condiciones propias del trópico.

El METAR también indicaba que el viento provenía de los 240 grados con una intensidad de 4 nudos, lo que significa que había una componente de viento de cola de 2,57 nudos. Esta condición no se considera un factor crítico para el despegue que llevaba a cabo la aeronave, y tampoco fue un aspecto que influyera en el accidente.



Gráfica No. 15 - Determinación del componente de viento de cola⁹.

⁹ Fuente: <https://e6bx.com/wind-components/>

2.4 Análisis de los servicios de reacción

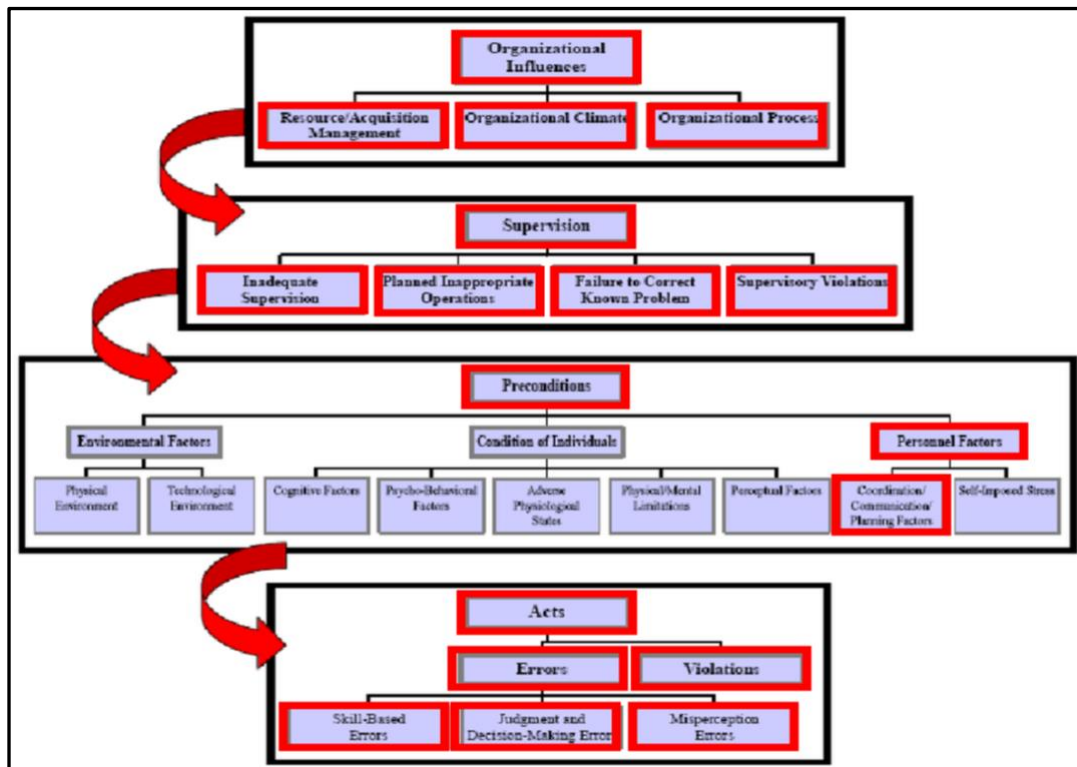
Los servicios de reacción del aeródromo Simón Bolívar, así como los medios dispuestos por el CRUE del Distrito de Santa Marta, actuaron de manera inmediata tan pronto se produjo el accidente, con el fin de atender prioritariamente, a las personas afectadas (ver numeral 1.15.3).

Se reitera el hecho de que, aunque los Bomberos Aeroportuarios llegaron a sitio dos (2) minutos después de notificado el accidente, las personas heridas por la aeronave, ubicadas cerca del malecón, habían sido ya retiradas del sitio por otras personas, en vehículos y motocicletas particulares, sin dar oportunidad a que fueran atendidas por los Bomberos, ni por los Servicios Médicos Aeroportuarios (ambulancia, médico, paramédicos).

