



Sucesos relacionados con el combustible (Fuel)

Parte 3: Formación de hielo
en el sistema de admisión

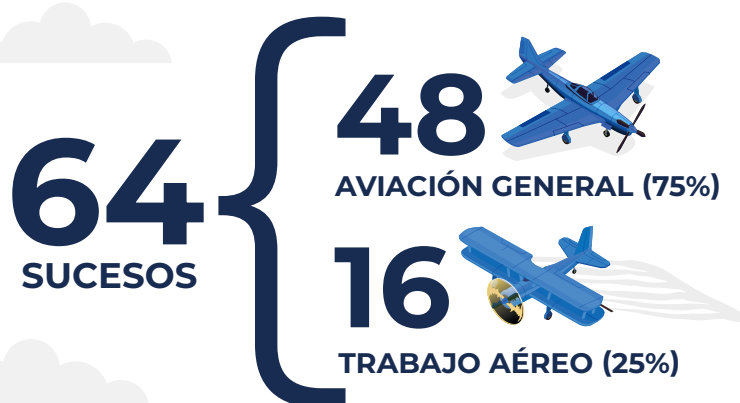


INTRODUCCIÓN

Un suceso relacionado con el combustible, FUEL en taxonomía OACI¹, es aquel en el que una o más plantas motoras, presentaron una caída de potencia parcial o total debido a:

- Agotamiento o incapacidad de utilizar el combustible disponible a bordo
- Utilización de un combustible incorrecto o contaminado
- Formación de hielo en el sistema de inducción del motor

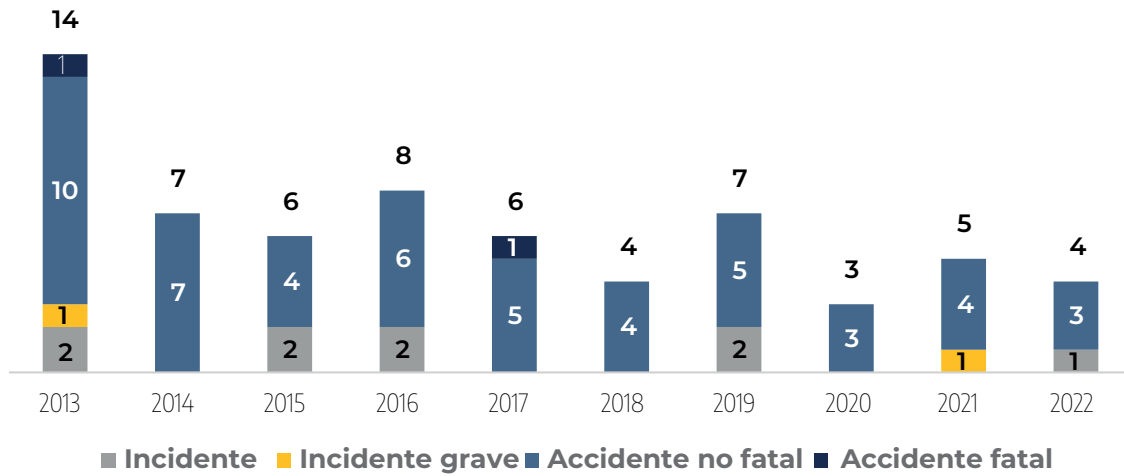
Para este boletín se analizó una serie histórica que identificó y categorizó a los sucesos relacionados con el combustible en Argentina durante el periodo 2013-2022 a través del sistema ADREP/ECCAIRS² del repositorio institucional de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST). Estos sucesos totalizaron 64 eventos, con la particularidad que tuvieron lugar en operaciones de aviación general o trabajo aéreo (no aviación comercial). El análisis será presentado en tres entregas que abordarán los sucesos FUEL de manera independiente.



