

¿Cómo afecta el hielo el vuelo de un avión?

How the ice affects the flight?

Fechas de recepción: 05 de Noviembre de 2015
Fecha de aprobación: 05 de Diciembre de 2015

Por: Ever Oswaldo Vivas Hernández*

Resumen

El engelamiento es una de las causas más comunes de accidentes en la aviación. Se genera en un ambiente con presencia de partículas de agua subenfriada, las cuales se adhieren y luego se solidifican sobre la superficie de la aeronave; a medida que se van acumulando, modifican drásticamente el perfil aerodinámico de la aeronave, lo que produce graves contingencias en vuelo. El hielo genera diversos tipos de complicaciones para el avión, que van desde la pérdida de la sustentación por la acumulación sobre las superficies aerodinámicas, hasta la obstrucción de sistemas de lectura de información en vuelo, como lo es el tubo pitot, y que genera de igual manera un alto riesgo para la seguridad de la aeronave y su tripulación. Por ello, en este artículo se da a conocer la forma como se desarrolla el engelamiento, los tipos que existen y los efectos que genera y así, con la ayuda de sistemas de protección, identificar plenamente a tiempo la aparición de anomalías para evitar de esta manera que llegue al punto donde un accidente no se pueda evitar.

Palabras clave: engelamiento de aeronaves, agua superenfriada, meteorología de aviación.

Abstract

Icing is one of the most common causes of accidents in aviation. It is generated in an environment with the presence of supercooled water particles, which then adhere and solidify on the aircraft's surface. As they accumulate, they drastically change the aerodynamic profile of the aircraft, causing serious flight contingencies. Ice generates various types of complications for the aircraft, ranging from the loss of support because of the accumulation on the airfoils, to the obstruction of scanning information in flight, like the Pitot tube, which also generates a high security risk for the aircraft and its crew. Therefore, this article describes how the icing develops, its types and the effects it generates. With the help of protection systems, to fully identify the occurrence of abnormalities that diagnose it to avoid the aircraft from reaching the point where an accident can not be avoided.

Keywords: Aircraft icing, subcooled water, aviation meteorology.

* Subteniente Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez". Correo electrónico: 88eovivash@emavirtual.edu.co

Introducción

Los principios del vuelo de un avión son estudiados a profundidad por los pilotos de todo el mundo, quienes se entrenan para entender cómo se desarrolla cada una de las fases y cuál es la ciencia que hace llevar a los aires una máquina de metal y material compuesto tan pesada. Lo que dificulta su trabajo es la gran cantidad de condiciones adversas que enfrenta la aeronave y que pueden afectar el rendimiento normal. Así es como dominar considerablemente la ciencia de volar ratifica lo competente y talentoso que un piloto puede llegar a ser, pues el impulso más grande que aporta el piloto a la aeronave está en la magnitud de su conocimiento.

Es por ello que al momento de presentarse cualquier tipo de eventualidad en vuelo producida por fenómenos meteorológicos, fallas mecánicas propias de la aeronave o incluso errores humanos, es necesario saber identificar su origen y evolución rápidamente, para salvaguardar la vida de muchas personas y el éxito de una misión. Entender una de las muchas situaciones anormales, así como poseer una capacidad de respuesta rápida con la que se logre ejecutar una maniobra adecuada, determinará el desenlace de dicha anomalía.

Así pues, uno de los mayores riesgos que ha demostrado tener la capacidad de cambiar la configuración aerodinámica del avión en pocos segundos, afectar los controles de vuelo y por esta razón conducir incluso a la muerte es el hielo; tan simple como entender que una capa de hielo sobre los planos de la aeronave modifica radicalmente el perfil aerodinámico. Debido a esto, la problemática en la que se centra este artículo es la importancia de identificar y reaccionar a tiempo ante una eventualidad en vuelo, como lo es la acumulación de hielo sobre las superficies aerodinámicas y de control de la aeronave por medio de la identificación del origen y evolución del englamamiento en la estructura de la aeronave.

