

TURBULENCIA



**SERVICIO
METEOROLOGICO
NACIONAL**

BOLETIN INFORMATIVO N° 12

TURBULENCIA

Todo aquel que vuela puede encontrar turbulencia en un momento u otro. Una atmósfera turbulenta es aquella en la cual las corrientes de aire experimentan grandes variaciones en cortas distancias. Estas corrientes pueden ser desde remolinos pocos severos hasta fuertes corrientes de dimensiones relativamente grandes. Cuando un avión se desplaza a través de estas corrientes, está sometido a cambios de aceleraciones que lo empujan, desplazándolo de su suave trayectoria de vuelo. Estas sacudidas constituyen la turbulencia. La turbulencia varía desde las sacudidas que pueden incomodar a la tripulación y a los pasajeros, hasta saltos bruscos capaces de dañar la estructura de la aeronave o herir a sus pasajeros.

La reacción de la aeronave a la turbulencia varía con la diferencia de la velocidad del viento entre las corrientes adyacentes, el tamaño de la aeronave, la carga alar, la velocidad indicada y la posición del avión en vuelo. Cuando un avión vuela rápidamente desde una corriente a otra, experimenta abruptos cambios en la aceleración. Evidentemente, si el avión se desplaza más lentamente, los cambios en la aceleración serán más graduales. La primera regla para volar en una zona con turbulencia es reducir la velocidad del avión. El manual de su avión probablemente recomendará la velocidad indicada adecuada para penetrar en esa zona turbulenta.

El tener conocimiento acerca de donde se puede esperar turbulencia ayuda al piloto a evitar o reducir al mínimo la incomodidad que ésta provoca y sus peligros. Las principales causas de turbulencia son: **1)** las corrientes convectivas, **2)** las obstrucciones en el flujo de viento, **3)** la cortante de viento. La turbulencia también ocurre en la estela de la aeronave, especialmente de gran porte, siempre que las superficies de sustentación ejerzan una

fuerza ascensional (Turbulencia de estela). Puede darse simultáneamente cualquier combinación de estas causas.

CORRIENTES CONVECTIVAS

Las corrientes convectivas constituyen la causa común de la turbulencia, especialmente en bajas altitudes. Estas corrientes son movimientos de aire verticales localizados, tanto ascendentes como descendentes. Para cada corriente ascendente, hay una corriente descendente compensadora. Las corrientes descendentes ocurren frecuentemente sobre áreas más amplias que las corrientes ascendentes y por lo tanto tienen una velocidad vertical más lenta con respecto a las corrientes descendentes.

Las corrientes convectivas son más activas en cálidas tardes estivales cuando los vientos son leves. El aire calentado en la superficie da origen a una delgada capa inestable y el aire caliente es forzado a ascender. La convección aumenta en intensidad y alcanza mayores alturas, a medida que el calentamiento de la superficie aumenta. Las superficies áridas, tales como las áreas arenosas o rocosas y campos arados se tornan más calientes que los espejos de agua o las tierras cubiertas por vegetación. Así, el aire en la superficie y cerca de ella se calienta en forma desigual y debido a esto, la intensidad de las corrientes convectivas puede variar considerablemente dentro de distancias cortas.

Cuando el aire frío se desplaza sobre una superficie caliente se hace inestable en los niveles inferiores. Las corrientes convectivas se extienden varios miles de metros por encima de la superficie, dando origen a una turbulencia agitada y violenta cuando se vuela en aire frío. Con frecuencia, esta condición acontece en cualquier estación, después del pasaje de un frente frío.



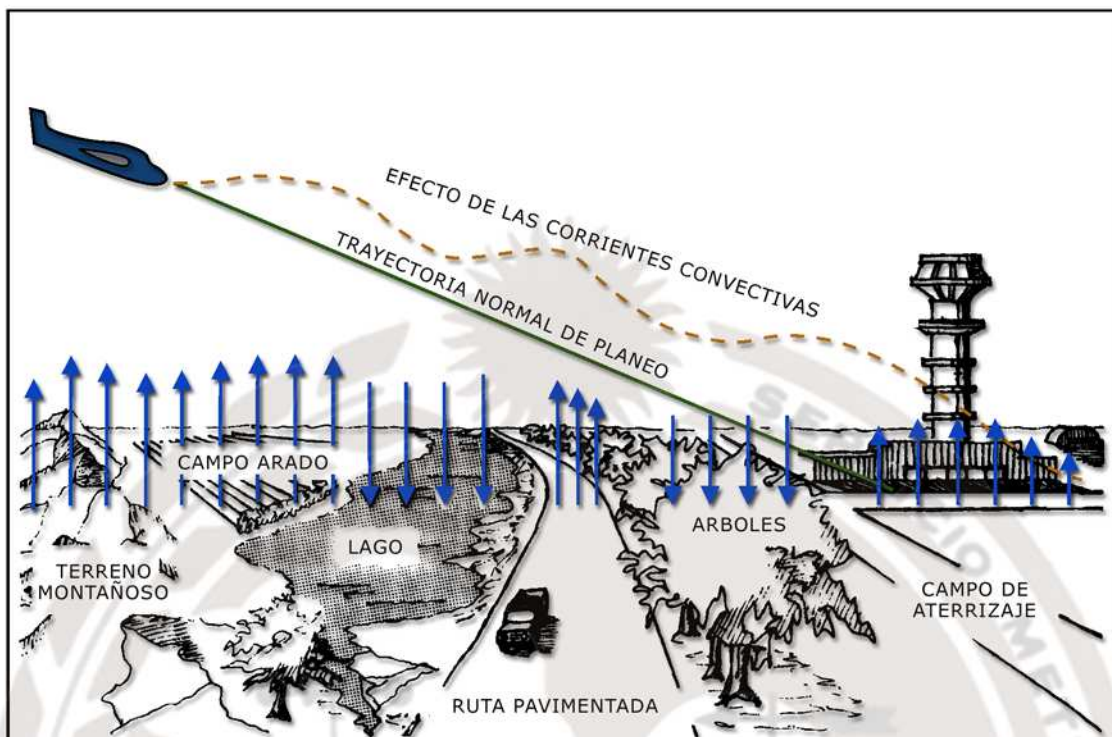
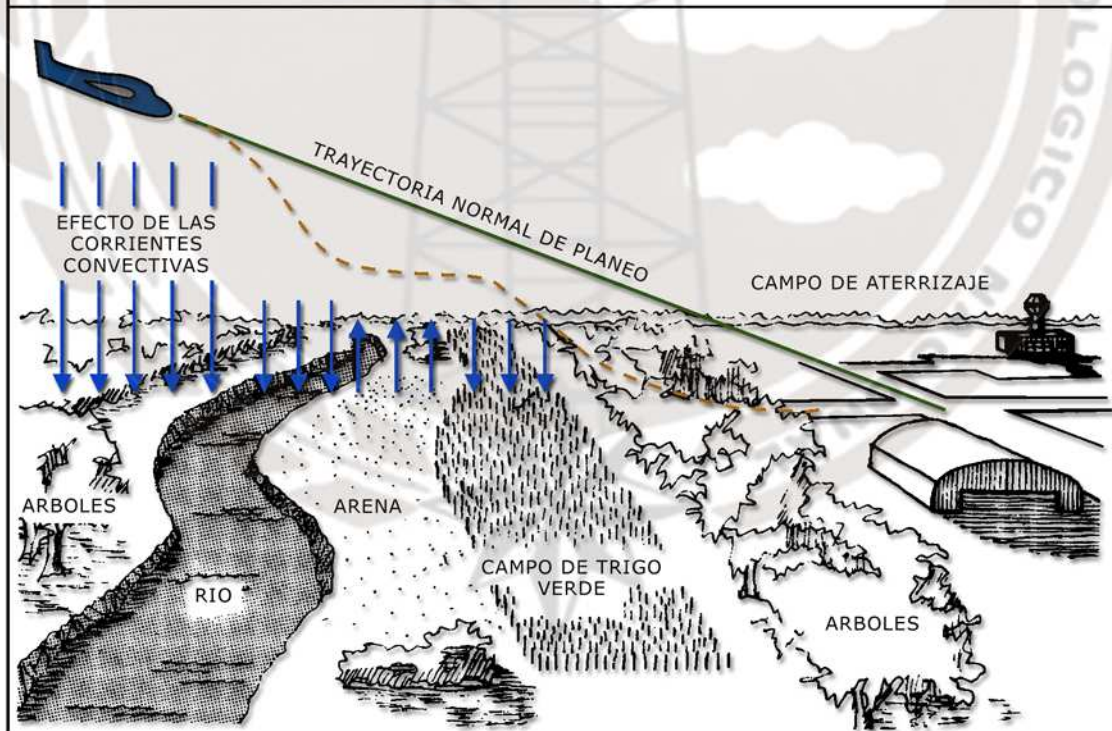
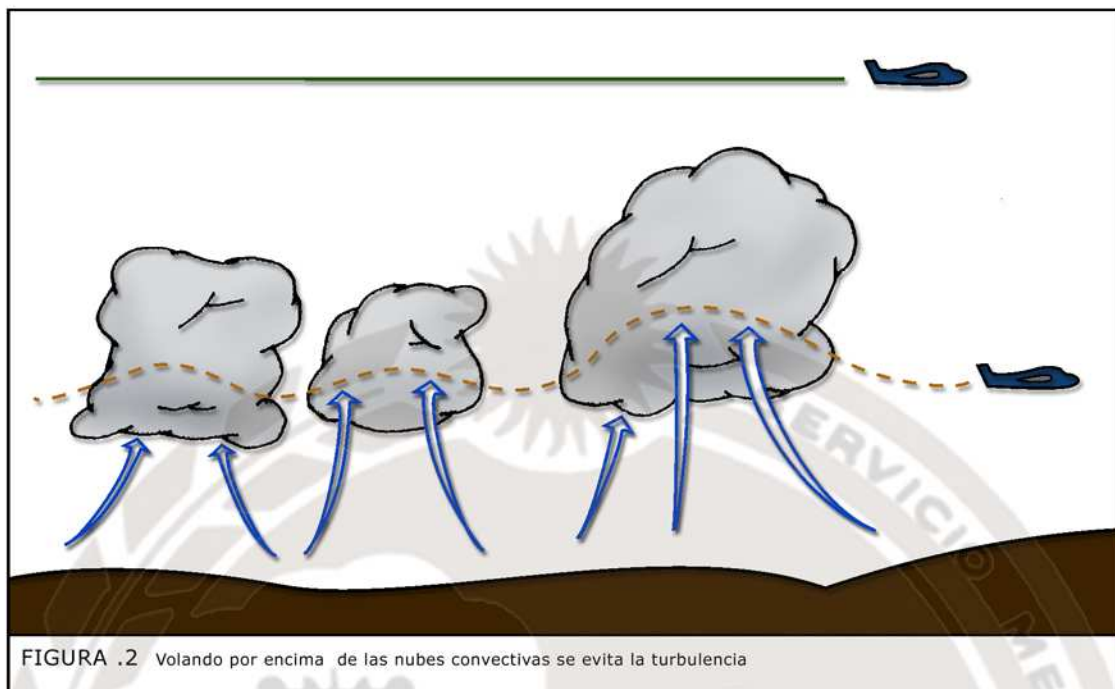


