

# Capítulo 11.

## Peligros meteorológicos – baja visibilidad

---

11.1 Visibilidad

11.2 Fenómenos que afectan la visibilidad

11.3 Factores externos que afectan la visibilidad

11.4 Problemas para la aviación

11.5 Caso de estudio

En el estudio de Moreno y Gil (2003), los accidentes aéreos por baja visibilidad representan un 15 % del total, pero con la particularidad de que, a partir de la década de los 80, se ha presentado un fuerte descenso de casos. Esta situación difiere mucho de lo que se presenta en la FAC, en donde este peligro representa el mayor índice de accidentalidad, con un 31 % del total de casos evaluados por fenómenos meteorológicos como factor contribuyente. Casi la totalidad de estos accidentes ocurren en el aterrizaje, en donde la tripulación ha decidido deliberadamente asumir el riesgo de operar por debajo de los mínimos meteorológicos operacionales.

Las operaciones aéreas se realizan siguiendo reglas de vuelo visual (VFR) o reglas de vuelo instrumentos (IFR), dependiendo principalmente del espacio aéreo que se sobrevuele, de los equipos que posee la aeronave, de los equipos instalados en el aeródromo, de las habilidades de la tripulación y, por supuesto, de las condiciones meteorológicas. Se vuela bajo reglas de vuelo VFR cuando la tripulación es responsable de mantener su propia separación con otras aeronaves y con el terreno, para lo cual se requieren condiciones meteorológicas visuales (VMC), de otra manera, si las condiciones meteorológicas están deterioradas, se presentan entonces condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC) y se debe volar siguiendo las reglas de vuelo IFR. Si las condiciones meteorológicas son VMC, el piloto puede decidir si efectúa su vuelo ajustándose a las reglas de vuelo VFR o IFR, dependiendo también de las restricciones que le imponga el control de tránsito aéreo.

En general, una aeronave volando en condiciones VMC debe mantener una distancia a las nubes de 1 500 m en la horizontal y 1 000 ft en la vertical; y si se encuentra por debajo de 10 000 ft AMSL (Above mean sea level) debe tener una visibilidad mayor a 5 km (UAEAC, 2014).

En una aproximación, los ATS autorizan a la tripulación el cambio de reglas IFR a VFR siempre que el piloto pueda mantener referencia visual con el terreno, a condición de que las condiciones meteorológicas sean tales que razonablemente pueda asegurarse que se completará la aproximación visual y el aterrizaje (UAEAC, 2005). Los pilotos que vuelan en IFR deben en algún punto tener contacto visual con el terreno (ver la pista) y, a partir de ese punto, cambiar de IFR a VFR.

Adicionalmente, se dice que un aeródromo se encuentra por debajo de los mínimos meteorológicos cuando las condiciones meteorológicas no le permite a los ATS garantizar una operación segura, situación que también depende del tipo de aeródromo y de aeronave. Teniendo en cuenta que de acuerdo con UAEAC (2014) se contemplan excepciones, en Colombia no se permite la operación de aeronaves de ala fija si la visibilidad horizontal es menor a 5 000 m o si la visibilidad vertical es menor a 1 500 ft. Sin embargo, para helicópteros, estos mínimos son más flexibles con 1 500 m de visibilidad horizontal y 300 ft de visibilidad vertical.

Como puede notarse, la visibilidad horizontal y vertical es de gran importancia en el mundo aeronáutico, y esta puede verse fácilmente disminuida a causa de la neblina, niebla, calima, humo y precipitación, entre otros fenómenos atmosféricos. El efecto de otros factores secundarios como la ubicación espacial del aeródromo, el tipo y uso de



suelo, la cercanía a cuerpos de agua y la dirección e intensidad del viento, pueden influir notablemente en el aumento o disminución de la visibilidad en un aeródromo.

# 11.1 Visibilidad

Se define como la mayor distancia en una dirección dada a la cual es posible ver e identificar a simple vista un objeto oscuro prominente contra el cielo en el horizonte durante el día, y una fuente conocida de luz moderadamente intensa, preferiblemente desenfocada durante la noche (American Meteorological Society, s.f.d).

La visibilidad depende casi en su totalidad de la cantidad de agua presente en la atmósfera, la cual puede encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso. El aire siempre contiene vapor de agua en menor (aire seco) o mayor cantidad (aire húmedo) determinando de esta manera el grado de humedad. Si el vapor de agua no estuviera presente en la atmósfera, no sería posible la formación de la neblina, niebla, calima, nubes y tormentas.