Desarrollo de la temática

Descripción del problema

La acumulación de hielo sobre la estructura de una aeronave no se debe a simples casualidades; para que esto suceda, el tiempo transcurrido entre la irrupción en el medio circundante y el tiempo de no acción ha de ser el necesario para que las gotas de agua superenfriada que se encuentran en el ambiente choquen y se adhieran una tras otras sobre el borde de la aeronave hasta llegar a cambiar la configuración del plano, modificar el perfil y llevar a la aeronave a perder sustentación, afectar notoriamente la potencia del motor y la performance de la aeronave, que en últimas consecuencias será fatal para la tripulación, ya que para un piloto recuperar un avión en pérdida debido a la modificación aerodinámica del perfil es casi imposible (Adsuar, 2003).

En la figura 1 se observan claramente las principales causas por las cuales se genera este tipo de contingencias en vuelo; gran parte está relacionada con las condiciones meteorológicas de la región, las

bajas temperaturas sumadas a la presencia de agua superenfriada en la atmósfera, volar en trayectos que enfrentan condiciones adversas climáticas y la poca atención prestada por la tripulación para efectuar maniobras de prevención para la acumulación del hielo sobre la aeronave.

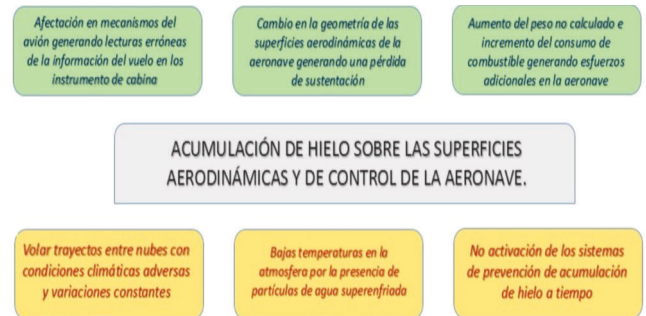


Figura 1. Árbol del problema
Fuente: elaboración propia.

Justificación

Identificar con anticipación el riesgo que posee la atmósfera para conformar hielo sobre la estructura de la aeronave es de vital importancia para ejecutar maniobras que logren prevenir o eliminar el hielo que se pueda haber formado antes de que el perfil aerodinámico haya cambiado a tal punto de perder el control de la aeronave.

A razón de esto, el estudio constante del comportamiento y los efectos del hielo sobre la aerodinámica de vuelo de una aeronave será un tema de profundización para cualquier piloto del mundo, y es por ello que se pretende acá abordar el tema con el fin de ofrecer al piloto una guía práctica para entender las condiciones que afectan la acumulación de hielo en la aeronave, analizando principalmente sus orígenes, de tal forma que se logre prevenir cualquier tipo de incidente relacionado con la pérdida de la sustentación debida al cambio aerodinámico de las superficies del avión.

Conceptos básicos

Para lograr estudiar con claridad el riesgo que posee la atmósfera para conformar hielo sobre la estructura de una aeronave, es necesario iniciar por el estudio de los conceptos que permitan aclarar cada uno de los temas abarcados al respecto. Para ello, se establece una definición básica de englamamiento partiendo del estudio y análisis de interpretaciones propuestas por otros autores; así como el análisis de cada uno de los factores que llevan a la formación de hielo, los tipos de englamamiento que se pueden generar, los efectos que producen en la aeronave y algunos métodos seguros para evitarlo.

Definición

Según Eichenberger (1996), se conoce como englamamiento a la formación de un depósito de hielo sobre un avión o sobre ciertas partes de él, el cual puede generarse en vuelo o en tierra. Para Adsuar (2003), es uno de los principales peligros provenientes de los fenómenos meteorológicos, los cuales producen

efectos acumulativos que afectan la potencia del motor y el performance de la aeronave. Por otro lado, para Retallack (1984), el engelamiento es un evento que se produce debido a la congelación de gotículas de agua subfundida, en virtud del cual el vapor de agua se convierte directamente en cristal, y que tiene lugar dentro de una nube, en una precipitación congelante o en aire claro.

De manera que definimos el engelamiento como un evento producido por ciertas condiciones meteorológicas adversas donde se encuentran partículas de agua subfundida, las cuales se convierten en cristal al contacto con la superficie de una aeronave, ya sea en tierra o en vuelo, y que finalmente afecta el rendimiento general del avión y llega a ocasionar graves accidentes.