FIGURA .1 EFECTO DE LAS CORRIENTES CONVECTIVAS SOBRE LA APROXIMACION FINAL

- Las corrientes ascendentes (Figura superior) tienden que la aeronave se desplace por encima de la trayectoria normal de planeo. En este caso el aterrizaje será largo (overshoot).
- Las corrientes descendentes (Figura inferior) tienden a que el avión se desplace por debajo de la misma trayectoria. En este caso el aterrizaje será corto (undershoot).





La **Figura 1** ilustra el efecto de turbulencia convectiva en niveles bajos en un avión que se acerca a tierra. La turbulencia en la aproximación puede ocasionar abruptos cambios en la velocidad indicada y, eventualmente, puede producir una disminución de su velocidad, por debajo de la velocidad de pérdida de sustentación, a una altitud peligrosamente baja. Para evitar el peligro, deberá aumentarse la velocidad indicada ligeramente por encima de la velocidad normal de aproximación. Este procedimiento puede parecer que contradice la regla de reducir la velocidad indicada para penetrar en una zona de turbulencia; pero debe recordarse que la velocidad de aproximación para la aeronave está bien por debajo de la velocidad recomendada para la penetración en turbulencia.

A medida que el aire asciende, se enfría por expansión. Una corriente convectiva continúa hacia arriba hasta que alcanza un nivel donde su temperatura es igual a la del aire que la rodea. Si se enfría hasta su saturación, se forma una nube. Los cúmulos de buen tiempo, vistos generalmente en las tardes de sol, son señales indicadoras de turbulencia convectiva. La cima de la nube

marca generalmente el límite superior aproximado de la corriente convectiva. Es probable que un avión en vuelo pueda encontrar turbulencia debajo de las nubes o en ellas, mientras que sobre las nubes, el aire se presentará generalmente suave y tranquilo y se podrá realizar un vuelo más confortable por encima de los cúmulos, según se ilustra en la **Figura 2**.

Cuando la convección se extiende a alturas mayores, desarrolla nubes cúmulos con torres más extensas y cúmulonimbus cuyas partes superiores tienen forma de yunques. El cúmulonimbus es el indicador visual de fuerte turbulencia convectiva.

Por otra parte, es conveniente hacer notar que cuando el aire es demasiado seco para que se formen cúmulos. Las corrientes convectivas todavía pueden ser activas y el piloto tendrá escasa indicación de su presencia hasta que encuentra turbulencia.

OBSTRUCCIONES EN EL FLUJO DEL VIENTO

Las obstrucciones tales como edificios, árboles y terrenos accidentados, desorganizan el flujo suave del viento en una



compleja maraña de remolinos según se diagrama en la **Figura 3**. Un avión que vuela a través de estos remolinos experimenta una turbulencia, que la llamaremos de tipo “mecánica”, ya que se origina por la desorganización mecánica del viento.

El grado de turbulencia mecánica depende de la velocidad del viento y de la irregularidad de las obstrucciones. Cuando más elevada es la velocidad y/o más irregular la superficie, tanto mayor es la turbulencia. El viento lleva los remolinos turbulentos cuesta abajo, la distancia hasta donde los transporta depende

de la velocidad del viento y de la estabilidad del aire. El aire inestable permite que se formen remolinos mayores que aquellos que se originan en aire inestable, pero la inestabilidad dispersa los remolinos rápidamente, mientras que en el aire estable se disipan lentamente.

La turbulencia mecánica puede también originar nubosidad cerca de la parte superior de la capa mecánica perturbada.