1. Es una de las categorías de sucesos establecidas por el equipo de seguridad operacional de aviación comercial y el equipo de taxonomía común de OACI (CAST/CICTT): <https://www.intlaviationstandards.org/Documents/OccurrenceCategoryDefinitions.pdf>

2. El ECCAIRS es un sistema desarrollado por la Unión Europea que permite, de manera estandarizada, recolectar, analizar y compartir información acerca de los sucesos (accidentes e incidentes) en un formato compatible con el Sistema de Notificación de Accidentes/Incidentes de Aviación (ADREP).

Gráfico 1. Serie anual de sucesos relacionados con el combustible en Argentina en el periodo 2013-2022

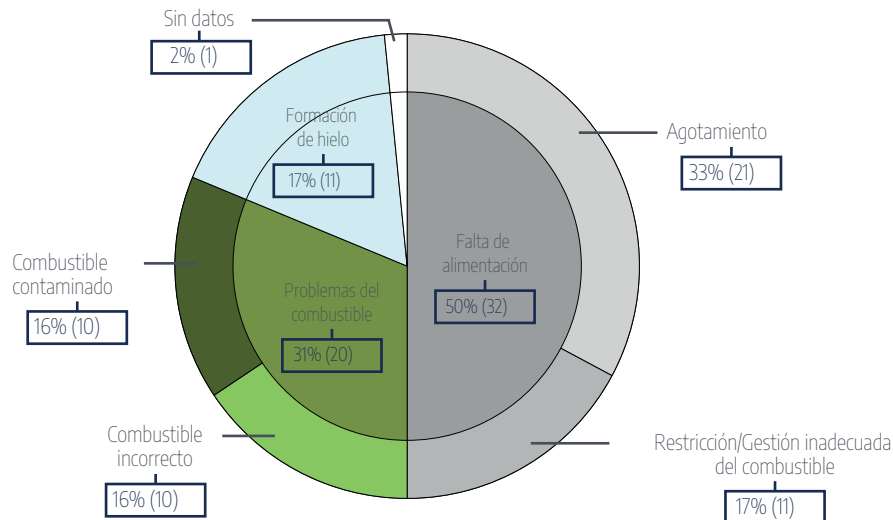


Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

ESCENARIOS FUEL

Para el periodo analizado se contabilizaron 64 sucesos FUEL, de los cuales 11 (17%, casi 1 de cada 5) se originaron por la obstrucción de combustible debido a formación de hielo en el motor.

Gráfico 2. Escenarios de sucesos relacionados con el combustible en el período 2013-2022*.



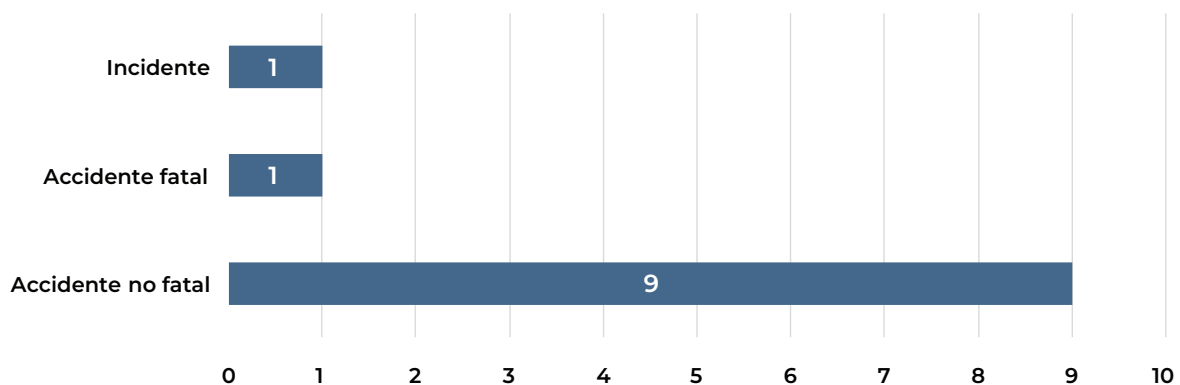
*. Los porcentajes mostrados son redondeados al valor más cercano
Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Este boletín relacionado al combustible se dedica a los sucesos originados por la formación de hielo en el sistema de inducción del motor.