Esta entendible pero apresurada reacción por parte de familiares de los heridos y de otros particulares, privó a las personas lesionadas de recibir una atención inmediata en el sitio, de una clasificación idónea de sus lesiones, de la priorización para su atención, y de ser trasladados de manera segura y asistida a los centros hospitalarios.

La comunicación efectiva por parte del Guarda de Seguridad de la cabecera 19 de aeropuerto y de la Torre de Control, y la rápida activación del Centro de Operaciones de Emergencia (COE) fueron fundamentales para coordinar las acciones de los diferentes equipos de emergencia, incluyendo los Bomberos Aeronáuticos, los Servicios Médicos Aeroportuarios, la Policía Aeroportuaría, y el CRUE Metropolitano de Santa Marta.

2.5 Análisis de Factores Humanos, modelo HFACS



Gráfica No. 16 – Modelo HFACS Versión 7.0.

Para este análisis se emplea el modelo HFACS (Sistema de Clasificación y Análisis de Incidentes y Accidentes por Factores Humanos), (Wiegmann & Shappell 2003). La identificación de los factores humanos está basada únicamente en la información registrada por la investigación del accidente.

2.5.1 Actos inseguros (errores, violaciones):

El piloto al mando de la aeronave, es decir, quien presentó el Plan de Vuelo como tal, no ocupaba la silla izquierda de la cabina de mando.

Error de habilidad: en primer lugar, la ubicación irregular de la tripulación en la cabina de contribuyó a una confusión significativa de roles y responsabilidades durante situaciones críticas, como el proceso en el que se cancela el despegue (abortaje) y las acciones subsiguientes. Esta situación llevó a una falta de claridad en la toma de decisiones y a una descoordinación entre los miembros de la tripulación, lo que aumenta significativamente el riesgo de error humano.

Falta de atención - distracción: la baja alerta situacional y la falta de manejo de los recursos de cabina (análisis de gestión de riesgos) durante la carrera de despegue son cuestiones graves que afectan directamente la seguridad operacional. El hecho de que la tripulación no haya determinado adecuadamente el estado del motor y la condición general de la aeronave antes de iniciar el abortaje, indica una falta de conciencia situacional comprensión del entorno operativo, lo que contribuyó a una toma de decisiones incorrecta y a la exposición a riesgos innecesarios.

Omitir procedimientos en el abortaje: La falta de criterios claros y de briefing previo del despegue sobre las situaciones excepcionales que requieren una cancelación del despegue en un avión mono motor y en una pista limitada se traducen en un factor trascendental. Esta falta de preparación y comunicación adecuadas entre los miembros de la tripulación resultaron en una respuesta inadecuada ante la situación que enfrentó.

2.5.2 Condiciones previas para actos inseguros

Condiciones deficientes de operadores, prácticas deficientes de operadores-mala administración de recursos de tripulación, preparación de personal.

Planeación inapropiada de operaciones: Insuficiente planeamiento del vuelo por parte del operador, al no realizar un análisis específico de los riesgos del vuelo, ni vigilar la preparación y ejecución del mismo, teniendo en cuenta, sobre todo, la composición de la tripulación de la aeronave, integrada por dos pilotos, uno de ellos instructor, y el otro el propietario de la aeronave.

Complacencia: Se permite realizar cambios del rol de piloto al mando sin realizar respectivo reporte ni señalar alguna condición especial que estuviera a lugar para realizar este cambio, diferente a lo reportado inicialmente. Sobre confianza en las características de la aeronave jet mono motor.

2.5.3 Supervisión deficiente o insegura

Supervisión inadecuada: los pilotos contaban con certificación de CRM vigente en el momento del evento; sin embargo se aprecia una disposición deliberada en las funciones de mando y control y funciones, permitiéndose asumir el control de la aeronave por el piloto de menos experiencia (+/- 56 hrs en el equipo, y no las 300 hrs referidas durante la

entrevista), en una operación que no estaba catalogada ni programada como vuelo de instrucción; esto generó el desconocimiento o confusión de roles en el momento de emergencia, ocasionada al parecer por un ruido y una sensación de “guiñada”.