Condiciones previas a la formación de hielo

Para que se inicie la formación de hielo sobre la estructura de una aeronave en vuelo, se deben presentar ciertas condiciones meteorológicas en la zona del vuelo y presentarse nubes con agua en subfusión, lluvia helada o llovizna helada. Al citar el fenómeno de agua en subfusión, se refiere a gotas en equilibrio líquido inestable con temperaturas inferiores a los 0°C, aunque se piense que por debajo de dicha temperatura el agua se debe hallar en estado sólido (Adsuar, 2003).

Cuando la aeronave entra en contacto con alguna partícula de agua subfundida, actúa como núcleo de solidificación, aspecto que produce un congelamiento instantáneo sobre la superficie de la aeronave y el cual va creciendo a medida que se adhieren más partículas para luego conformar un depósito final, que por lo general se verá concentrado en el borde de ataque de los planos, el parabrisas, antenas, entradas del motor y hélices.

Entre otras condiciones que llevan a la formación de hielo sobre la aeronave, están las siguientes:

- Tipo de nubes y agua subfundida presente en ellas.
- Tamaño de las gotas de agua subfundida.
- Cantidad de gotas.
- Temperatura.

De acuerdo con una clasificación general de las nubes por su tamaño y aspecto, se puede hacer un análisis previo del riesgo que representa para la aeronave el hecho de atravesarla en pleno vuelo; de esta manera se identifican los cumulonimbos que aparecen en la figura 2 como los más peligrosos debido a las corrientes ascendentes que pueden albergar grandes cantidades de agua, considerándolas así en niveles muy superiores al de congelación. En el caso de las nubes medianas, como lo son los nimbostratos y altoestratos, a pesar de que contienen abundante agua, se pueden evitar con un mayor nivel de vuelo. Mientras que las nubes bajas y la niebla suelen presentar condiciones bajas de engelamiento. Por último, la lluvia helada suele formarse en condiciones inferiores a los 0°C de temperatura (Adsuar, 2003).

Igualmente, el tamaño de las gotas, la cantidad y la temperatura ambiente influyen considerablemente en la formación de hielo, debido a que al momento del impacto la gota no se cristalizará instantáneamente pues libera una cierta cantidad de calor que se enfrenta a la temperatura ambiente, lo que sumado al tamaño de la gota afectará en mayor o menor grado la rapidez de congelación (Retallack, 1984). La cantidad de gotas de agua determinarán el tamaño de la capa de hielo que se pueda conformar, así como su tamaño también influirá en la rapidez de solidificación. Cabe resaltar que a mayor tiempo de solidificación del hielo, esta se formará con mayor resistencia y aumentará así el peligro, debido a la dificultad para eliminarlo una vez haya sido creado.



Figura 2. Cumulonimbos

Fuente: <http://wordlesstech.com/wp-content/uploads/2010/12/cumulonimbus-clouds.jpg>

Tipos de engelamiento

El análisis de los tipos de engelamiento que podemos enfrentar se puede dividir en tres componentes principales del avión donde se puede acumular el hielo: el engelamiento de la célula del avión, de los carburadores y de los motores (turborreactores y turbopropulsores) (Eichenberger, 1996).

De esta manera, encontramos que la célula del avión se ve afectada principalmente por la formación de hielo transparente, blanco, escarcha o algunas variedades adicionales. El hielo transparente por lo general se forma a temperaturas entre los 0 y -4°C al penetrar nubes de tipo cumuliformes con gotas de agua gruesas. Este tipo de hielo resulta muy difícil de desprender, se va formando a partir de los bordes de ataque recorriendo todo el fuselaje y disminuye así progresivamente su espesor, como se puede observar en la figura 3. El perfil se conserva pero el recorrido del viento relativo aumenta, lo cual podría reducir ligeramente una pérdida de sustentación. Si se llegaran a presentar partículas de cristal en estas nubes, la conformación del hielo pasará a ser irregular, lo que llevaría a perder un poco el perfil aerodinámico de la estructura, tomando a su vez una apariencia opaca (Adsuar, 2003).