FORMACIÓN DE HIELO EN EL SISTEMA DE INDUCCIÓN DEL MOTOR

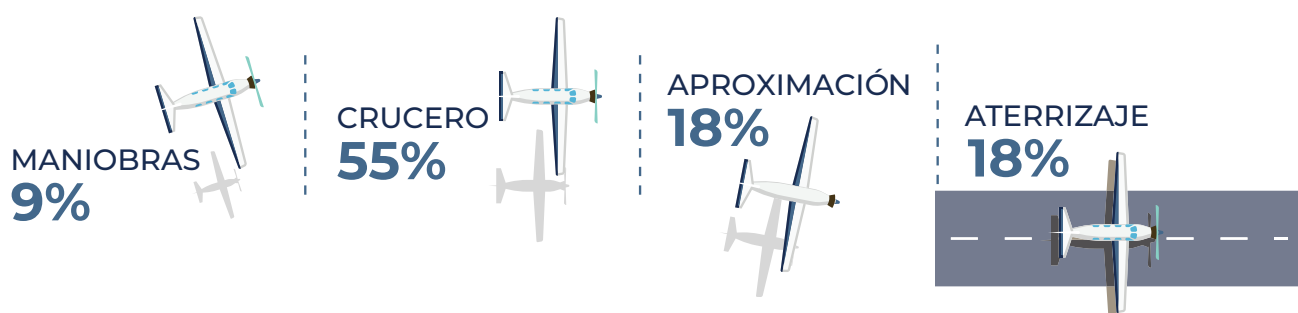
A menudo denominado "engelmamiento del carburador" es la acumulación de hielo en el sistema de inducción de combustible y puede afectar a todos los tipos de aeronave con motor de pistón, sin inyección. La formación de hielo en el carburador produce una obstrucción que disminuye la potencia y puede ocasionar la detención del motor.

Gráfico 3. Sucesos por formación de hielo en el período 2013-2022




Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Ilustración 1. Distribución por fases de vuelo de sucesos por formación de hielo en el período 2013-2022.




Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.



La tendencia a la formación de hielo de un combustible aumenta con la volatilidad debido a que una mayor fracción del combustible se vaporiza en el carburador en lugar de hacerlo en el colector de admisión. También puede ocurrir cuando no se utiliza el combustible especificado para cada motor. Algunos diseños de motores previenen o evitan el problema de formación de hielo calentando el aire de admisión o el Venturi del carburador, así como la placa del acelerador.

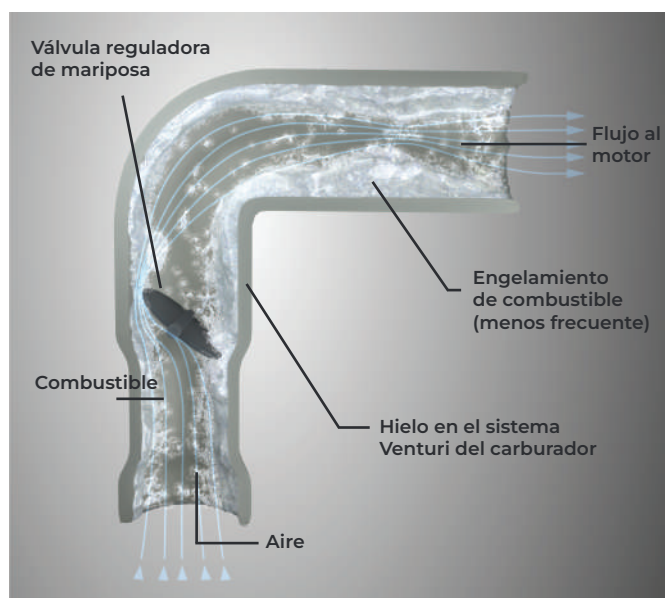
En comparación con la carburación, la inyección de combustible tiene la principal ventaja de una distribución uniforme y constante de combustible a cada cilindro. Los motores de inyección de combustible también responden más rápidamente que los motores con carburador cuando el piloto cambia la configuración de los controles. Las desventajas de la inyección de combustible en comparación con la carburación incluyen una mayor complejidad, más piezas móviles y pasajes estrechos en los inyectores que pueden obstruirse, así como una mayor tendencia al bloqueo de vapor.