Y generó una falta de supervisión del piloto que monitoreaba (piloto al mando erróneamente ubicado en la silla derecha, como copiloto). Así mismo, esta falta de supervisión debió influir en la equivocada acción de aplicar nuevamente potencia después de iniciado el abortaje, antes de reducirla nuevamente, empeorando la crítica condición de pista insuficiente para detener la aeronave.

Operaciones inapropiadamente planificadas “riesgo no aceptable”: la tripulación asumió el riesgo de que el piloto con menos experiencia realizara el vuelo, en una condición que no correspondía a un vuelo de instrucción. El riesgo se materializó en una situación que la tripulación asumió equivocadamente como una emergencia, resultando en una inefectiva gestión al interior de cabina de mando de la aeronave.

2.5.4 Influencias organizacionales

Administración de recursos: no obstante que la aviación privada normalmente no dispone de una jerarquía administrativa la toma de decisiones a nivel corporativo, no presente en la jerarquía de aviación privada, se resume en que la seguridad y el seguimiento de los procedimientos y protocolos de la operación aérea sean supervisadas por el Piloto a cargo que ejerce las actividades de mando y control. Sin embargo, no se puede verificar procedimentalmente el cambio de roles durante el vuelo, previo a lo declarado en el plan de vuelo. Durante las entrevistas se denota la intención de definir la supervisión como Piloto Instructor, en un vuelo que no fue programado, ni planeado, ni que se estaba ejecutando como un vuelo de instrucción o de entrenamiento

Clima organizacional: se puede entender que muy probablemente existió un conflicto de intereses en la disposición y roles de los tripulantes para el vuelo, al ser uno de ellos el propietario de la aeronave, y quien ocupó el puesto de piloto al mando que le correspondía al otro piloto, de mayor experiencia.

2.6 Modelo de investigación

2.6.1 Vuelo de Aviación Privada

Aunque la operación de vuelos privados en Colombia es estrictamente vigilada por la Autoridad Aeronáutica (por ejemplo en lo que se refiere a la aptitud de las tripulaciones y a la aeronavegabilidad de las aeronaves), sus características de operación dificultan, en algunos casos, la aplicación de políticas de operación, la estandarización de procedimientos y el aprovechamiento de las ventajas de un sistema de gestión de seguridad operacional, que la Aviación Privada no está obligada a implementar; en su lugar, debe realizar un análisis de riesgos para sus operaciones.

En este caso, la planeación y realización del vuelo de la aeronave Cirrus SF50 HK-5342G la efectuaba una tripulación apta y debidamente certificada y habilitada por parte de la Autoridad de Aviación Civil de Colombia.



Gráfica No. 17 – Modelo de secuencia del accidente.

La tripulación estaba conformada por un Piloto Volando (PF), quien contaba con un total de 480 horas totales vuelo y 56 horas de vuelo en la aeronave involucrada en el accidente, y un Piloto Monitoreando (PM), quien contaba con un total de 6.293 horas de vuelo y 339 horas de experiencia en el equipo Cirrus SF50; ambos contaban con curso de CRM vigente para la fecha de ocurrencia del accidente. la aeronave se encontraba aeronavegable y todos sus documentos de operación se encontraban vigentes y en regla; descartándose este vuelo como de entrenamiento.

Para el vuelo de retorno a SKBO, conforme a lo declarado en el *Plan de Vuelo* y en el *Manifiesto de Despacho* el piloto al mando sería el piloto con mayor experiencia operacional, y se describe como copiloto al propietario de la aeronave. Además, en el formato *Análisis de riesgo operacional*, en el factor tripulación, solamente se evaluó a un piloto, que correspondía al de mayor experiencia y que era instructor del equipo.