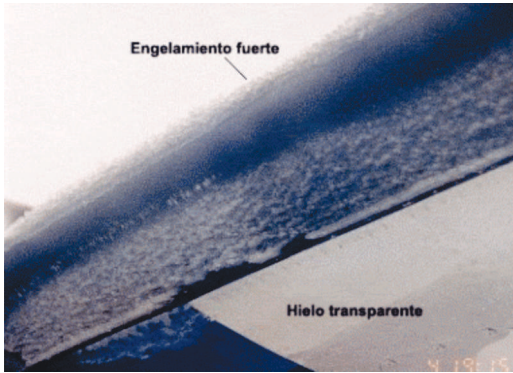


Figura 3. Formación de hielo en el borde de ataque
Fuente: <https://dondeltempopasavolando.wordpress.com/tag/nubes/page/2/>

En cuanto a la formación de hielo blanco, se puede establecer que se origina a partir de finas gotas de agua, con aspecto opaco o blanco lechoso; se acumula principalmente en los bordes de ataque y puede romperse fácilmente debido a su inestabilidad estructural (Eichenberger, 1996).

La escarcha son depósitos de pequeños cristales formados cuando la estructura del avión se encuentra a bajas temperaturas y es expuesto a un aire un poco más cálido. Este tipo de hielo es poco duradero y es frecuente observarlo en aviones que permanecen en tierra luego de una noche fría.

Algunos otros riesgos que puede enfrentar una aeronave con respecto a la formación de hielo en su estructura y que no se consideran precisamente como engelamiento se dan por diversas razones como el contacto de las ruedas del avión con charcos de hielo sobre la pista en medio del rodaje, lo que puede generar que este hielo se rompa y salpique sobre el tren de aterrizaje, el cual podría helarse y entorpecer el correcto funcionamiento del mismo. De igual manera, la acumulación de nieve sobre una aeronave en tierra puede afectar rendijas móviles y orificios del avión, como podría suceder con el tubo pitot, lo que entorpecería algunas tareas vitales en vuelo.

Por lo que se refiere al engelamiento de los carburadores, algo un poco más peligroso ya que se encuentra fuera del alcance visual del piloto y, peor aún, puede generarse aun estando por fuera de las condiciones atmosféricas anteriormente expuestas, es decir, en un cielo despejado e incluso por encima de los 0°C , cabe decir que surge cuando el aire que ingresa al carburador presenta una cantidad considerable de humedad, lo cual puede suscitar a un descenso de temperatura luego de su expansión. Si esto logra una reducción por debajo de los 0°C es muy probable que se forme hielo en las paredes de la toma de aire, hecho que reduce el área y por ende la capacidad de suministro de aire. Lo anterior se verá reflejado en una disminución notoria en la potencia del motor. Para evitar este inconveniente basta identificar con anticipación un descenso de temperatura o baja de la presión de admisión, para lo cual el piloto deberá activar la calefacción del carburador (Eichenberger, 1996).

Por último, acerca del engelamiento en los motores, estos se enfrentan a un riesgo mayor de formación de hielo en las entradas de aire y en el núcleo del compresor; una vez ocasionada la formación de hielo se evidenciará una disminución súbita de potencia y una elevación de temperatura en la turbina. Para evitar esto, muchos motores cuentan con equipos de calefacción basados en aire cálido o corriente eléctrica (Retallack, 1984).

Efectos que producen el engelamiento

Cada uno de los tipos de engelamiento que se pueden conformar sobre la estructura de una aeronave genera una serie de efectos que varían su nivel de riesgo de acuerdo con la intensidad o tipo de hielo que se produzca. De ahí que Adsuar (2003) presente una serie de efectos principales según el tipo de hielo concebido.

La escarcha, al igual que la nieve, puede acumularse en tierra, la cual debe ser eliminada completamente de la aeronave una vez haya sido identificada y antes de dar inicio al vuelo (Comandancia Departamento del Ejército Washington, 1982). También puede formarse durante el ascenso y descenso de la aeronave cuando pasa la temperatura de un nivel inferior a 0°C a otro más cálido; el hielo blanco, opaco o granular se forma por la solidificación rápida de gotas de agua subfundida que no alcanzan a permitir la fusión con otras gotas, lo que permite que sea fácil de eliminar; el hielo claro o transparente, caracterizado por su peso y su adherencia a la superficie de la aeronave, resulta difícil de eliminar; es el más peligroso que enfrenta la aviación.