De cualquier modo, el tipo de nubosidad indica si la turbulencia proviene de una mezcla mecánica o convectiva. La mezcla mecánica

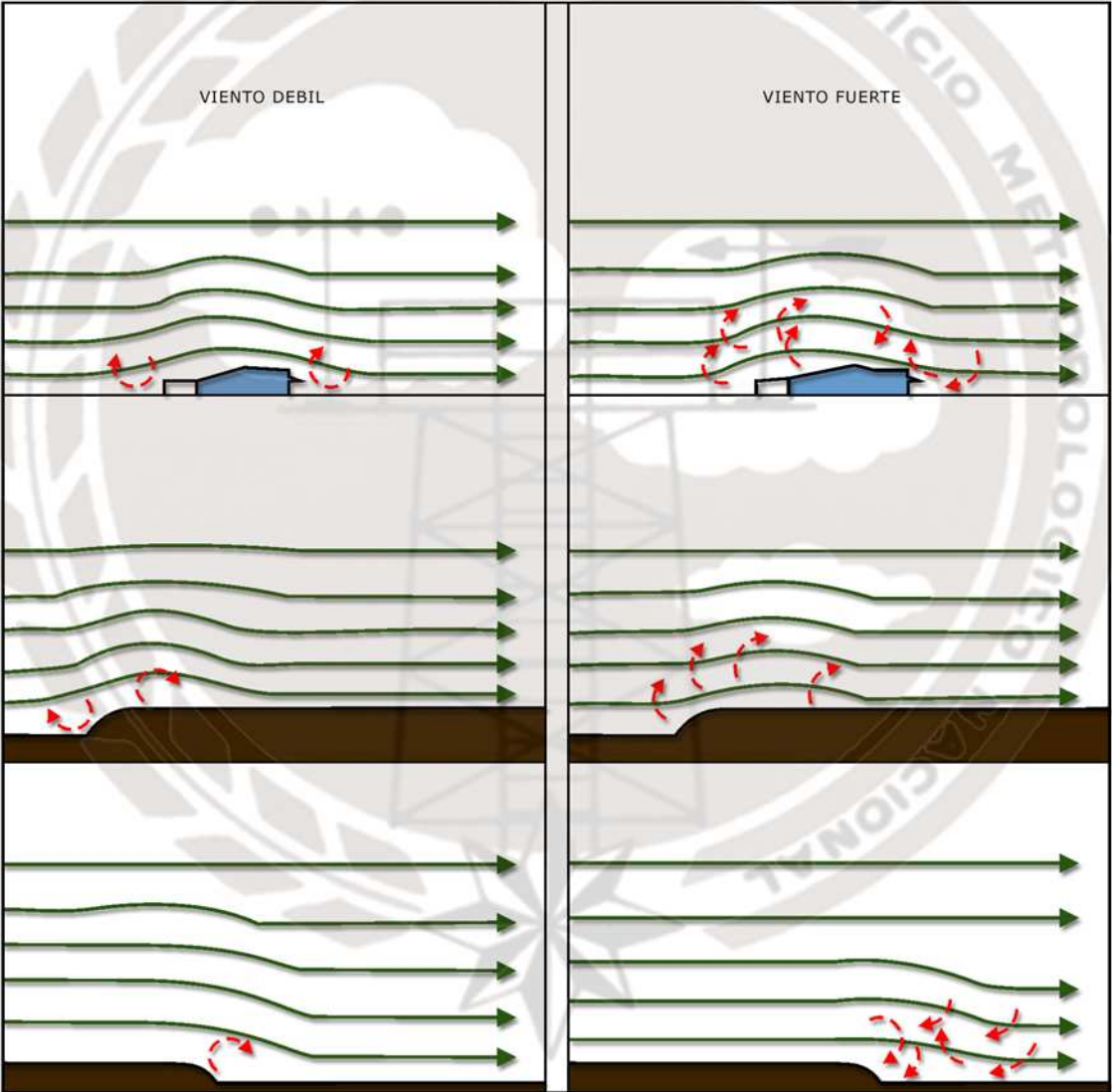


FIGURA .3 Remolinos formados por viento que sopla sobre terreno irregular o sobre obstrucciones



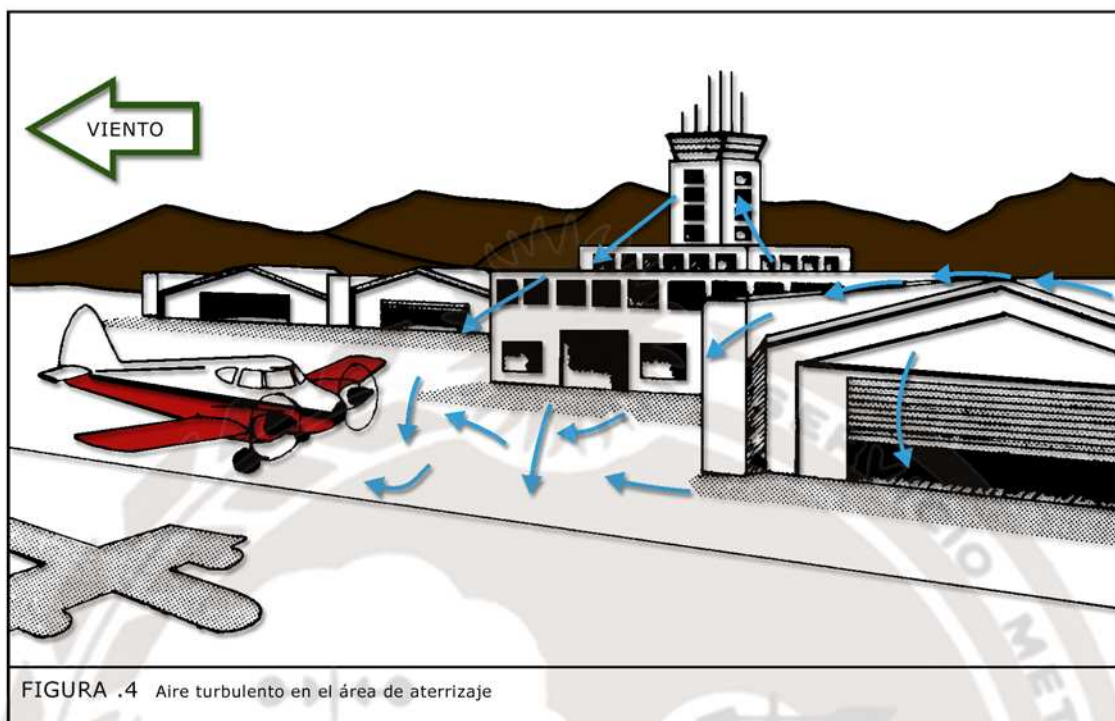


FIGURA .4 Aire turbulento en el área de aterrizaje

origina nubes estratocúmulos dispuestas en hileras o bandas, mientras que las nubes convectivas se presentan en forma desordenada o irregular. Las hileras de nubes desarrolladas por la mezcla mecánica pueden ser paralelas o perpendiculares al viento, dependen de factores meteorológicos, los que no se consideran en este trabajo.

El área de un aeropuerto es especialmente vulnerable a la turbulencia mecánica, la cual invariablemente produce vientos de superficie rafagosos. Cuando una aeronave se encuentra en una aproximación en una trepada en nivel bajo, la velocidad indicada fluctúa dentro del espacio en el cual hay ráfagas y el avión puede perder sustentación. En condiciones extremadamente rafagosas, deberá mantenerse un margen de velocidad indicada por encima de la velocidad normal de aproximación trepada, a los efectos de permitir cambios en la velocidad indicada. Para aterrizar con viento cruzado, según se ilustra en al **Figura 4**, deberá mantenerse alerta con respecto a la turbulencia mecánica y a los problemas de control causados por las estructuras del aeropuerto ubicadas en sentido contrario al viento. Las ráfagas de

superficie también crean problemas de carreteo.

La turbulencia mecánica puede afectar el vuelo a bajo nivel en cualquier lugar en campo libre. Las montañas pueden generar turbulencia en altitudes mucho más elevadas que las mismas montañas.