Conforme a las declaraciones de los tripulantes, el PM se encargó de elaborar los cálculos de peso y balance de la aeronave y fue quien realizó un briefing operacional previo al inicio del vuelo. El PM refirió de manera general que ante la presencia de emergencias antes de la carrera de despegue, se realizaría la maniobra de abortar despegue y evacuar la pista; en el caso de presenciar emergencia después del despegue, esta se gestionaría en el aire, teniendo además la consideración de usar pista una remanente o activar el paracaídas de emergencia.

2.6.2 Despegue

En este accidente se infiere que la imprecisión de cargos y roles, así como la intención deliberada de transferir el mando y control al otro piloto de la aeronave en oposición a lo declarado en los documentos establecidos, conllevó a una mala interpretación de una condición que no constituía emergencia, a un innecesario abortaje del despegue y a un equivocado manejo de recursos en cabina con errática y alternante toma de decisiones.

2.6.3 Percepción de condición anormal

Conforme a las declaraciones de la tripulación se estableció que tanto el PF como el PM percibieron un fuerte ruido durante la carrera de despegue y una sensación de guiñada

hacia la derecha. La guiñada fue descartada en la lectura de los datos del RDM. No fue posible establecer el origen del ruido; tampoco se encontró alguna condición interna o externa que justificara el abortaje del despegue por parte del PF.

2.6.4 Abortaje del despegue

La tripulación decidió realizar la interrupción del despegue con una velocidad de 90 nudos (KIAS), mientras que la velocidad de rotación V_r , según el Manual de Vuelo (AFM) del Cirrus Jet, es de 85 nudos (KIAS). Esta discrepancia sugiere un posible error en la percepción de la velocidad por parte de la tripulación, un manejo inadecuado de la energía del mismo y una falencia en los manejos de recursos de cabina, relacionado con errores en la toma de decisiones y evaluación del riesgo en tiempo real.

En este lapso no se generaron alertas de malfuncionamiento del motor ni de sistema alguno. Procedimentalmente no se debió abortar el despegue, y esta decisión fue de características impulsivas e inmediatas por el PF, sin hacer una rápida evaluación de las condiciones de la aeronave y de las limitadas condiciones para abortar el despegue.

El registro de datos generados de la aeronave indicó una reactivación en la palanca del acelerador posterior a la acción previa de abortar el despegue, en una acción deliberada y errática por parte de alguno de los pilotos. Posteriormente, se redujo nuevamente la potencia para continuar con el despegue, con pista insuficiente para que la aeronave se detuviera en ella. con activación de frenos y retorno de ATL para disminuir potencia.

2.6.5 Excursión de pista

Como consecuencia de la suma de los factores anteriormente descritos, la aeronave presentó una excursión de pista, que ocasionó lesiones fatales y graves a personas y daños sustanciales a la aeronave.

2.7 Análisis de otros factores

La ubicación informal, de instalaciones, infraestructura, toldos, carruajes de ventas, y sobre todo de personas (vendedores, compradores, caminantes), en la prolongación de la cabecera 19 del aeropuerto Simón Bolívar, constituye un riesgo para esas mismas personas y sus propiedades, ante la eventual salida de pista de aeronaves que despegan o aterrizan en dicho aeropuerto.

En efecto, ya han ocurrido esas salidas de pista de aeronaves por el sector señalado, en dos oportunidades recientes: en julio de 2007, sin consecuencias para terceros, motivo por el cual, quizá, el informe de investigación no hizo recomendaciones sobre el riesgo que representaba la vía y la ubicación de instalaciones, puestos de venta y personas en la trayectoria de la cabecera 19. El segundo accidente es del que se ocupa esta investigación, ocurrido en octubre de 2022, con las lesiones descritas, incluyendo el lamentable fallecimiento de un menor de edad.

Esta situación de riesgo debería ser entendida por las personas que frecuentan ese sitio, y controlada por las autoridades.