De esta manera, los efectos principales que produce el hielo sobre la aeronave son identificados a continuación (Comandancia Departamento del Ejército Washington, 1982):

- Deformación del perfil alar, que producen pérdida de sustentación.
- Aumento de la resistencia al avance.
- Incremento del peso en la aeronave.
- Obliga a incrementar la potencia de los motores.
- Incapacidad en algunos casos de mantener la altitud.
- Disminución del rendimiento en las hélices.
- Generación de desequilibrios y vibraciones.
- Impide que algunos instrumentos de cabina reciban información correcta.
- Bloqueos de mando.
- Disminución de la visibilidad.

Sistemas de protección

En la actualidad hay diversas formas de evitar el engelamiento en las aeronaves, y van desde una prevención meteorológica hasta algunos medios técnicos que ayuden adicionalmente a combatirlo una vez se haya iniciado su acumulación sobre la estructura de la aeronave.

En cuanto a la protección meteorológica, las precauciones más elementales que se deben tener en cuenta son la localización de las zonas de engelamiento

Revisión de literatura

basado en los sondeos de la atmósfera y el estudio del tiempo, lo que nos permite identificar la isoterma cero grados, a partir de la cual volar es peligroso hasta los -8°C y cada vez menos peligroso hasta los -14°C y por debajo de esta temperatura poco peligroso; salvo en algunos casos especiales como con la presencia de cumulonimbos. Con la plena identificación de ello, se debe generar la utilización adecuada de una táctica de vuelo conveniente (Eichenberger, 1996).

Así pues, predecir el posible engelamiento de la aeronave genera cierta incertidumbre al no conocer con certeza las dimensiones y la densidad de gotas que pueden estar presentes en el interior de una nube. A pesar de ello, es posible identificar las zonas de mayor riesgo de engelamiento para de esta forma huir mediante un vuelo a distinto nivel. En el caso de fuerza mayor que se deba atravesar una nube con riesgo de engelamiento deberá hacerse tan rápido como sea posible (Eichenberger, 1996).

Por otra parte, los medios técnicos que existen para combatir el engelamiento se clasifican en procedimientos mecánicos, térmicos y químicos (Retallack, 1984). De manera que los procedimientos mecánicos consisten en un revestimiento neumático que accionado por el piloto en el momento adecuado se infla y consigue quebrar una capa de hielo ya formada sobre la superficie de la aeronave; su desventaja radica en la modificación que somete al perfil. En cuanto a los procedimientos térmicos, los más usados en aviones modernos, estos producen un calentamiento en las zonas de mayor riesgo de formación de hielo en la aeronave, y de esta manera permiten evitar la acumulación de este. Por otro lado, los procedimientos químicos se usan para descongelar hélices y cristales de cabina; se basan en las propiedades que presentan ciertas sustancias para bajar el punto de congelación del agua, y evitan de igual manera la formación de hielo y la disolución del mismo una vez formado sobre la estructura del avión (Eichenberger, 1996; Retallack, 1984;). Como se observa en la figura 4, las aeronaves son sometidas a una limpieza general con químicos para deshacer el hielo presente en su estructura antes de salir a vuelo, siempre que ha estado expuesta a condiciones climáticas adversas en tierra.

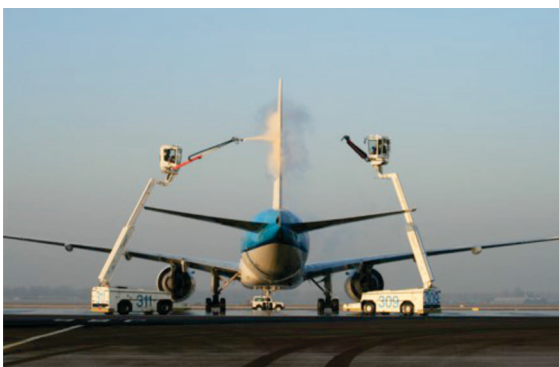


Figura 4. Deshielo de un avión en tierra

Fuente: <http://www.flap152.com/2013/11/engelamiento.html>

Para el desarrollo de este artículo y como soporte teórico de los temas planteados se realizó una búsqueda de escritos destacados en algunas bases de datos como Science Direct, ProQuest y Google Scholar, de donde se seleccionaron los publicados durante la última década y se escogieron según la pertinencia de sus objetivos, metodologías y resultados presentados. A continuación se muestran los resultados de la búsqueda de dicho conocimiento.