Al volar sobre colinas onduladas, puede experimentarse turbulencia mecánica. Generalmente, dicha turbulencia no es peligrosa, pero puede ser molesta o incómoda. Una trepada a una altitud más elevada reduciría la turbulencia.

Al volar sobre las colinas onduladas, puede experimentarse algunos problemas reales de turbulencia. Una vez más, no puede tratarse el tema de la turbulencia mecánica sin considerarse la velocidad del viento y la estabilidad. Cuando la velocidad del viento a través de las montañas excede los 70Km/h, puede anticiparse turbulencia. Donde y en que medida, depende en gran parte de la estabilidad.

Si el aire que cruza la montaña es inestable, es casi seguro a la presencia de turbulencia sobre el lado de barlovento. Si hay suficiente humedad, se forman nubes

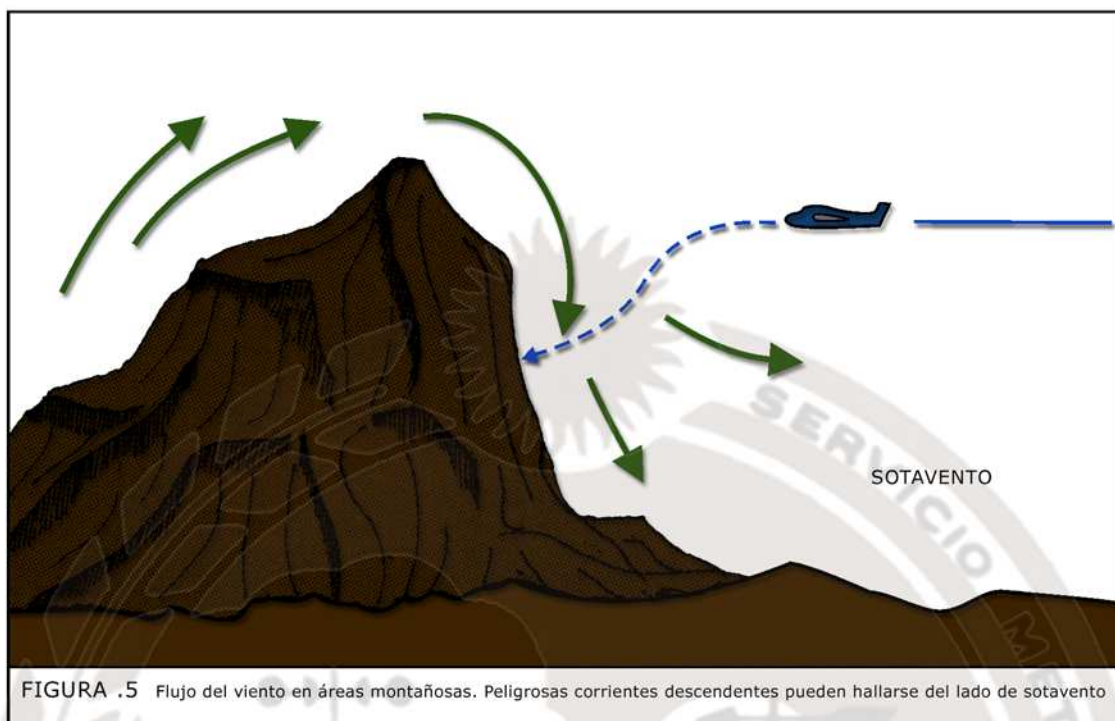


FIGURA .5 Flujo del viento en áreas montañosas. Peligrosas corrientes descendentes pueden hallarse del lado de sotavento

convectivas las que intensifican la turbulencia. La presencia de nubes convectivas sobre la montaña o a lo largo de la cordillera, es un signo seguro de aire inestable y de turbulencia sobre el lado de barlovento y sobre la cima de la montaña.

A medida que el aire inestable sobrepasa la barrera, se esparce hacia abajo en la ladera a sotavento, a menudo como una corriente descendente. A veces, la velocidad descendente excede la velocidad ascensional máxima del avión y puede llevar a este contra la ladera de la montaña según se aprecia en la **Figura 5**. Durante el cruce de las montañas, la mezcla de aire reduce en parte la inestabilidad. Por consiguiente, en aire inestable, la turbulencia peligrosa no se extiende, por lo general, a gran distancia corriente abajo, a partir de la barrera.

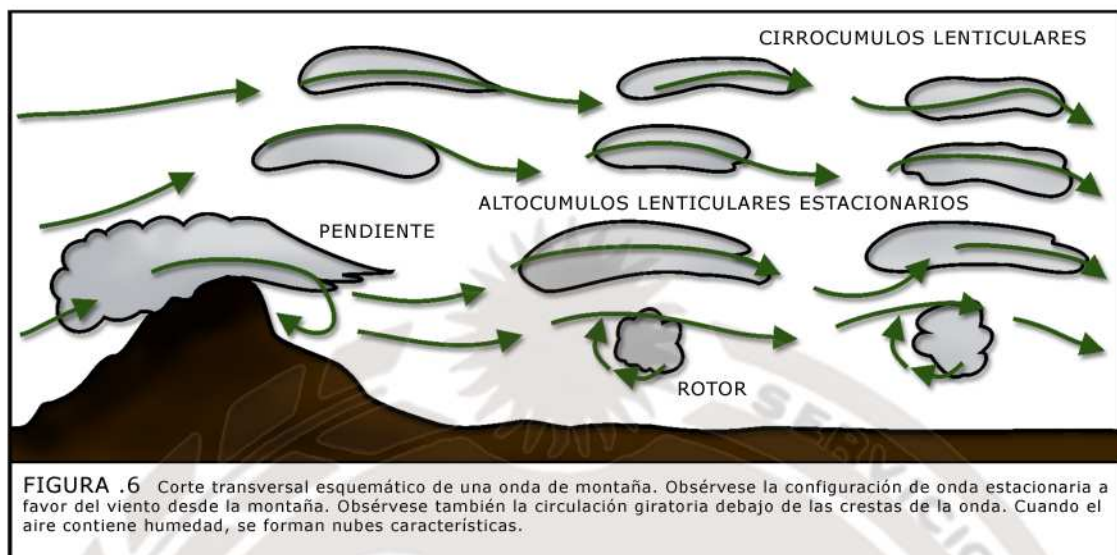
ONDA DE MONTAÑA

Cuando el aire estable cruza una barrera montañosa, la situación turbulenta se invierte en cierto modo. El aire que fluye hacia arriba de la ladera de barlovento es relativamente

suave. El flujo de viento a través de la barrera es laminar – es decir, tiende a fluir en capas. La barrera puede causar ondas en estas capas en forma semejante a las ondas que se desarrollan en una superficie de agua agitada. Las ondas permanecen casi estacionarias mientras el viento sopla rápidamente a través de ellas. La configuración de la onda, que se diagrama en la **Figura 6**, es una onda “estacionaria” u onda “de montaña” (“standing” or “mountain wave”), denominada así porque permanece esencialmente estacionaria y se asocia con la montaña. La configuración de onda puede extenderse 160 Km. o más a favor del viento, a partir de la barrera.

Las crestas de la onda se extienden muy por encima de las más elevadas montañas, a veces hasta la estratosfera inferior. Debajo de cada cresta de onda se presenta una circulación rotatoria, la que también se diagrama en la **Figura 6**. El “rotor” se forma debajo de la elevación de los picos de la montaña. La turbulencia puede ser violenta en el rotor que se vuelca o desprende. En las ondas, las corrientes ascendentes y descendentes pueden también crear violenta turbulencia.