3. CONCLUSIÓN

Las conclusiones, causas probables y factores contribuyentes, no se deben interpretar con el ánimo de señalar culpabilidad o responsabilidad alguna de organizaciones ni de individuos. El orden en que están expuestas las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes no representan jerarquía o nivel de importancia. La presente investigación es de carácter netamente técnico con el único fin de prevenir futuros incidentes y accidentes.

3.1 Conclusiones

La tripulación se encontraba psicofísica y técnicamente apta para cumplir el vuelo.

No obstante, el Piloto, y propietario de la aeronave, poseedor de una Licencia PPA, tenía una experiencia relativamente limitada en la operación de aeronaves, con un total de 480 horas de vuelo en su historial, y 56 horas de vuelo específicamente en el equipo Cirrus Jet.

El Copiloto era Instructor del equipo con una experiencia general de vuelo amplia, de 6.293 horas, y con 399 horas de vuelo en el equipo Cirrus Jet.

La aeronave se encontraba aeronavegable, y al día con los servicios de mantenimiento. No tenía discrepancias registradas que pudieran asociarse con el accidente.

El Manual de Vuelo de la aeronave Cirrus Jet no contempla una velocidad máxima de abortaje, ni ofrece criterios u orientación para abortar un despegue o continuarlo ante la ocurrencia de situaciones o emergencias.

El aeródromo de Santa Marta cuenta con una pista de aterrizaje con una longitud de 1.700 pies. La cabecera 19 de la pista colinda con la única vía de acceso al aeropuerto y con un malecón cerca del cual se instalan de manera frecuente instalaciones rústicas de ventas informales que atraen personas a la trayectoria de la pista.

En el año 2007, después de aterrizar, una aeronave Embraer 190 se salió de la pista hacia el sector señalado en la prolongación de la pista 19, y se detuvo en la orilla del mar; en esta oportunidad no se causaron lesiones a personas. El avión quedó inutilizable.

La investigación del accidente llevada a cabo entonces, no arrojó recomendaciones significativas relacionadas con el área que atravesó la aeronave en su salida, ni sobre la posibilidad de que hubiera causado lesiones a personas en ese sector.

De acuerdo con las condiciones meteorológicas y el estado de los servicios aeroportuarios, el Aeropuerto Simón Bolívar (SKSM) Santa Marta operaba con normalidad el 16 de octubre de 2022, día del accidente de la aeronave HK5342G.

La aeronave fue programada para efectuar un vuelo privado con dos (02) tripulantes y cinco (05) viajeros entre Santa Marta y el aeropuerto internacional Eldorado de Bogotá.

En el diligenciamiento del formato de Peso y Balance para el vuelo entre Santa Marta y Bogotá, se presentaron las siguientes inconsistencias:

- El peso registrado de la carga, 10 libras, no correspondía al peso verdadero, que la investigación estimó que era de 133 libras, aproximadamente, con fundamento en lo observado en el video del registro de seguridad.

- En el peso correspondiente al *Zero Fuel Weight*, no se sumaron las 10 libras registradas como peso de la carga.
- El peso total en plataforma registrado (5.947 lb), no corresponde a la suma del *Zero Fuel* más el peso del combustible.

No obstante, el avión inició el vuelo dentro del límite de peso, aunque con un peso muy cercano al peso máximo de despegue (6.000 lb).

Aunque la aeronave Cirrus Jet está certificada para ser volada por un solo piloto, el vuelo fue planeado para ser desarrollado con dos tripulantes: piloto y copiloto.

El Piloto Instructor, que fungía como Copiloto, presentó la documentación del vuelo como Piloto al Mando. No obstante, ocupó para el vuelo el puesto derecho de la cabina de mando, aunque el vuelo no era un vuelo de instrucción.

La ubicación en la silla derecha del Piloto Instructor, que desempeñaba la función de Copiloto y no la de Piloto Instructor, constituía una desviación de la configuración de la aeronave cuando vuelan dos tripulantes, ya que el Piloto Instructor había presentado la documentación del vuelo como Piloto al Mando, y debía, por lo tanto, volar en la silla izquierda.