## 11.1.1 Visibilidad vertical

La visibilidad vertical está directamente relacionada con las nubes presentes en la atmósfera, la cantidad se infiere en octas y la altura en metros o pies, medida desde la base de la nube hasta superficie (figura 72).

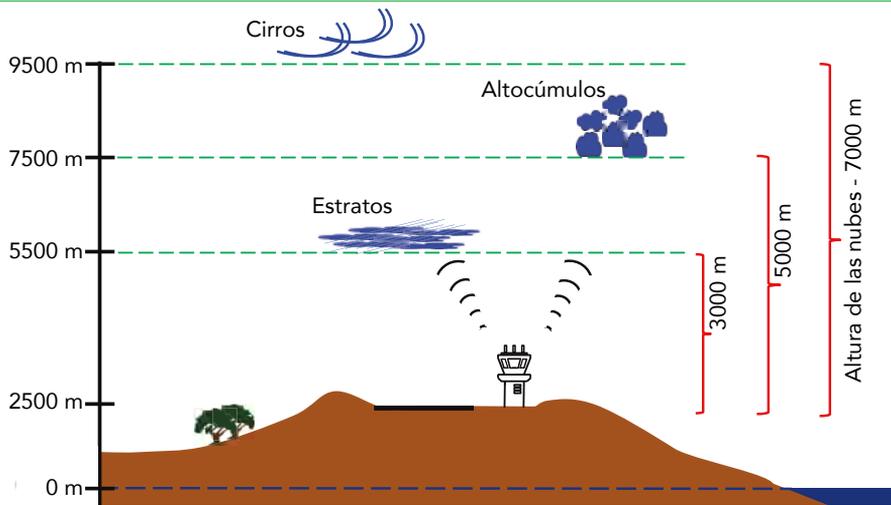


Figura 72. Visibilidad vertical estimada.

Fuente: elaboración propia.

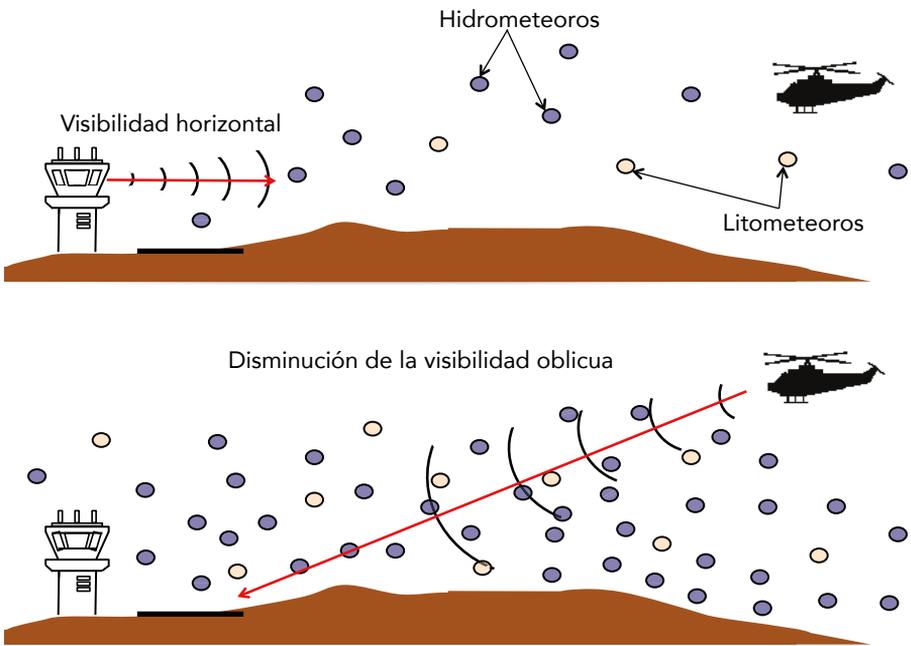
## 11.1.2 Visibilidad horizontal

La visibilidad horizontal se mide en metros y se ve disminuida por la cantidad de hidrometeoros y litometeoros presentes en la atmósfera (figura 73). Durante la noche se



dificulta estimar la visibilidad, porque depende de la cantidad de luz que emite el objeto observado. Los pilotos intentando aterrizar pueden verse enfrentados a la baja visibilidad oblicua o inclinada, definida por la American Meteorological Society (s.f.e) como la mayor distancia a la que se puede percibir un objetivo específico cuando se ve a lo largo de una línea de visión inclinada a la horizontal.

150



**Figura 73.** Visibilidad horizontal y oblicua disminuida por la presencia de hidrometeoros y litometeoros.  
**Fuente:** elaboración propia.