En el artículo publicado por Viñas (2011) titulado "El engelamiento", se recopilaron las razones por las que se puede generar engelamiento sobre la superficie de la aeronave. En dicho artículo se buscó identificar claramente cuáles son los factores que pueden generar la acumulación de hielo sobre la superficie de una aeronave y por ende una condición de vuelo crítica, lo cual mostró como resultado la identificación de las principales contingencias que un piloto debe afrontar, tratando a toda costa de eludir los peligros que genera el engelamiento de una aeronave.

En el artículo publicado por Cao *et al.* (2015), titulado "Aircraft flight characteristics in icing conditions", se hizo la recopilación de una visión general acerca de estudios relacionados con la dinámica de vuelo en aeronaves con acumulación de hielo crítica. Se identificaron las condiciones de vuelo y el comportamiento aerodinámico general de las aeronaves expuestas a acumulación de hielo en sus superficies aerodinámicas. Lo anterior demostró que en las últimas décadas se han buscado mecanismos en vuelo en aeronaves con acumulación de hielo que han atraído la atención alrededor del mundo, y que han producido algunos resultados positivos, aunque se carece de métodos de protección efectivos contra el hielo y sus efectos.

En el boletín AME N° 27 de la Agencia Estatal de Meteorología publicado por Fernández (2010), titulado "Hielo en las alas", se recopilaron testimonios y episodios concretos en los que el hielo es el actor principal, así como también el análisis de las condiciones meteorológicas que se presentan a lo largo del año en el aeropuerto de Bilbao y que generan algún tipo de contingencias debido a la congelación en las aeronaves que operan allí. Esto se hizo con el fin de identificar los principales riesgos de engelamiento que puede enfrentar un piloto en las áreas cercanas al aeropuerto de Bilbao y las razones por las cuales se presentan. Esto demostró que las condiciones orográficas influyen en la necesidad de mantener altitudes de vuelo superiores, lo que aumenta la posibilidad de engelamiento de la aeronave según las condiciones de temperatura reinantes.

En el aviso de seguridad publicado por Buck (2002), titulado "Aircraft Icing", se dio a conocer ampliamente la estructura del hielo, las condiciones de vuelo con la presencia de este y la configuración que deben poseer las aeronaves para evitar un incidente. El contenido de este aviso se realizó mediante el análisis de estadísticas de los accidentes debidos a la acumulación de hielo, el análisis de la actuación del hielo en un avión y cómo

cambia la presencia de este la dinámica del vuelo de la aeronave. Con esto se lograron identificar los riesgos que presenta el engelamiento de la aeronave y las razones por las cuales se da, así como también ciertas formas de prevenir el engelamiento y algunas estrategias para volar con dicho riesgo.

El artículo publicado por Grzych (2010), titulado "Avoiding convective weather linked to ice-crystal icing engine events", recopiló un análisis de las condiciones meteorológicas en las cuales se han producido eventos de congelamiento de motor y de las condiciones típicas por las cuales se ha presentado este tipo de eventualidades. Esto se realizó con el fin de comprender las condiciones meteorológicas relacionadas con la formación de cristales de hielo para evitar los daños potenciales o incluso la pérdida de motor en vuelo; lo que demostró la necesidad por parte de los pilotos de un estudio detallado de los radares de apoyo meteorológico con los que cuenta la aeronave para poder reducir situaciones de riesgo innecesarias al identificar oportunamente áreas cercanas con alto contenido de hielo en la atmósfera.

El artículo publicado por Mason (2007), titulado "Engine power loss in ice crystal conditions", identifica claramente los principales riesgos que enfrenta un motor cuando la aeronave atraviesa zonas con condiciones meteorológicas adversas debido a la presencia de partículas de agua subenfriada. Mediante un análisis del comportamiento de los motores y los problemas que han sido reportados luego de presentar condiciones críticas por presencia de hielo en la atmósfera, se han logrado referir los principales tipos de pérdida de potencia, que son la pérdida total del empuje del motor, el apagado de llama en vuelo y el daño estructural debido a golpes internos en el motor; para esto se exponen ciertas recomendaciones para reconocer y actuar ante circunstancia crucial.