La **Figura 6** ilustra además, en forma detallada, las nubes con frecuencia asociadas a una onda de montaña. Cuando la humedad es suficiente para producir nubes sobre la ladera de barlovento, éstas son estratificadas. Las crestas de las ondas estacionarias pueden ponerse en evidencia mediante nubes en forma de lentes, estacionarias, conocidas como nubes "lenticulares estacionarias" (standing lenticular). La **Figura 7** muestra una fotografía de nubes lenticulares estacionarias. Se forman en la corriente ascendente y se disipan en la corriente descendente, de manera que no se mueven a medida que el viento sopla a través de ellas. Asimismo, el rotor puede estar señalado por una nube "rotor". La **Figura 8** es una fotografía de una nube rotor. Pero debe recordarse que no siempre se hallan presentes las nubes para indicar la onda de montaña. A veces, el aire es demasiado seco. Debe preverse posible turbulencia de onda de montaña, cuando vientos fuertes, de 70 Km/h o más, soplan a través de una montaña o colina y el aire estable.

No debe sorprender cualquier grado de intensidad de turbulencia en una onda de montaña.

Los informes varían desde turbulencia nula a turbulencia suficientemente violenta como para dañar el avión, pero, la mayoría de los

informes notifican la presencia de turbulencia de cierta intensidad.

VUELO SOBRE MONTAÑA

Al planear un vuelo sobre terreno montañoso, es menester reunir la mayor cantidad posible de información previa al vuelo, relativa a nubes, dirección y velocidad del viento y estabilidad del aire. A menudo, los satélites ayudan a localizar las ondas de montaña. La **Figura 9** es una fotografía obtenida por un satélite meteorológico donde se pueden observar nubes de onda de montaña. No siempre se dispone de información adecuada, de modo que es necesario estar alerta respecto de las señales en el cielo, las que deben buscarse al preparar el plan previo al vuelo y durante las observaciones en vuelo.

CONCEPTO QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA CUANDO SE PREPARA EL PLAN PREVIO AL VUELO Y DURANTE LAS OBSERVACIONES EN VUELO

El viento en el nivel de la cima de la montaña que excede los 45Km/h sugiere cierta turbulencia. El viento que excede los





FIGURA .7 Nubes lenticulares estacionarias asociadas con una onda de montaña



FIGURA .8 Nubes rotor de onda estacionaria que marcan la circulación giratoria debajo de las ondas de montaña

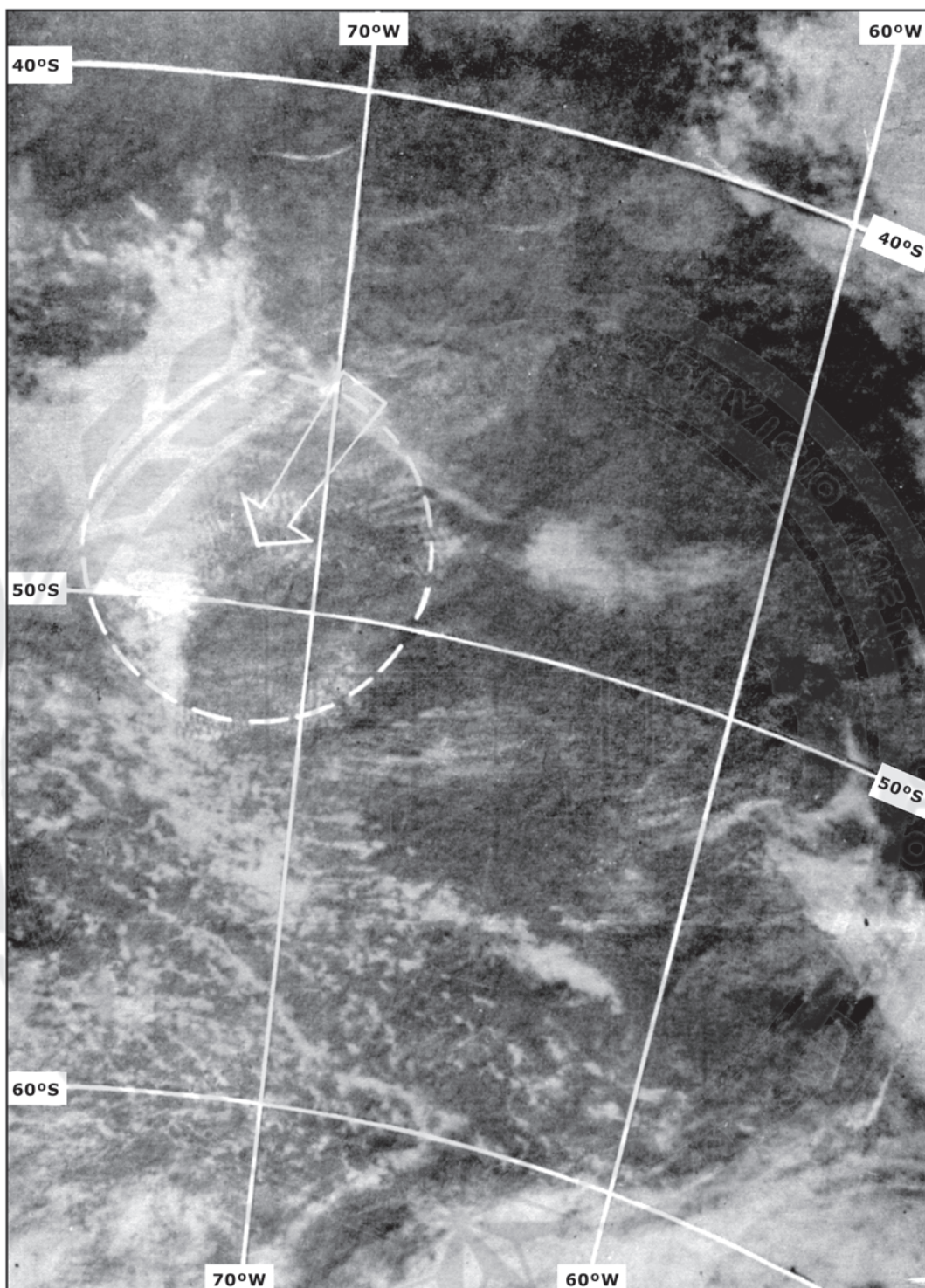


FIGURA .9 Fotografía del satélite meteorológico METEOR 2 -07 correspondiente al día 15 de febrero de 1983 a las 12:47 UTC (09:47 HOA), donde se pueden apreciar nubes de onda de montaña al Este de la cordillera de los Andes (47° lat. Sur - 71° long. Oeste).