De esta manera, el Copiloto, Instructor del equipo, desempeñaba el papel de Piloto Monitoreando (*PM - Pilot Monitoring*). A su vez, el Piloto con menor experiencia y dueño de la aeronave, realizaba el rol de Piloto Volando (*PF - Pilot Flying*) y ocupaba la posición en el lado izquierdo de la cabina.

Muy probablemente esta composición irregular de la cabina de mando no fue detalladamente analizada por la tripulación, que para minimizar los riesgos inherentes probablemente obvió aspectos claves de la seguridad del vuelo, como por ejemplo:

- Definir quién era en efecto el Piloto al Mando de la aeronave.
- Determinar quién tendría el control del avión ante situaciones anormales o de emergencia y fijar un criterio y un procedimiento para transferir ese control.
- Establecer la distribución de cargas y funciones en diferentes fases del vuelo.
- Considerar atenciones especiales teniendo en cuenta la poca experiencia de vuelo y en el equipo Cirrus Jet del Piloto que ocupaba la silla izquierda.
- Discernir sobre otras consideraciones especiales, en atención a las particulares condiciones del aeródromo, y de la aeronave que operaba en su peso máximo (o por encima de él) y con el máximo número de ocupantes permitido.
- Repasar los criterios para abortar el despegue, teniendo en cuenta las características del avión monomotor, el peso de operación y la longitud de pista.
- Repasar los datos de despegue, especialmente la velocidad máxima de abortaje.

La aeronave inició el despegue, de manera normal, el cual fue efectuado por el Piloto Volando, desde la posición izquierda de la cabina de mando.

Cuando el avión se acercaba a la Velocidad de Rotación, 85 kt, la tripulación escuchó un ruido de origen desconocido que, según la tripulación, estuvo acompañado de una guiñada

del avión a la derecha, que la tripulación asoció con algún mal funcionamiento de la aeronave.

Aunque el CAS (Crew Alert System, CAS) no arrojó alarma alguna, todas las indicaciones de la aeronave y del motor mostraban un funcionamiento normal, y no había evidencia de peligro alguno, el Piloto tomó la decisión de abortar el despegue.

El abortaje se inició con una velocidad registrada de 90 KIAS / 96 GS, cinco (5) nudos por encima de la Velocidad de Rotación (85 nudos), y con solo 660 metros de pista remanente, aunque el motor funcionaba correctamente y la aeronave se encontraba aeronavegable.

El Piloto redujo el acelerador para abortar el despegue. No obstante, acto seguido alguno de los tripulantes aplicó nuevamente potencia (TLA adelante), durante aproximadamente 3 segundos, en una acción que pudo ser un movimiento accidental del control por parte de la tripulación, o una acción intencional de su parte, con el fin de continuar el despegue.

Se estima que esta inusitada aplicación de potencia prolongó la distancia de parada de la aeronave hasta en aproximadamente 138 m. Aunque esta distancia pudo ser menor, si se tiene en cuenta el retardo natural de aceleración del motor jet.

Seguidamente la tripulación redujo la palanca de potencia de nuevo a *idle* para continuar con el abortaje, con tan solo 520 metros de pista remanente.

La distancia recorrida durante esta aceleración súbita y momentánea, contribuyó a agravar la falta de efectividad del frenado y concurrió para un mayor desplazamiento de la aeronave, hasta más allá del perímetro del aeródromo para detenerse.

La alta velocidad de la aeronave durante el abortaje, y la fuerza aplicada por la tripulación sobre los frenos, hicieron que se superara la capacidad máxima de absorción del sistema y los frenos perdieron efectividad.

Además, el alto peso de la aeronave (cercano al peso máximo de despegue), la alta temperatura ambiente y a alta velocidad de abortaje afectaron negativamente al frenado de la aeronave en varios aspectos, a saber:

- Más exigencia y calentamiento del sistema de frenos durante el taxeo previo.
- Mayor longitud de la carrera de despegue.
- Mayor longitud de la carrera de parada en el abortaje.
- Mayor exigencia al sistema de frenado durante el abortaje, y contribución (junto con la alta velocidad) a la pérdida de efectividad del frenado por exceder la capacidad de absorción de energía del sistema.