En la noticia de seguridad publicada por Borja (2012), titulada "El radar meteorológico: utilización y mejoras", se confronta la poca familiarización por parte de los pilotos con los sistemas de radares meteorológicos que se llevan a bordo de una aeronave. Esto se publicó con el fin de determinar la correcta utilización del radar meteorológico en las aeronaves para prevenir accidentes, mediante un estudio realizado a pilotos de diversas compañías aéreas, en el cual se logró detectar las principales falencias por la falta de conocimiento acerca del funcionamiento y correcta lectura del radar. De igual manera, se logró exponer las principales características y ayudas que ofrece un radar, así como las formas más efectivas para evaluar tormentas y sacar el mejor provecho de esta tecnología.

Discusión

El hielo es una amenaza latente para el desarrollo normal del vuelo de una aeronave. Se conoce como engelamiento al problema que afecta una aeronave debido a la presencia de agua subenfriada en la atmósfera y que ha traído graves consecuencias lamentables para la aviación, hecho que produce accidentes fatales como el ocurrido en 2010, cuando el

vuelo 833 de Aero Caribbean luego de atravesar una región con condiciones meteorológicas adversas ingresó en una condición de engelamiento severa, es decir, alta concentración de hielo en su superficie y se precipitó a tierra desde una altitud de 20 mil pies, tras lo cual dejó un saldo de 68 personas fallecidas. Son muchos los accidentes que se han presentado por causa del hielo, y que en su mayoría han sido desenlaces trágicos para la aviación.

Por ello, es necesario reconocer los alcances de afectación que el hielo puede llegar a tener sobre una aeronave. El hielo no solo afecta una aeronave en vuelo, ya que en tierra la estructura del avión también estará expuesta a la crueldad de las condiciones climáticas. En tierra las principales complicaciones que se generan van desde la afectación en la movilidad de las superficies aerodinámicas, la obstrucción o taponamiento de ductos u orificios que permiten el funcionamiento de otros sistemas hasta la modificación del perfil aerodinámico de la aeronave. Por ello es bien importante, antes de salir a vuelo, cerciorarse de que la piel en su totalidad y los sistemas externos se encuentren libres de hielo, ya que durante la fase de despegue se pueden presentar inconvenientes determinantes para un accidente fatal.

Durante la fase de vuelo, por medio de diversas ayudas se puede evitar el ingreso a una zona con peligro de engelamiento gracias a los radares meteorológicos con los que cuenta la mayoría de las aeronaves, los cuales permiten predecir ciertas condiciones climáticas adversas por medio de la identificación de tormentas en la ruta seleccionada. Además, muchas aeronaves cuentan con sistemas *anti-ice* o *de-ice* que pretenden evitar la formación del hielo mediante la calefacción de su estructura, lo que impide que el agua debido a sus bajas temperaturas se condense sobre la superficie; y además, una vez formado el hielo, desprenderlo de la estructura por medio de unas botas neumáticas que se inflan para modificar el perfil rompiendo la capa de hielo formada, así se evita que afecte la sustentación de la aeronave.

Para eludir una situación riesgosa, es prudente no volar en zonas donde la presencia de nubes de tipo cumulonimbos y tormentas se vislumbran con facilidad o por medio de los radares. Por otro lado, una vez se identifique el inicio de engelamiento sobre la aeronave, es necesario recurrir inmediatamente a los sistemas *de-ice* con los que cuenta la aeronave, cambiar la altitud o nivel de vuelo o variar la velocidad según el tipo de tormenta que atraviese. Con respecto a la velocidad se pueden presentar dos casos: el primero en el que la aeronave permanece por un período prolongado a baja velocidad en medio del clima adverso, y permite así que se forma hielo transparente en cantidad; por el contrario, una mayor velocidad en presencia de una gran cantidad de partículas de agua subenfriada puede acelerar la formación de hielo opaco sobre la estructura.

Una de las principales acciones para tener en cuenta es cambiar el nivel de vuelo para variar la temperatura y

alejarse de la zona con presencia de hielo. En la mayoría de los casos es necesario bajar la altitud para que la temperatura aumente; aunque se han presentado casos en los que no mejora la situación, puesto que las temperaturas de mayor riesgo oscilan entre los 0 y -12°C. A partir de ahí y hasta los -40°C las probabilidades de engelamiento se van reduciendo progresivamente hasta que son casi nulas debido a que las partículas se encuentran en estado sólido y al chocar con la aeronave no logran adherirse a ella.