Existen 3 tipos de formación de hielo en el sistema de inducción de combustible que pueden afectar a los motores de pistón:

- ✓ **Formación de hielo por impacto:** en condiciones de lluvia, nieve, aguanieve o nubes engelantes, y en general en presencia de aire húmedo, a temperaturas exteriores de entre -10°C a 0°C , las gotas de agua logran filtrarse directamente en el sistema de admisión del avión a través de tomas de aire, filtros, entre otros, alcanzando el carburador. Esto afecta no solo el sistema de mezcla del combustible, sino que también, debido al descenso de temperatura en el Venturi del carburador, pueden congelarse y bloquear u obstruir los conductos del carburador, el sistema de admisión y hasta trabar la mariposa del carburador. Este fenómeno también puede presentarse en motores a inyección y en los motores turboalimentados, y es el que supone mayor riesgo.
 - ✓ **Formación de hielo en el combustible:** es el resultado del agua mantenida en suspensión en el combustible que se precipita y congela en las tuberías del sistema de admisión, especialmente en los codos formados en curvas y estrechamientos. Generalmente ocurre entre 4°C y 27°C , pero puede ocurrir incluso a temperaturas más altas, siempre y cuando la humedad relativa sea superior al 50%. Cuando este hielo se forma, bloquea las tuberías de combustible y disminuye el caudal que llega al carburador.
- 

- ✓ **Formación de hielo en el carburador o englamamiento de carburador:** es el tipo más común de formación de hielo en el sistema de inducción, causado por una combinación de la caída repentina de temperatura debido a la vaporización del combustible y la reducción de la presión en el Venturi del carburador. La reducción de la temperatura puede llegar a ser de 20 °C a 30 °C, lo que resulta en la formación de hielo debido a la humedad en el aire de admisión. El hielo se acumula gradualmente, contrayendo el Venturi y, al alterar la relación aire/combustible, provoca una disminución progresiva de la potencia del motor. Los motores que tienen un carburador de tipo flotante convencional son más propensos a este tipo de formación de hielo.

Figura 1. Formación de hielo en el sistema de inducción



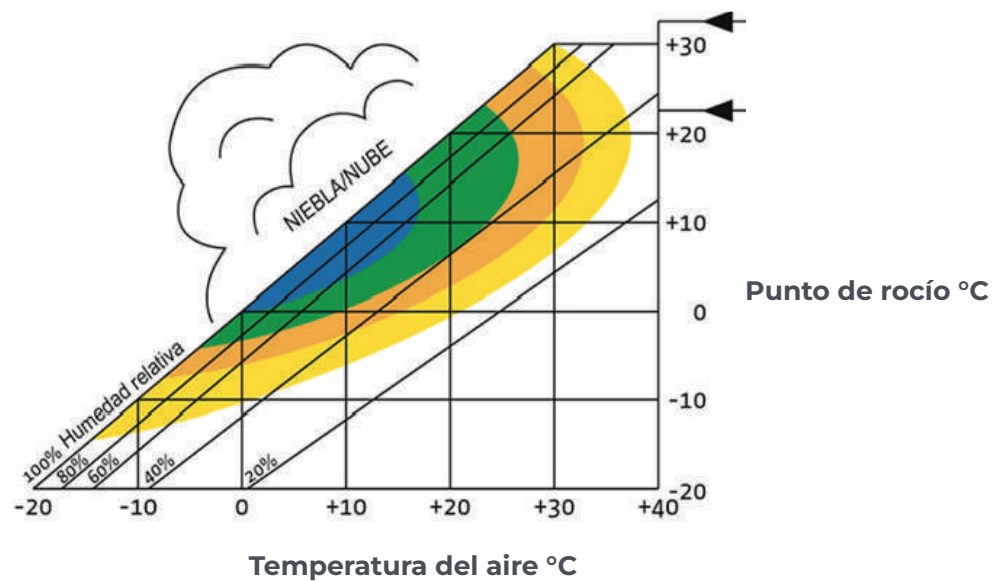
Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Es importante la concientización sobre las posibilidades de formación de hielo en el carburador a partir de determinadas condiciones atmosféricas. Para ello, se recomienda el uso y consulta de gráficos y ábacos disponibles. En el siguiente grafico se muestra como varía la probabilidad de englamamiento del carburador en función de:

- El régimen del motor
- La humedad relativa
- La temperatura del punto de rocío
- La temperatura del aire

Figura 2. Abaco de formación de hielo

- **Engelamiento grave** - cualquier potencia
- **Engelamiento moderado** - potencia de crucero
- **Engelamiento grave** - potencia de descenso
- **Engelamiento grave** - potencia de descenso
- **Engelamiento ligero** - potencia de crucero o de descenso



Fuente: EGAST.

El engelamiento puede ocurrir en cualquier condición atmosférica, no solo en tiempo frío, y en todos los regímenes de vuelo, especialmente durante el descenso. Puede ocurrir con ajustes de potencia reducida durante el descenso o durante la aproximación, y el piloto puede no advertirlo hasta que aplique potencia nuevamente, momento en que el problema se manifestará.

El engelamiento se produce también en días cálidos y con humedad alta, ya que el aire frío admite menos humedad que el aire cálido. Se verificaron en ensayos de vuelo engelamientos importantes seleccionando potencia de descenso y con temperaturas de aire por encima de los 25°C, incluso con humedad relativa inferior al 30%. En crucero se produjeron engelamientos a 20°C cuando la humedad relativa era del 60% o más.

También puede producirse en aire claro, sin ninguna advertencia visual. Aunque el riesgo de que se produzca puede ser mayor en nubes, es menos probable que sorprenda al piloto.

La figura 2 muestra una amplia gama de condiciones atmosféricas y de régimen de motor en las que es más probable que se produzca el engelamiento del carburador, y en particular muestra que el riesgo es mayor con potencia de descenso o reducida.

En el caso del combustible automotriz, debido a su mayor volatilidad, es muy probable que ocurra un bloqueo de vapor, especialmente después de que el motor funcione a las temperaturas operativas máximas. Por la misma razón, puede ocurrir la formación de hielo en el carburador mucho más rápido que si se utiliza AVGAS WA UL91. El combustible automotriz absorbe más calor durante el proceso de mezcla aire/combustible, lo que puede provocar un enfriamiento más rápido durante la vaporización. El resultado es la acumulación de hielo a temperaturas ambiente más elevadas.



SUCESO DEL LV-GQZ

Para ejemplificar la importancia de evitar los riesgos de la formación de hielo, se expone a continuación el accidente de la aeronave matrícula LV-GQZ, un Cessna 150H, ocurrido el 10 de marzo de 2017 en un vuelo de instrucción. Durante la aproximación, en el tramo de básica hacia final de la pista, se produjo la pérdida de potencia del motor y el instructor realizó un aterrizaje de emergencia en un campo no preparado. En el tramo final de la carrera de aterrizaje la rueda de nariz se hundió en un sector fangoso del terreno, lo que provocó que la aeronave capotara y quedara en posición invertida.