## 11.2 Fenómenos que afectan la visibilidad

Los fenómenos meteorológicos que afectan la visibilidad están resumidos en la tabla 12 del capítulo 7. A continuación se describirán algunos de ellos.

### 11.2.1 Niebla

La niebla es el resultado de la condensación del vapor de agua, presente en la atmósfera en forma de diminutas gotas en suspensión, capaz de reducir la visibilidad de un observador a un objeto ubicado a menos de 1 km de distancia. Está compuesta por diminutas gotas dispersas en el aire, las cuales actúan como interferencia entre el observador y el objeto dificultando la visibilidad. En Colombia, la niebla se forma por enfriamiento y



sucede cuando al disminuir la temperatura del aire este pierde la capacidad de contener humedad y se satura. Este tipo de niebla puede ser dividido a su vez en:

**Niebla de radiación.** Durante la noche el aire en contacto con el suelo se enfría alcanzando con mayor facilidad el punto de saturación y posterior condensación. Este fenómeno se intensifica con días despejados donde la temperatura en superficie puede llegar a ser más baja que lo habitual.

**Niebla de advección.** Se forma cuando una masa de aire húmedo se desplaza sobre una superficie fría, es más común en el mar donde la humedad es alta y, si el viento es menor a 15 kt, no se disipa con facilidad (eventualmente podría presentarse en Colombia).

**Niebla orográfica o de ladera.** Cuando el flujo de aire húmedo es forzado a un ascenso por orografía, este se enfría por expansión adiabática y se condensa, formando la niebla al barlovento de la montaña.

**Niebla de valle.** Como resultado de una inversión térmica, el aire frío queda atrapado en los valles, donde se condensa y genera la niebla.

**Niebla de precipitación.** Las gotas de lluvia que se evaporan antes de llegar al suelo se transforman en vapor de agua que, al enfriarse y alcanzar la temperatura de punto de rocío, dará lugar a la niebla.

## 11.2.2 Neblina

Se diferencia de la niebla por ser menos densa, tiene más dispersas las partículas de agua y permite con mayor facilidad el paso de la luz. Normalmente la neblina le permite a un observador visibilidad mayor a 1 km de distancia, pero inferior a los 5 km. Aunque históricamente se ha utilizado erróneamente el término *bruma* para referirse a la disminución de la visibilidad cuando se mezcla un hidrometeoro y un litometeoro, de acuerdo con el International Meteorological Vocabulary WMO N°. 182 (s.f.), los términos *neblina* y *bruma* son prácticamente equivalentes, así que no debe hacerse ningún tipo de distinción entre estos fenómenos meteorológicos.

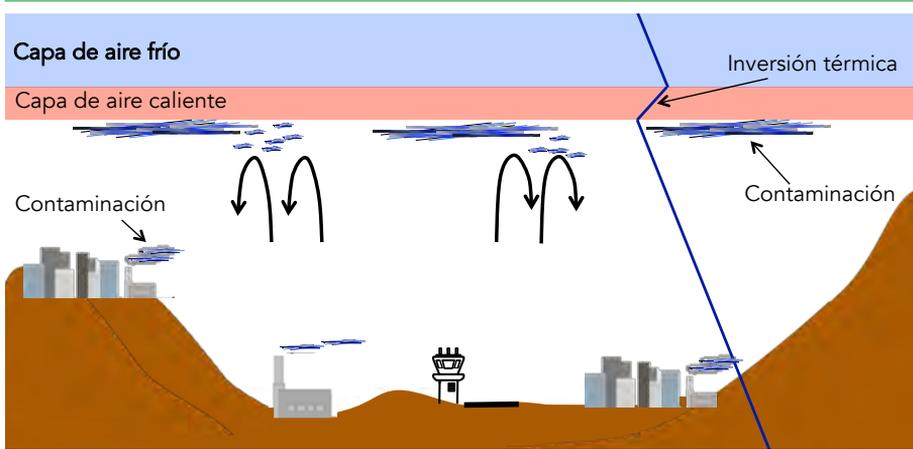
## 11.2.3 Calima

La calima también es conocida en muchas partes del mundo como *calina* y se considera una mezcla de agua con microscópicas partículas sólidas, por lo tanto, este fenómeno meteorológico combina hidrometeoros con litometeoros. Se distingue por su color opaco que hace que las montañas luzcan azuladas, permitiéndole al observador una visibilidad menor a 5 km.