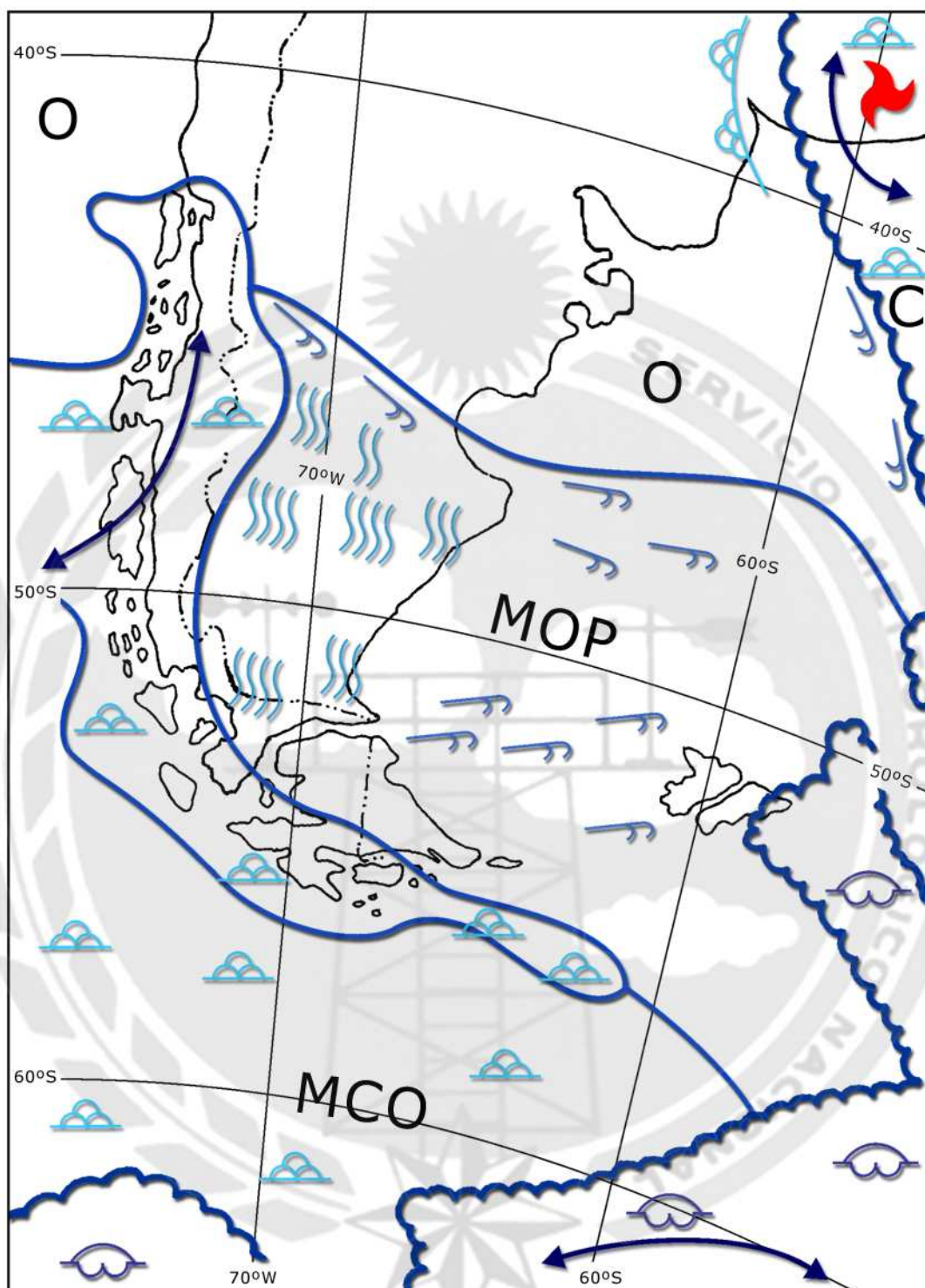


FIGURA .10 Nefoanálisis correspondiente a la fotografía del satélite meteorológico de la página anterior

C Cubierto	MCO Gran parte cubierto	Sistema nuboso principal	Estratocumuliformes
O Abierto	Estria nubosa	Vortice	Cirriformes
MOP Gran parte abierto	Sistema nuboso definido	Nubes cumuliiformes	Ondas nubosas transversal

70 Km/h a través de una barrera de montaña impone tomar precauciones. Las nubes estratificadas indican estabilidad del aire. Las nubes lenticulares estacionarias y/o nubes rotor sugieren una onda de montaña, con lo cual deberá esperarse turbulencia a muchas millas a sotavento de las montañas y un vuelo relativamente suave sobre el lado de barlovento.

Las nubes convectivas sobre la ladera de barlovento de las montañas significan aire inestable; deberá esperarse turbulencia bien cerca de la montaña y sobre cualquier ladera de la misma.

Al aproximarse a las montañas desde sotavento durante fuertes vientos, la trepada deberá comenzar bien lejos de las mismas, a 160 Km. en una onda de montaña y 50 a 80 Km. en los demás casos. Ascender a una altitud de 900 a 1500 metros por encima de las cimas de las montañas antes de intentar el cruce. El mejor procedimiento de acercarse a una cordillera formando un ángulo con su eje de 45° para poder retroceder rápidamente hacia el aire calmo. Si no se logra llevar a cabo el cruce en la primera tentativa y se tienen facilidades para alcanzar una altitud más elevada, puede retrocederse y hacer otra tentativa en una altitud mayor. A veces será menester elegir entre retroceder o dar un rodeo al área.

Volar sobre desfiladeros de montaña y valles no es un procedimiento seguro durante vientos fuertes. Las montañas encausan el viento en pasos y valles, aumentando así la velocidad del mismo e intensificando la turbulencia. Si los vientos son fuertes al nivel de la cima de la montaña, deberá ganarse altitud o efectuarse un rodeo.

El viento de superficie puede ser relativamente débil o calmo en el valle rodeado por montañas cuando el viento de altura es fuerte. Si se efectúa el despegue en el valle, ascender por sobre el nivel de la cima de la montaña antes de dejar el valle. Mantener un espacio lateral libre, con respecto a la montaña, que sea suficiente como para permitir la recuperación si es alcanzado por una corriente descendente.

CORTANTE DEL VIENTO

La cortante del viento genera remolinos entre dos corrientes de viento de velocidades diferentes. Las diferencias pueden darse en la intensidad del viento, en la dirección del mismo, o en ambas a la vez. La cortante del viento puede estar relacionada con la desviación del viento o con el gradiente de la velocidad del viento en cualquier nivel de la atmósfera. Son de especial interés tres condiciones:

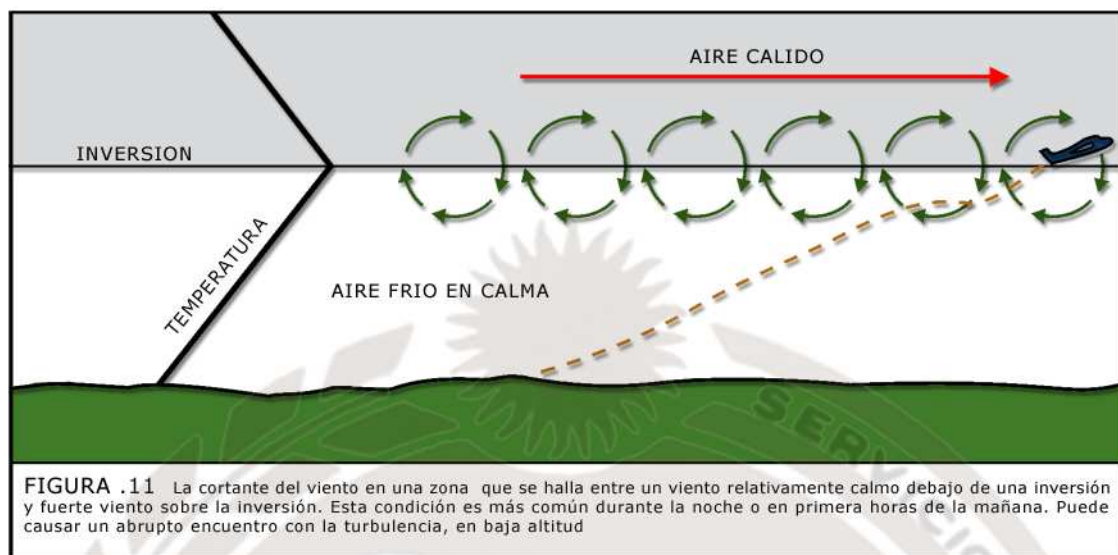
- la cortante del viento en una inversión de temperatura en un nivel bajo.
- la cortante del viento en una zona frontal, y
- la turbulencia en aire claro (clear air turbulence = CAT) en niveles elevados, asociada con una corriente en chorro o una fuerte circulación.