La aeronave no se detuvo; abandonó la pista, cruzó la zona de seguridad y la vía perimetral de aeródromo, rompió la malla perimetral del aeródromo, atravesó una vía pública y, finalmente impactó contra un árbol ubicado cerca del malecón, bajo cuya sombra se ubicaba un puesto informal de ventas.

En la parte final de su recorrido, la aeronave y / o los restos de materiales y mercancías, impactaron a cuatro (4) personas que estaban ubicadas en la prolongación de la cabecera 19 de la pista, en cercanías del puesto de ventas, ocasionándoles lesiones de diferente gravedad.

Tan pronto ocurrió el accidente, el Guarda de seguridad del perímetro del aeródromo informó al Supervisor de seguridad del suceso; simultáneamente la Torre de Control informó mediante el sistema de alarma al Servicio de Extinción de Incendios, SEI, del aeródromo.

El aeródromo activó el Centro de Control de Operaciones (CCO) que notificó el accidente a las dependencias y organizaciones comprometidas con el Plan de Acción de Emergencia y al Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Santa Marta.

Los servicios de emergencia del aeródromo Servicios de Extinción de Incendios (SEI), servicios de ambulancias aeroportuarias y personal de la policía aeroportuaria, se desplazaron de inmediato al sitio del accidente.

Mientras tanto, tres (3) de las cuatro (4) personas externas lesionadas, fueron trasladadas inmediatamente por otras personas ajenas a los servicios de emergencia, desde el sitio del accidente hacia varios centros de atención cercanos.

Este traslado facilitado por personas ajenas a los servicios de emergencia, se llevó a cabo sin esperar a los servicios médicos del aeródromo y del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias (CRUE), los cuales ya se encontraban en camino. En su lugar, se optó por utilizar medios de transporte como taxis o vehículos particulares.

La comprensible pero apresurada reacción por parte de familiares de los heridos y de otros particulares, privó a las personas lesionadas de recibir una atención inmediata en el sitio, de una clasificación idónea de sus lesiones, de la priorización para su atención, y de ser trasladados de manera segura y asistida a los centros hospitalarios.

La cuarta persona lesionada fue trasladada a un centro médico posteriormente, cuando fue ubicada y atendida por los Servicios Médicos Aeroportuarios.

Los siete (7) ocupantes de la aeronave la abandonaron por sus propios medios, ilesos, y fueron asistidos por los servicios de emergencia del aeropuerto.

Las lesiones sufridas por los afectados fueron las siguientes:

- Menor, niño de 3 años: Lesión fatal, por impacto de aeronave. Llegó sin signos vitales al centro médico.
- Menor, niña de 6 años: Trauma craneoencefálico. Dada de alta el 09-nov-22.
- Hombre, adulto: Fractura de hombro. Dado de alta el 21-oct-22.
- Mujer, adulto mayor: Fractura de cadera, dada de alta el 09-nov-22.

El Servicio de Extinción de Incendios (SEI) cumplió con los estándares internacionales al llegar al lugar del accidente en menos de dos (2) minutos, a pesar de que el suceso ocurrió por fuera del perímetro del aeródromo.

El SEI tomó el control de la escena; al verificar que los heridos externos ya habían sido trasladados, verificó la condición de los ocupantes de la aeronave y ayudó a su evacuación; así mismo, verificó la condición de otras personas en el sector.

Los Servicios Médicos Aeroportuarios también actuaron con prontitud y eficiencia. La activación del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias (CRUE) y el traslado inmediato de una ambulancia al lugar del incidente permitieron brindar atención médica de manera oportuna a los afectados que no habían sido evacuados.

La aeronave resultó con daños sustanciales, como consecuencia de impactos contra la malla perimetral del aeródromo, por golpes contra instalaciones de la vía terrestre que cruzó, por el impacto contra el árbol y por el desnivel del terreno cuando se detuvo.