## 11.2.4 Humo

Es clasificado como un litometeoro y está compuesto por diminutas partículas sólidas provenientes de incendios o de la combustión de motores diésel y gasolina. Normalmente ascienden y se dispersan, pero si se presenta una inversión térmica, suelen mantenerse suspendidos en el aire. Cuando el humo se mezcla con niebla es conocido como *smog* (*smoke + fog*) o *niebla contaminante*, fenómeno que se presenta principalmente en las grandes ciudades (figura 74).





**Figura 74.** Baja visibilidad por inversión térmica y contaminantes.  
**Fuente:** elaboración propia.

### 11.2.5 Precipitación

Las nubes están formadas por vapor de agua y agua en estado sólido y líquido, que al aumentar de peso precipita hacia la superficie terrestre.

En general, la tabla 17 resume los criterios para clasificar los fenómenos meteorológicos más reportados en los informes aeronáuticos y que disminuyen la visibilidad.

**Tabla 17.** Criterios de clasificación para meteoros que afectan la visibilidad.

Meteoro	Visibilidad	Humedad	Aerosol
Lluvia	< 1 km	100 %	Agua
Llovizna	> 1 km	100 %	Agua
Niebla	< 1 km	90 – 100 %	Agua
Neblina	>1 km y < 5 km	80 – 90 %	Agua
Calima	< 5 km	> 80 %	Agua y Partículas
Humo	< 5 km	< 80 %	Partículas sólidas

**Fuente:** Modificado de WMO (2011).

## 11.3 Factores externos que afectan la visibilidad

El efecto de otros factores secundarios como la ubicación espacial del aeródromo, el tipo y uso de suelo, la cercanía a cuerpos de agua y la dirección e intensidad del viento, pueden influir notablemente en el aumento o disminución de la visibilidad en un aeródromo.



### 11.3.1 El viento

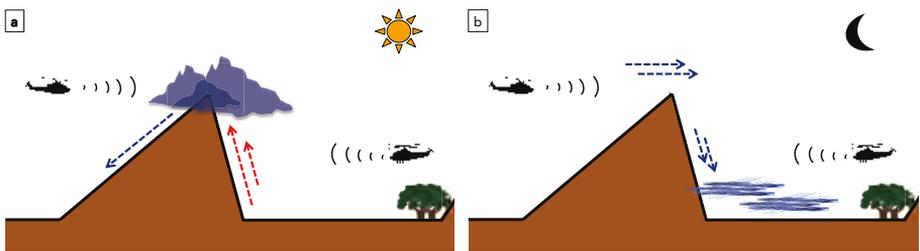
El viento, influenciado por las diferencias de temperatura y las imperfecciones del terreno, interviene notablemente en el mantenimiento, fortalecimiento y disipación de la niebla; así mismo, tanto la dirección como la intensidad del viento intervienen en la formación de niebla. Por lo tanto, el viento es un factor meteorológico que secundariamente contribuye en el aumento o disminución de la visibilidad.

153

De día, el flujo del aire es suficientemente fuerte como para ascender por la ladera y sobrepasar el lado opuesto de una barrera montañosa descendiendo por el sotavento e intensificando la formación de estratos y niebla en la cima de la montaña (figura 75a).

De noche, la atmósfera está más estable, la circulación valle - montaña predomina y el flujo se invierte hacia el valle quedando bloqueado en la parte más baja, incrementando así la presencia de la niebla en el valle (figura 75b).

En Colombia, a medida que la temperatura diaria disminuye, también disminuye el viento pero aumenta la humedad; estas condiciones favorecen la baja visibilidad, sobre todo si el sector se encuentra influenciado por zonas montañosas. A medida que el viento en superficie se incrementa, y dependiendo del tipo de hidrometeoro, se favorecen las condiciones de visibilidad.



**Figura 75.** Baja visibilidad por flujo del viento y disminución diaria de la temperatura.  
Fuente: elaboración propia.

### 11.3.2 Cercanía a cuerpos de agua

Los cuerpos de agua como grandes lagos, mares y océanos proporcionan abundante humedad, contribuyendo a la formación de niebla y estratos sobre el agua o en las costas, según se esté presentando brisa marina o brisa de tierra (consultar capítulo 4 referente al viento).

El proceso de formación de nubes se ve fortalecido en estas zonas debido a la abundancia de núcleos de condensación, como sal en el caso del mar y partículas contaminantes en las ciudades.

### 11.3.3 Características de la superficie

El suelo húmedo y frío, el tipo y textura de la superficie cercana al aeródromo, la ubicación de árboles y edificios que modifiquen el terreno y, por lo tanto, el régimen de vientos, contribuyen al fortalecimiento e intensificación de la niebla.



Las diferencias de temperatura entre la pista, la rampa y sus alrededores está dada de día por el albedo de cada superficie y de noche, por su capacidad calorífica; consecuentemente, la niebla normalmente se formará primero en las inmediaciones del aeródromo donde el albedo es más bajo, cubriéndolo paulatinamente (figura 76).

154

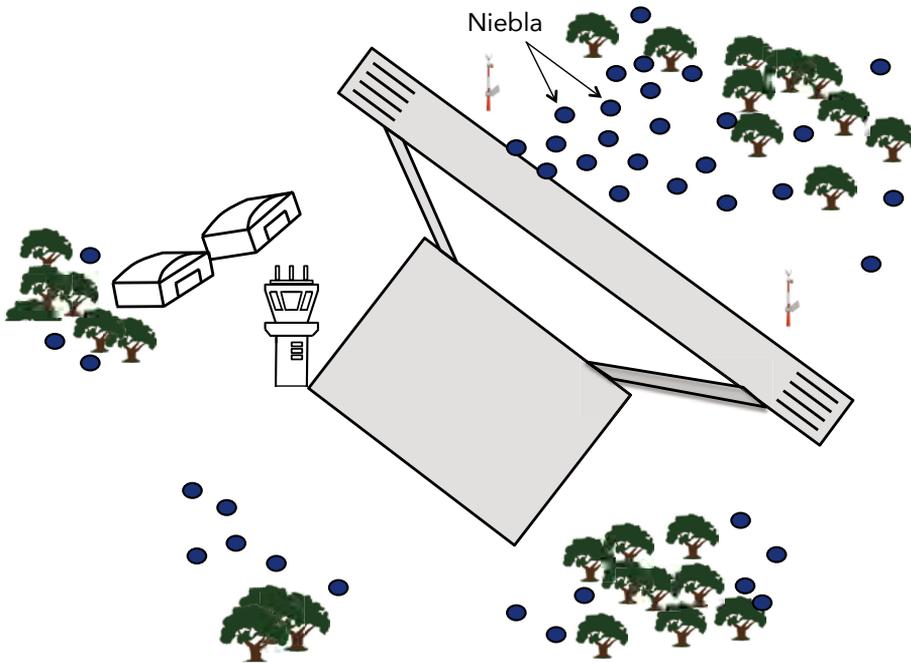


Figura 76. Niebla por humedad y tipo de superficie.  
Fuente: elaboración propia.

## 11.4 Problemas para la aviación

La baja visibilidad afecta las operaciones aéreas en la fase de aproximación y despegue al verse las aeronaves obligadas a realizar maniobras muy cerca al terreno. Esta decisión de aterrizar puede darse por factores como escasez de combustible por mala planeación, presión por cumplir la misión, cansancio, afán por llegar al destino, demostrar un falso sentido de valor, exceso de confianza, etc.

Tener problemas de baja visibilidad en los aeródromos colombianos no es una situación compleja. Al contrario, las condiciones de humedad y posición geográfica facilitan la formación de diferentes fenómenos reductores de visibilidad, razón por la cual se han realizado diferentes investigaciones en esta materia.



Para el caso de CACOM-5 en Rionegro (Antioquia), Aguilar A. & G. León (2004) realizaron una aproximación a un modelo de pronóstico de niebla de radiación, donde determinaron que el modelo era capaz de predecir el fenómeno con un porcentaje de acierto de 76 % si se hacía con tres horas de antelación y del 53 % si se hacía con seis horas de antelación. El estudio realizado entre el 2001 y 2002 también clasifica la hora de inicio de la niebla de acuerdo a la tabla 18.

**Tabla 18.** Hora inicio niebla en el aeródromo de Rionegro.

Meses	Hora inicio
Enero	5:00
Abril, junio, julio, agosto, octubre, noviembre, diciembre	6:00
Marzo, mayo, septiembre	7:00
Febrero	8:00

**Fuente:** Tomado de Aguilar A. & G. León. 2004.

Según Aguilar A. & G. León (2004), las condiciones más representativas para la formación de la niebla de radiación en el aeropuerto José María Córdova son: viento en calma, ausencia de nubosidad significativa, intensa radiación solar durante el día y alto contenido de humedad relativa en la atmósfera.

Para el caso de CACOM-1 en Puerto Salgar (Cundinamarca), Jiménez G. & J. Zea (2005) determinaron que, en el periodo de 1996 a 2002, la reducción de visibilidad fue causada en un 48,79 % por calima, 21,51 % por llovizna y 13,72 % por lluvia.

El estudio concluyó, además, que la calima se presentaba en el primer trimestre del año de 07:00 a 10:00 cuando el viento estaba en calma y la temperatura del aire en superficie era baja y se contaba con humedad relativa entre el 75 % y 95 %.

Por otra parte, la cartilla de prevención de accidentes CFIT<sup>29</sup> (*Controlled Flight Into Terrain*) y ALA<sup>30</sup> (*Approach and Landing Accident*) de la FAC han analizado varios casos, y han encontrado que algunas tripulaciones deciden asumir el riesgo, vuelan por debajo de los mínimos meteorológicos visuales, continúan el vuelo a pesar de las condiciones meteorológicas adversas y violan los mínimos meteorológicos en aeródromos de operación VFR.

Uno de los aeródromos más complejos, donde la baja visibilidad afecta las operaciones aéreas, es en el CACOM-6, la Base Aérea de Tres Esquinas (Caquetá). Allí, el 04 de diciembre de 2000, un C-212 cruzó la estación con el fin de establecer básico izquierdo para la pista 24 y las condiciones meteorológicas eran desfavorables. Durante el básico el avión entró en IMC y perdió referencia visual, la tripulación trató de ubicar la cabecera sin resultado, lo que ocasionó un CFIT a 2,5 NM de la Unidad.

La figura 77 muestra un ejemplo de un accidente aéreo donde, para ahorrar tiempo y combustible, la tripulación pasa de IFR a VFR sin percatarse que están operando por debajo de los mínimos meteorológicos visuales.

29 CFIT es el término utilizado en investigación de accidentes para decir que la aeronave funcionaba perfectamente y que fue conducida por la tripulación de una forma inadvertida contra un obstáculo.

30 ALA es el accidente que ocurre entre el marcador exterior y el aterrizaje, incluye el CFIT, pérdida de control, aterrizaje largo, salida de pista y aproximaciones desestabilizadas.



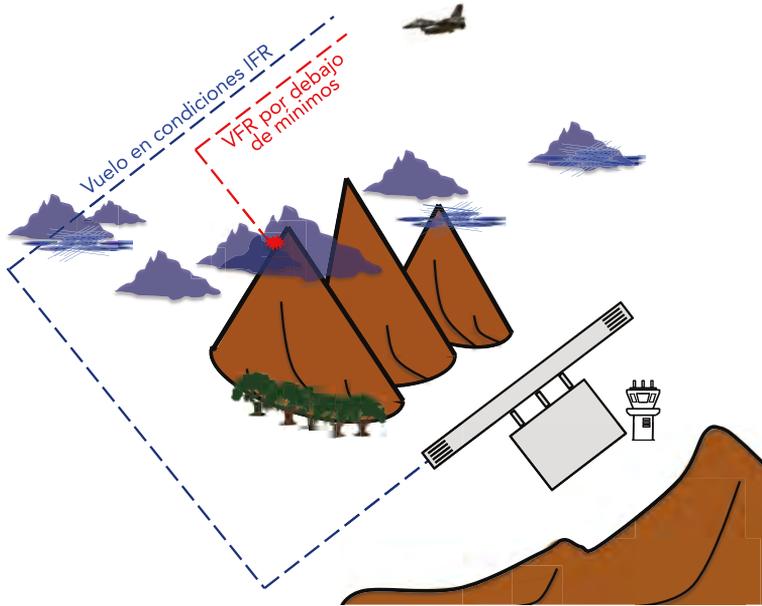


Figura 77. Accidente aéreo por baja visibilidad en el aterrizaje.

Fuente: elaboración propia.

Las tripulaciones de helicópteros están aún más expuestas a las malas condiciones del tiempo, vuelan en permanente contacto con el terreno, muy por debajo de la altitud mínima en ruta (MEA). Cuando la visibilidad disminuye por fenómenos meteorológicos, las tripulaciones deben ascender hasta la MEA. El incumplimiento de este procedimiento puede poner en riesgo la tripulación y la aeronave (figura 78).

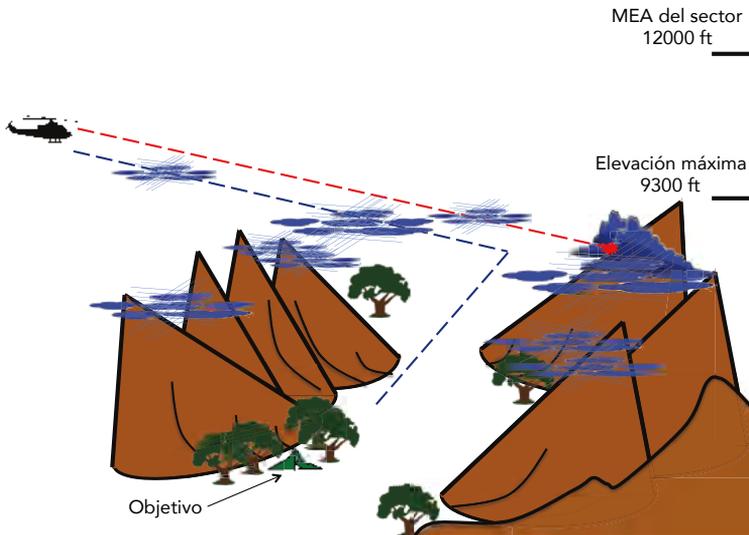


Figura 78. Accidente aéreo por volar debajo de la MEA con poca visibilidad.

Fuente: elaboración propia.



Como se mencionó anteriormente, la baja visibilidad ha causado la mayor tasa de incidentes y accidentes en la FAC, en los que se ha considerado la meteorología como factor contribuyente. A continuación se describen algunos de los casos:

CESSNA 402 FAC 5530 en el cerro Filo Azul, Tame – Arauca (26/SEP/87). La aeronave se encontraba en una misión de relevo de tripulaciones con la ruta MGR – CCO – SUA – APY – MGR a 6 500 ft. El último contacto de la aeronave se registró en el tramo Carimagua – Saravena. A partir de las 19:00 UTC no se registró otro contacto. Aunque la aeronave impactó en el cerro Filo Azul con causa indeterminada, las imágenes satelitales permitieron observar la presencia de varias zonas de tormenta sobre el sector y el tope de las nubes fue estimado entre 45 000 y 55 000 ft.

157

F-28 FAC 1140 en el cerro Montañitas, Caquetá (28/MAR/93). La tripulación despegó de SVC hacia FLA con la información de que el aeródromo se encontraba cerrado y con la intención de que mejoraran las condiciones en el transcurso del vuelo. Cuando llegaron al radiofaro, el controlador le notificó que el aeropuerto continuaba en el mismo estado y que en el área del básico izquierdo, el techo se encontraba alto; por esta razón el piloto procedió a esa zona sin tener condiciones visuales adecuadas, y, creyendo estar alineado con la pista, viró a final en condiciones alternadas de vuelo, lo que ocasionó el impacto con el terreno inadvertidamente.

PC-6 FAC 1112 en Taraira – Vaupés (24/JUN/93). La aeronave se encontraba en vuelo de transporte de Mitú hacia Taraira; después de reportar mal tiempo y nubes bajas, procedió por La Pedrera que era la mejor entrada, reportó en básico y no volvió a comunicarse. Durante la aproximación visual a Taraira en condiciones meteorológicas adversas, el avión inadvertidamente impactó con Cerro Rojo, ubicado en el básico a la pista.

C-212 FAC 1152 en La Macarena – Meta (09/SEP/95). La aeronave despegó a las 11:30 UTC en la ruta VVC – LMC – VVC. La aeronave cruzó sobre el aeródromo de La Macarena en sentido Norte–Sur sin que la tripulación pudiera observar la pista ya que el techo se encontraba muy bajo, descendió al sur y regresó. Al ver la pista, el piloto viró a la derecha tratando de efectuar un circuito de 90°/270° para aterrizar por la cabecera 17 sin tener en cuenta que había un cerro de 318 ft por el lado donde estaba maniobrando, el cual en el momento del accidente se encontraba cubierto por neblina.

AC 47 T 1659 en el cerro de Tatama, entre Valle del Cauca y Risaralda (02/SEP/00). La aeronave había realizado varias operaciones en la zona y la visibilidad se encontraba reducida por condiciones meteorológicas adversas. El piloto decide volar por debajo de los mínimos y esto conlleva al impacto de la aeronave contra el terreno.

C-212 FAC 1251 en la Base Aérea de Tres Esquinas, Caquetá (04/DIC/00). La aeronave cruzó la estación con el fin de establecer básico izquierdo para la pista 24 con condiciones meteorológicas desfavorables. Durante el básico, el avión entró en IMC y la tripulación perdió la referencia visual, lo que ocasionó un descenso inadvertido, ocasionando CFIT a 2,5 NM de la unidad.

UH-60 FAC 4101 en área general de El Billar, Caquetá (14/jun/04). La aeronave tenía como misión realizar una evacuación aeromédica y 5 millas antes del punto disminuye su altura para evitar nubosidad estratiforme. Posteriormente pierde de vista el campo y al colocar potencia para ascender impacta con los árboles.