CORTANTE DEL VIENTO EN UNA INVERSIÓN DE TEMPERATURA EN UN NIVEL BAJO

Las inversiones de temperatura se forman cerca de la superficie, en noches con cielo despejado, con calma o viento de superficie suave. El viento sobre la inversión puede ser relativamente fuerte. Según la **Figura 11**, se desarrolla en una zona de cortante del viento sobre la calma y los vientos más fuertes de arriba. Los remolinos en la zona de cortante del viento causan fluctuaciones de la velocidad indicada cuando un avión asciende o desciende a través de la inversión. Lo más probable es que un avión ascendiendo desde el despegue o acercándose a tierra cuando pasa a través de la inversión; por lo tanto, la velocidad indicada es pequeña, solo unos pocos Km/h mayor que la velocidad de pérdida de sustentación. La fluctuación en la velocidad indicada puede inducir a una velocidad de pérdida de sustentación del avión peligrosamente cerca del suelo.

Cuando el viento de superficie es calmo o muy suave, el despegue o aterrizaje puede hacerse en cualquier dirección. El despegue puede ser en dirección del viento, por encima de la inversión. De ser así, el avión encuentra un repentino viento de cola y una





correspondiente pérdida de velocidad indicada al ascender a través de la inversión. La velocidad de pérdida de sustentación es posible. Si la aproximación, por encima de la inversión es en contra del viento, éste se interrumpe repentinamente al descender a través de la inversión. Por lo tanto, una pérdida repentina en la velocidad indicada puede inducir una velocidad de pérdida de sustentación del avión.

Al despegar o aterrizar con viento calmo bajo cielos despejados, pocas horas antes o después del amanecer, el piloto deberá estar preparado para encontrar una inversión de temperatura cerca del suelo. Con relativa seguridad se hallará una zona con cortante del viento en la inversión, si el viento es de 600 y 1.300 metros es de 45 Km/h o más. Deberá asegurarse un margen de velocidad indicada sobre la velocidad de pérdida de sustentación del avión en el caso de encontrar turbulencia o cambio repentino en la velocidad del viento.

CORTANTE DEL VIENTO EN UNA ZONA FRONTAL

Un frente con su sistema nuboso asociado puede implicar numerosos peligros. Sin embargo, puede haber un frente entre dos masas de aire seco y estable, que puede estar

exento de nubes. Aún así, el viento cambia abruptamente en la zona frontal y puede inducir turbulencia originada por la cortante del viento. El grado de turbulencia depende de la cortante del viento. Cuando se espere turbulencia en una zona frontal, deberán aplicarse los procedimientos de penetración en turbulencia recomendados en el manual de la aeronave.

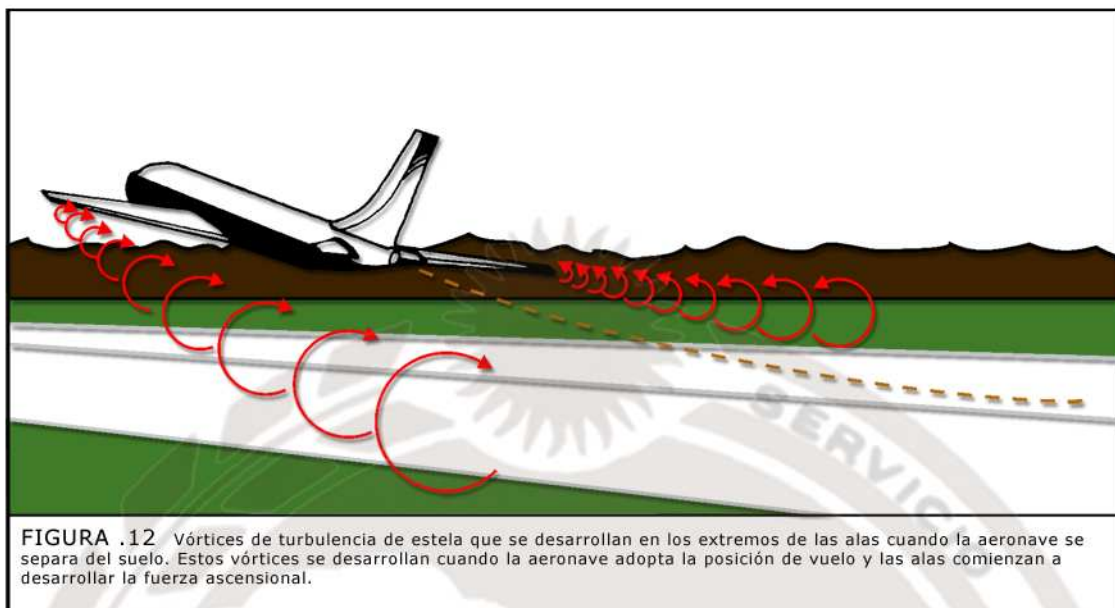
TURBULENCIA DE ESTELA

Un avión recibe su fuerza ascensional acelerando una masa de aire hacia abajo. En esta forma, siempre que las alas proporcionan fuerza ascensional, debajo de las alas el aire es forzado hacia abajo, y genera movimientos giratorios o vórtices fuera de los extremos de las alas.

Cuando el tren de aterrizaje soporta todo el peso del avión, no se desarrollan vórtices en el extremo de las alas, pero en el momento en que el piloto "tira" de los controles, comienzan estos vórtices. La **Figura 12** ilustra en qué forma podrían aparecer si fueran visibles detrás del avión a medida que éste despegue. Estos vórtices continúan durante todo el vuelo, hasta que el avión se posa de nuevo firmemente sobre su tren de aterrizaje.

Los vórtices así generados se extienden hacia abajo y hacia fuera de la trayectoria del





vuelo. Son también arrastrados por el viento. La intensidad de los mismos es proporcional al peso de la aeronave así como otros factores. Por lo tanto, la turbulencia de estela es más intensa detrás de un gran avión de transporte, que detrás de un avión pequeño. Generalmente, es un problema sólo para un avión pequeño cuando sigue a otro de mayor porte.

La turbulencia persiste varios minutos y puede encontrarse aún después que el avión se pierde de vista. En los aeropuertos controlados, el controlador generalmente alerta a los pilotos en la vecindad acerca de un posible encuentro con turbulencia de estela. Si un piloto está librado a sus propios recursos, podría utilizar algunas indicaciones. La mayor parte de los reactores al despegar elevan la rueda de proa casi en el punto medio de la carrera del despegue; por lo tanto, los vórtices comienzan a formarse alrededor del punto medio de la misma.

Los vórtices detrás del avión de hélice comienzan solo a una corta distancia después del despegue. Siguiendo a un aterrizaje de cualquier tipo de avión, los vórtices terminan aproximándose en el punto en la que la rueda de proa toca la pista. Debe evitarse el vuelo a través de estos vórtices. Más específicamente, al usar la misma pista que el avión más pesado:

- Si el avión aterriza detrás de otra aeronave, mantener la aproximación por encima de la aproximación del otro avión y efectuar el contacto más allá del punto en la que la rueda de proa del avión tocó la pista (**Figura 13 (A)**).
- Si aterriza detrás de una aeronave que parte, hacerlo únicamente si puede completarse la carrera de aterrizaje ante de alcanzar el punto medio de la carrera de despegue del otro avión (**Figura 13 (B)**).
- Si parte detrás de otro avión que también sale, despegar únicamente si puede ganar altura antes de alcanzar el punto medio de la carrera de despegue del otro avión, y únicamente si puede ascender lo suficientemente rápido para permanecer por encima de la trayectoria de vuelo del otro avión (**Figura 13 (C)**).
- Si parte detrás de un avión que aterriza, no hacerlo hasta que pueda carretear sobre la pista más allá del punto en el que la rueda de proa del otro avión toca la pista y quede una parte de ésta suficiente para efectuar un despegue seguro (**Figura 13 (D)**).

Si se dispone de pistas paralelas y la aeronave más pesada despegue con viento

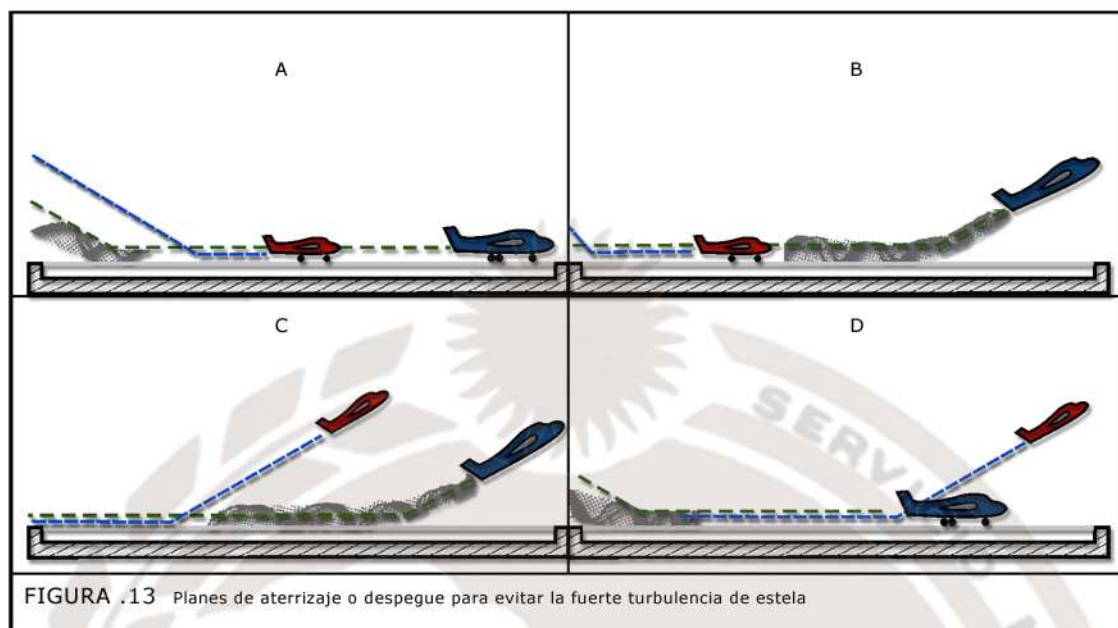


FIGURA .13 Planes de aterrizaje o despegue para evitar la fuerte turbulencia de estela

atravesado en la pista ubicada corriente abajo, se puede utilizar sin peligro la pista que se halla corriente arriba.

Nunca aterrizar o despegar corriente abajo con respecto a la aeronave más pesada. Al utilizar una pista que cruza la de su avión más pesado se puede utilizar sin peligro alguno la segunda parte de la pista corriente arriba.

Se puede cruzar detrás de un avión que parte detrás del punto medio de la carrera de despegue del otro avión.

Puede cruzarse, por detrás de un avión que aterriza siempre que lo haga por delante del punto del cual la rueda de proa del otro avión toca la pista. Si ninguno de estos procedimientos es posible, esperar 5 minutos más o menos para que se disipen los vórtices o se alejen de la pista de aterrizaje.

TURBULENCIA EN AIRE CLARO (CAT)

Turbulencia en aire claro quiere decir turbulencia en zona exentas de nubes. Sin embargo, comúnmente se reserva el término para la turbulencia producida por cortante del viento en niveles superiores de la atmósfera, aún cuando se encuentren presentes nubes de tipo cirriformes.

Una irrupción de aire frío opuesta a una masa de aire cálido intensifica los sistemas sinópticos en las proximidades de una corriente en chorro (Jetstream) a lo largo del límite entre el aire frío y caliente, y allí, en el turbulento intercambio de energía entre esas masas de aire, se desarrolla una zona de turbulencia en aire claro (CAT).

La turbulencia en aire claro es más marcada en invierno cuando el contraste de temperatura entre el aire frío y cálido es mayor.

La ubicación más común para localizar una zona de turbulencia en aire claro es una vaguada de altura sobre el lado frío (polar) de una corriente de chorro. Otra posición frecuente es a lo largo del Jet, al sud y sudoeste de un centro de baja presión en superficie que se profundiza rápidamente (Figura 14).

Aún en ausencia de una definida corriente en chorro, la turbulencia en aire claro se presenta en la cortante del viento asociada con contornos curvados muy pronunciados de centros de baja presión profundos, vaguadas y cuñas en alturas y en áreas de fuerte advección de aire frío o cálido. También las ondas de montaña pueden originar CAT extendiéndose desde los picos de las montañas hasta los 1500 metros por encima



de la tropopausa, pudiendo alcanzar una distancia de hasta 160 Kilómetros o más a sotavento de las mismas.

CAT puede ser encontrada donde no existe ninguna razón para que ocurra. Un fuerte viento puede llevar un turbulento volumen de aire lejos de su región de origen. La intensidad de la turbulencia disminuye corriente abajo, pero siempre algo de turbulencia disminuye corriente abajo, pero siempre algo de turbulencia puede aún ser encontrada donde normalmente no debería existir.

Un pronóstico de turbulencia circunscribe un volumen de espacio aéreo pequeño comparado con el total.

La Turbulencia más severa puede ser encontrada cerca de la zona de viento máximo, generalmente en el lado polar donde existe una combinación de fuerte cortante del viento, curvatura del flujo y advección del aire frío.

Si el piloto se encuentra de pronto en una zona de CAT asociada con una corriente de

chorro lo más aconsejable es ascender o descender unos pocos cientos de metros o alejarse de la zona del núcleo de Jetstream. Si por el contrario es sorprendido en CAT no asociada con un Jet, lo más apropiado es cambiar de altitud dado que no es posible conocer en que dirección se encuentra ubicado el flujo más intenso.

Si se maniobra en vuelo mientras el avión se encuentra bajo turbulencia, se aumenta en forma acumulativa la torsión sobre la aeronave. Por ello se recomienda maniobrar suavemente cuando se vuela en CAT para minimizar la torsión.

La naturaleza irregular de la turbulencia en aire claro hace que los informes de los pilotos (AIREPS) sean sumamente útiles a los observadores meteorológicos, pronosticadores, controladores de tráfico aéreo y lo que es más importante, a otros pilotos que después tengan que volar por una zona donde se ha informado la existencia de CAT.

CONCLUSIONES

Se han discutido las causas de la turbulencia, se la ha clasificado en tipos y ofrecido algunos procedimientos de vuelo para evitar o reducir al mínimo sus peligros. Sin embargo, las ocurrencias de turbulencia son locales en su mayor parte y de carácter transitorias. Un pronóstico de turbulencia específica un volumen de espacio que es pequeño si se compara con el espacio aéreo utilizable, pero relativamente grande comparado con la extensión localizada del peligro. Si bien los pronósticos generales de turbulencia son bastantes buenos, pronosticar la ubicación precisa del fenómeno es, en el momento actual, imposible.

Generalmente, cuando un piloto recibe un pronóstico, planifica su vuelo para evitar áreas de turbulencia más probable. No obstante, aún siendo excelente los establecidos, estos pueden estar equivocados y encontrar turbulencia. Dado que no se dispone actualmente de instrumentos para observar en forma directa la turbulencia, el hombre que se encuentra en tierra solo puede confirmar su existencia o ausencia por medio de las aeronotificaciones.

• AYUDE A LOS DEMÁS PILOTOS
Y COLABORE CON EL **SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL**
MEDIANTE LA REMISIÓN DE AERONOTIFICACIONES •