La Fuerza Aérea Colombiana también ha sido víctima del engelamiento en sus aeronaves, el último y reciente accidente trágico que cobró la vida de 11 militares a bordo de una aeronave CN 235 de inteligencia el pasado 31 de julio de 2015 sucedió sobre el municipio de Codazzi, Cesar. Los resultados arrojados en la investigación determinaron un problema de engelamiento severo sobre los planos, que al ser plenamente identificado los pilotos encendieron el sistema de calefacción *anti-ice*, pero debido a un sobrecalentamiento se tuvo que apagar nuevamente. Posterior a ello, al bajar el nivel de vuelo la aeronave entra en pérdida y se desprenden sus planos, lo que produce un accidente fatal (Semana, 24 de agosto de 2015. De esta manera se demuestra que luego de que del hielo varíe el perfil aerodinámico de una aeronave y logre generar una pérdida es casi imposible incluso para la pericia de un piloto experimentado recuperarse de esta contingencia.

Comentarios

En conclusión, las aeronaves que deben atravesar zonas que presentan condiciones meteorológicas adversas deben estar equipadas con un sistema *anti-ice* o *de-ice* que permitan aumentar la confiabilidad del vuelo en la tripulación; así mismo, la inspección que se realiza a la aeronave antes de salir a vuelo debe incluir el análisis de hielo sobre su estructura.

Para prevenir el engelamiento es indispensable evitar volar sobre zonas con presencia de cumulonimbos y tormentas donde la temperatura del ambiente esté por debajo de 0°C y donde se tenga la sospecha de presencia de partículas de agua subenfriada. Un vez iniciada la formación de hielo sobre la aeronave es necesario atacar el problema con los sistemas de protección *de-ice* con los que cuenta la aeronave para prevenir que el problema no pueda controlarse, así como tomar otras medidas como cambiar el nivel de vuelo de la aeronave para buscar una temperatura que favorezca el descongelamiento de la aeronave.

Referencias

- ▶ Adsuar, J. C. (2003). *Meteorología, Conocimientos teóricos para la licencia de un piloto privado* (2da. edición). Thomson Editores.
- ▶ Borja, C. (2012). El radar meteorológico: utilización y mejoras. *Revista Aviador*. Tercer trimestre 2012. pp. 24-27.
- ▶ Buck, R. (2002). Aircraft icing. *Safety Advisory*, (1), 1-16.

- ▶ Cao, Y., Wu, Z., Su, Y. y Xu, Z. (2015). Aircraft flight characteristics in icing conditions. *Progress in Aerospace Sciences*, 74, 62-80.
- ▶ Comandancia Departamento del Ejército Washington (1982). *Meteorología para Aviadores Militares. Manual de Operaciones N° FM 1-230.*, DC. pp. 14.1- 14.19. *Ese es el formato de las páginas 14-1 a 14-19*
- ▶ Eichenberger, W. (1996). *Meteorología para aviadores. Curso para piloto, navegantes y técnicos de explotación* (5ta. Edición). Madrid. Thomson-Paraninfo.
- ▶ Fernández, C. (2010). Hielo en las alas. *Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Bilbao. Boletín*, (10), 34-37.
- ▶ Matthew L., G. (2010). Avoiding convective weather linked to ice-crystal icing engine events. *Aero Magazine-Boeing*, Primer Trimestre 2010. pp. 23-28. *(Es una revista de publicación trimestral)*
- ▶ Mason, J. (2007). Engine power loss in ice crystal conditions. *Aero Magazine-Boeing*, Cuarto Trimestre 2007. pp. 12-17. *(Es una revista de publicación trimestral)*
- ▶ Retallack, B. J. (1984). *Compendio de Meteorología. Vol. II Parte 2. Meteorología Aeronáutica*. Organización Meteorológica Mundial [OMM].
- ▶ Semana (24 de agosto de 2015). Revelan causa del accidente de avión Fuerza Aérea. Recuperado el 8 de septiembre de 2015]. de <http://www.semana.com/nacion/articulo/revelan-causa-del-accidente-de-avion-de-la-fuerza-aerea/439799-3>
- ▶ Viñas, J. (2011). El engelamiento. *Revista Avión & Piloto*, (18), 32-35.