UH60L FAC 4132 en Apartadó, Antioquia (10/JUL/05). A las 23:48 UTC, después de realizar operaciones en la zona de Apartadó, proceden hacia la Brigada 17 encontrando la visibilidad reducida por nubosidad, motivo por el cual deciden proceder con rumbo



norte. Estando a 17 millas náuticas de Los Cedros, asumen condiciones instrumentos e interceptan la aerovía W-5 que los guiaría hasta el VOR de Los Cedros, estableciéndose con una altura de 8 000 ft. Al no ver la pista del aeródromo de Los Cedros, deciden iniciar el sobrepaso e intentar efectuar una aproximación con rumbo a una cancha de microfútbol la cual tenía encendida algunas luces. Durante la maniobra la aeronave golpea con el rotor principal uno de los postes de la cancha e impacta contra el terreno.

## 11.5 Caso de estudio

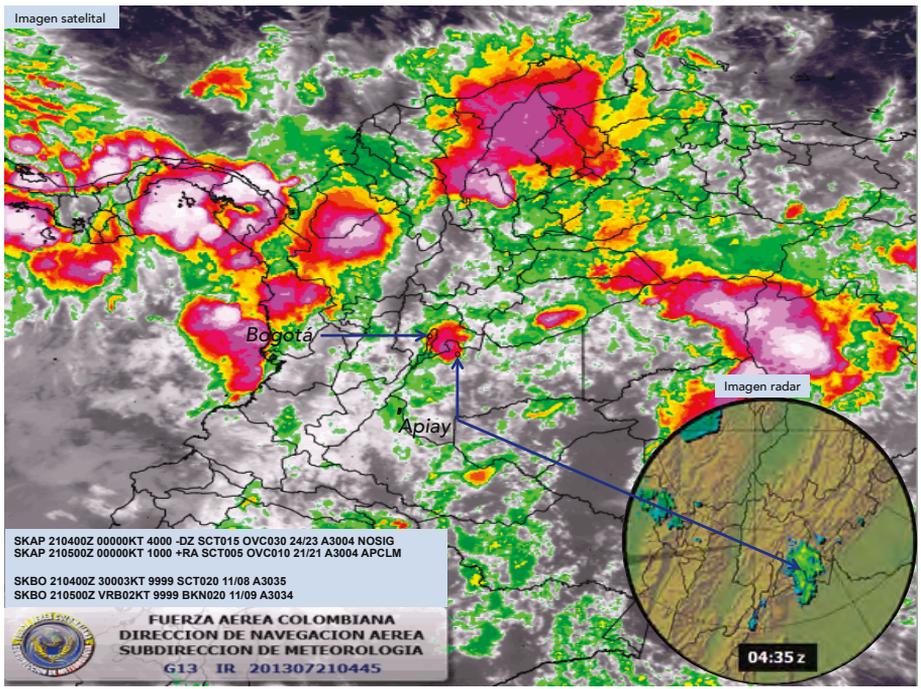
---

El 20 de julio de 2013 a las 23:35 HL (04:35 UTC), un escuadrón KFIR que se encontraba en operaciones, regresa a la Base Aérea de Apiay (Villavicencio) con intenciones de aterrizar, pero sin tener en cuenta que el aeródromo se encontraba cerrado por condiciones meteorológicas y no era posible realizar aproximación visual ni instrumentos. La situación se tornó crítica porque el escuadrón KFIR no tenía la suficiente reserva de combustible para dirigirse al aeródromo alternativo (Bogotá). Sin otra posibilidad, las tripulaciones asumen el riesgo y descienden por debajo de los mínimos meteorológicos con el ánimo de ver la pista y logran aterrizar con un techo de nubes inferior a los mínimos meteorológicos.

Según las condiciones atmosféricas reportadas en Apiay, para las 04:00 UTC, la visibilidad horizontal era de 4 000 m reducida por llovizna, techo de nubes a 1 500 ft con nubosidad dispersa y totalmente cubierto a 3 000 ft. Una hora después, las condiciones habían cambiado a 1 000 m de visibilidad horizontal, reducida por lluvia fuerte, nubosidad dispersa a 500 ft y totalmente cubierto a 1 000 ft.

La situación meteorológica de ese día y hora se representa en una imagen meteorológica en el canal infrarrojo, apoyada con la imagen del radar meteorológico del Tablazo durante la hora exacta del evento (figura 79).





**Figura 79.** Imagen satelital y radar de un evento de baja visibilidad en Apiay. Información meteorológica tomada del SIMFAC (s.f.)

**Fuente:** elaboración propia.