Según los ensayos de laboratorio realizados, la muestra de combustible (100LL) y del lubricante (tipo SAE 50) se encontraban aptos (no presentaban signos de contaminación). En cuanto al motor, se controló el estado de mantenimiento y de conservación, sin detectar indicios de fallos incontinentes, daños mecánicos u otra condición estructural que impidiera su normal funcionamiento. Adicionalmente la toma de aire y el filtro de entrada estaban limpios, y funcionaban de acuerdo con lo establecido. Según las pruebas y ensayos realizados, no se detectaron indicios que permitieran determinar una falla del motor durante la operación.

Se utilizó el gráfico de formación de hielo en el carburador para determinar cuál era la probabilidad que hubiese ocurrido este fenómeno con las condiciones climáticas existentes al momento del suceso. Al introducir los datos correspondientes a humedad (50%) y temperatura (18,4°C), el gráfico indicó una probabilidad seria de congelamiento en el carburador con el motor en potencia de descenso.

Enlace al reporte de investigación del LV-GQZ:
<https://so.jst.gob.ar/informe/?id=1746>



BUENAS PRÁCTICAS

Debido a que el engelamiento depende de varios factores, algunos específicos de cada avión (como la rugosidad superficial de las paredes internas del carburador), es fundamental consultar siempre el Manual de Vuelo del Avión o el Manual de Operación del Piloto y tener en cuenta los procedimientos específicos relativos a combinaciones concretas de aeronave y motor.

El engelamiento se reconoce fundamentalmente en aeronaves equipadas con hélices de paso fijo mediante una ligera caída de las RPM y del rendimiento del avión. En aviones equipados con hélice de velocidad constante, la reducción de RPM solo se producirá tras una gran pérdida de potencia, pero la disminución del rendimiento del motor se mostrará como una caída de la presión de admisión.

En vuelo nivelado se puede observar un descenso en la temperatura de gases de escape (en aquellas aeronaves que cuenten con sistemas de medición e indicación en cabina) antes de un descenso significativo del rendimiento del motor y de la altura del avión.

Para contrarrestar los efectos del engelamiento, se deberá aplicar aire caliente o calefacción del cuerpo del carburador:

- Siempre que haya una caída en las RPM o en la presión de admisión, o cuando se experimente un funcionamiento irregular del motor
- Con suficiente antelación al iniciar el descenso y durante toda la maniobra, ya que durante el descenso o en operaciones con potencia reducida es cuando hay más probabilidades de que se produzca el engelamiento de carburador
- De forma rutinaria para evitar la acumulación de hielo
- Cuando, durante el vuelo, la probabilidad de formación de hielo sea alta

Además, compruebe periódicamente que el sistema de calefacción del carburador está operativo, y verifique el estado de juntas y mangueras, ya que si se encuentran deterioradas pueden permitir que el aire frío se mezcle con el aire caliente y el sistema pierda efectividad.

Durante el rodaje, no es aconsejable el uso de aire caliente debido a que, por lo general, no pasa por el filtro de aire. Sin embargo, el hielo puede formarse con ajustes de potencia bajos y producir una falla durante el despegue, por lo que, si se sospecha que es probable la formación de hielo, use la calefacción. Es importante recordar que el aire caliente no debe usarse durante el despegue a no ser que esté específicamente autorizado en el manual de operación del piloto.

Tenga en cuenta que al aplicar aire caliente al carburador, se necesita un tiempo para que cumpla su función y, durante este proceso, es probable que el motor no funcione correctamente ya que el agua puede ingresar al sistema de admisión del motor mientras el hielo se está derritiendo.

Por último, si el sistema de calefacción del carburador falla durante el vuelo, se deben evitar condiciones que puedan provocar englamamiento del carburador. Se recomienda mantener ajustes altos de potencia, empobrecer ligeramente la mezcla y aterrizar tan pronto como sea posible para evitar problemas adicionales.