Con base en las inspecciones efectuadas por la investigación, y por los fabricantes Cirrus de la aeronave, Williams International de la planta motriz y Beringer del sistema de frenos, se concluyó que todos los sistemas de la aeronave funcionaban correctamente antes, durante y después del abortaje del despegue.

La investigación no pudo determinar el origen del ruido que escuchó la tripulación en la carrera de despegue y que la indujo a abortar el despegue. Muy probablemente se trató de algún objeto en el compartimiento de carga que se deslizó o cayó.

3.2 Causa probable

Excursión de pista como consecuencia de la realización de un innecesario abortaje del despegue con alta velocidad, en una pista de longitud limitada, maniobra que fue motivada por un ruido de origen indeterminado, mientras la aeronave se encontraba aeronavegable.

3.3 Factores Contribuyentes

Falta de criterios claros, y que debían establecerse previamente (briefing antes del despegue), por parte de la tripulación sobre las excepcionales situaciones en las cuales se debía abortar el despegue.

Actuación errática de la tripulación durante la secuencia de acciones que siguió una vez iniciado el abortaje, ya que activó de nuevo la palanca del acelerador (TLA) por 3 segundos, incrementando la distancia de parada de la aeronave.

Baja alerta situacional y falta de manejo de los recursos de cabina (CRM), por parte de la tripulación durante la carrera de despegue, que le impidió determinar que el motor se encontraba funcionando correctamente, y que no había ninguna condición de la aeronave que pusiera en riesgo la continuación del despegue.

Ubicación irregular de la tripulación en la cabina de mando, con el Piloto al Mando en la posición derecha (como Copiloto, sin funciones de Instructor) y el Copiloto en la posición izquierda, condición que pudo contribuir a una posible confusión de roles y responsabilidades, sobre todo durante el abortaje y acciones subsiguientes.

3.4 Taxonomía OACI

RE: Runway Excursion / Excursión de Pista

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL AL OPERADOR DE LA AERONAVE CIRRUS JET SF50

REC. 01-202271-1

Reforzar en las tripulaciones la práctica de las técnicas y procedimientos del CRM, con el fin de que se tengan en cuenta las variables que puedan afectar la operación, para que la tripulación mantenga siempre una alta alerta situacional, disponga de la capacidad de discernimiento ante situaciones inusuales o inesperadas, y acierte en la toma de decisiones.

REC. 02-202271-1

Establecer procedimientos de abortaje claros y bien definidos para diversos escenarios de emergencia, con el fin de garantizar una respuesta adecuada de las tripulaciones frente a situaciones como fallas en los sistemas críticos de la aeronave, condiciones de pista inseguras o incumplimiento de las velocidades de operación especificadas.

REC. 03-202271-1

Reforzar, exigir y verificar el cumplimiento de los límites de carga / peso de la aeronave, y los procedimientos para la elaboración de cálculo de Peso y Balance, pues estos factores tienen una influencia directa en el rendimiento de la aeronave y en la seguridad del vuelo.

A LA SECRETARÍA DE AUTORIDAD DE LA AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA

REC. 04-202271-1

Estudiar con el Explotador del aeródromo Simón Bolívar de Santa Marta (SKSM), y con las autoridades locales, la implementación de sistemas de control de tránsito vehicular, de control peatonal, y la prohibición de instalación de sitios de venta permanentes o temporales, en la prolongación de la cabecera 19, más allá del aeródromo (vía vehicular, vía peatonal, malecón, playa), con el fin de prevenir mayores daños a la propiedad y lesiones a personas, en casos de salida de pista de aeronaves.

REC. 05-202271-1

Dar a conocer el presente Informe de Investigación a los operadores aéreos de Transporte Aéreo no Regular, Taxi Aéreo y Privados para que apliquen las recomendaciones según sea pertinente y que, además, se tenga en cuenta el Informe para mejorar los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.



DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

investigación.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia