



**FUERZA AÉREA DE CHILE**  
**VIRTUAL**

Escuela de Aviación Virtual  
"Capitán Manuel Avalos Prado"

# MANUAL DE METEOROLOGIA AERONAUTICA



**MANUAL SOLO PARA VUELO VIRTUAL**



El presente manual tiene como finalidad adquirir los conocimientos básicos sobre Meteorología Aeronáutica dentro del contexto de la simulación aérea.

## LA ATMÓSFERA.

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea el planeta y está compuesta principalmente por una mezcla de gases

- 78% de nitrógeno
- 21% de oxígeno
- 1% de otros gases nobles

A estos gases hay que añadir el vapor de agua concentrado en las capas más bajas, cuya cantidad depende de las condiciones climatológicas y la localización geográfica, pudiendo variar entre el 0% y el 5%. A medida que aumenta el vapor de agua, los demás gases disminuyen proporcionalmente.

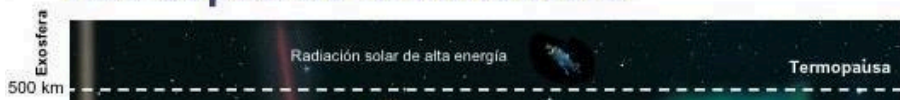
Aunque este elemento gaseoso que denominamos aire tiene muchas otras propiedades importantes para poder explicar porque vuela un avión, en este momento interesa centrarse en las características básicas que definen su comportamiento como fluido: **presión, temperatura y densidad**. Como se verá a lo largo de varios capítulos, estos tres conceptos están íntimamente relacionados y afectan de forma muy importante al vuelo.

### Estructura vertical de la atmósfera

#### Tropósfera

- Se caracteriza porque a través de ella y en sentido vertical, la temperatura desciende constantemente a razón de  $6,5^{\circ}\text{C}$  cada 1000 mt de altura. Alcanza los 18 km en las regiones ecuatoriales y de 6 a 8 km en los polos. En las zonas templadas tiene un espesor promedio de 13 km.
- En esta primera capa se producen todos los fenómenos que determinan el tiempo, ya que aquí se concentra prácticamente todo el vapor de agua del aire, los núcleos de condensación y las mayores variaciones de temperatura.
- Su límite superior se llama **Tropopausa**. Aquí la temperatura en promedio es de  $60^{\circ}\text{C}$ . En la tropopausa deja de disminuir la temperatura.

## Las capas de la atmósfera





### Estratósfera

- Su característica es que la temperatura se mantiene casi constante o, incluso, aumenta ligeramente con la altura.
- Su superficie limitante superior es aproximadamente a unos 50 km de altitud y se llama estratopausa. Aquí la temperatura llega a 0°C. Esta capa llamada capa caliente, parece ser causada por la energía desprendida en la constante producción de ozono (ozonósfera)

### Mesósfera

- Aquí la temperatura vuelve a descender hasta llegar a los 80 km, a unos -120°C, un mínimo absoluto llamado mesopausa.

### Termósfera

- En ella la temperatura aumenta sin interrupción, pudiendo llegar a los 1000°C, aunque a esa altura y dado el enrarecimiento del aire, pierde sentido la noción de temperatura. Finaliza en la termopausa.

### Exósfera

- Es el límite difuso entre la atmósfera y el espacio interplanetario. Convencionalmente se fija el límite externo de la atmósfera en los 2000 Km.

### Magnetósfera

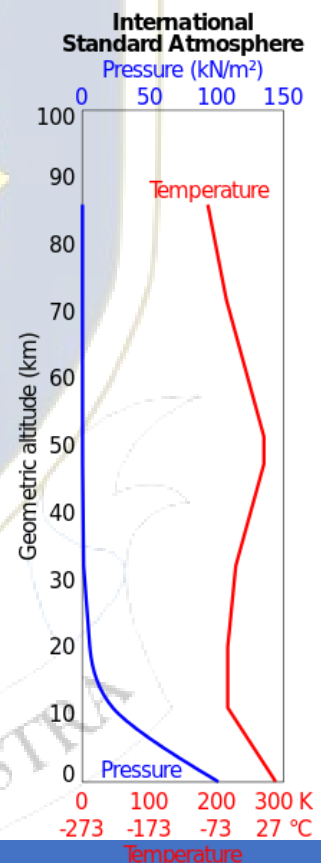
- No contiene gases pero forma una barrera que impide que muchas partículas del espacio lleguen hasta la atmósfera. La mayoría de los satélites que estudian el tiempo se hallan por sobre ella.

### Atmosfera estándar

La Atmósfera Estándar Internacional o ISA (ICAO Standard Atmosphere) es un modelo atmosférico definido por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en 1949, y adoptado por todos los países, que presenta una variación estándar de presión, temperatura, densidad y viscosidad, con la altura en la atmósfera terrestre y sirve de referencia para las operaciones aeronáuticas a nivel mundial.

Esta atmósfera ideal creada por la OACI parte de los siguientes supuestos valores en superficie al nivel del mar de:

- Temperatura: 15°C (59°F).
- Presión: 760 mm o 29,92" de columna de mercurio, equivalentes a 1013,25 mb por cm<sup>2</sup>.
- Densidad: 1,225 kg por m<sup>3</sup>.
- Aceleración debido a la gravedad: 9,8 mt/segundo<sup>2</sup>.
- Velocidad del sonido: 340,29 mt/segundo.
- La temperatura desciende 2°C por cada 1000 pies o 6,5°C por cada 1000mt.
- La presión desciende 1" por cada 1000pies, o 1 mb por cada 9mt., o 110mb por cada 1000mt.





## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

Esta atmósfera tipo definida por la OACI sirve como patrón de referencia, pero muy raramente un piloto tendrá ocasión de volar en esta atmósfera estándar.

De todos los valores anteriores, los más comunes en aviación son:

A nivel del mar:

- Temperatura: 15°C
- Presión: 1013 mb. o 29.92" Hg
- La temperatura disminuye 2°C cada 1000 pies de altura
- La presión disminuye 1" Hg cada 1000 pies de altura.

### Temperatura del Aire

Aunque existen factores particulares que afectan a la temperatura del aire, como por ejemplo lo cercano o lejano que esté un lugar respecto a la línea del ecuador, su lejanía o proximidad a la costa, etc., un hecho común es que el calor del sol atraviesa la atmósfera sin elevar significativamente su temperatura; esta energía es absorbida por la Tierra provocando que esta se caliente y eleve su temperatura, la cual es cedida gradualmente a las capas de aire en contacto con ella. En este ciclo continuo, cuanto más alejadas están las capas de aire de la tierra, menos calor reciben de esta.

Debido a este fenómeno, una segunda cualidad del aire es que: la temperatura baja con la altura, "a mayor altura menor temperatura". La magnitud de este cambio es de aproximadamente 6,5°C cada 1000 metros, o lo que es igual 2°C cada 1000 pies.

Estos valores son validos desde el nivel del mar hasta una altitud de 11000 mt. (36.090 pies); a alturas superiores la temperatura se considera que tiene un valor constante de -56,5°C.



Fig.1.1.2 - La temperatura cambia con la altura.

### Variaciones de temperatura

#### Variación diurna

Se define como el cambio de temperatura entre el día y la noche, producido por la rotación de la Tierra. Durante el día la radiación solar es en general mayor que la terrestre, por lo tanto, la superficie de la Tierra se torna más caliente. Durante la noche, en ausencia de la radiación solar, sólo actúa la radiación terrestre, y consecuentemente, la superficie se enfría. Dicho enfriamiento continúa hasta la salida del sol. Por lo tanto, la temperatura mínima ocurre generalmente poco antes de la salida del sol.

#### Variación estacional

Esta variación se debe a la inclinación del eje terrestre y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol. El ángulo de incidencia de los rayos solares varía, estacionalmente, en forma diferente para los dos hemisferios. El



hemisferio norte es más cálido en los meses de junio, julio y agosto, en tanto que el hemisferio sur recibe más energía solar en diciembre, enero y febrero.

### Variaciones con la Latitud

La mayor inclinación de los rayos solares en altas latitudes, hace que éstos entreguen menor energía solar sobre estas regiones, siendo mínima dicha entrega en los polos. En tanto que sobre el Ecuador los rayos solares llegan perpendiculares, siendo allí máxima la entrega energética.

### Variaciones con los tipos de superficie

En primer lugar la distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de la temperatura, debido a sus diferentes capacidades de absorción y emisión de la radiación. Las grandes masas de agua tienden a minimizar los cambios de temperatura, mientras que los continentes permiten variaciones considerables en la misma.

Sobre los continentes existen diferentes tipos de suelo: Los terrenos pantanosos, húmedos; y las áreas con vegetación espesa tienden a atenuar los cambios de temperatura, mientras que las regiones desérticas o áridas permiten cambios grandes en la misma.

### Variación por la topografía

Prescindiendo del efecto que tiene la forma y movimiento de la tierra, las variaciones de temperatura están influenciadas por el agua y el terreno, como se ha mencionado anteriormente, el agua absorbe e irradia energía con una variación más lenta de temperatura que la tierra. Extensas áreas de agua tienden a minimizar los cambios de temperatura en cambio la tierra favorecen grandes cambios de temperatura

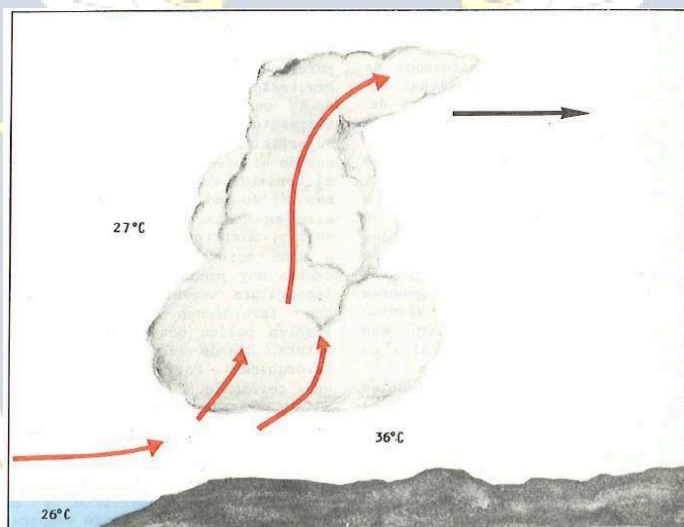


Figura 6. Diferencias de temperatura ocasionan el movimiento de aire, y a veces, nubosidad.

### Variación con la altura

A través de la primera capa de la atmósfera, llamada troposfera, la temperatura decrece con la altura. Este decrecimiento se define como *Gradiente vertical de Temperatura* y es en promedio de  $6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ . ( $2^{\circ}\text{C}/1000$  pies)

Sin embargo ocurre a menudo que se registre un aumento de la temperatura con la altura: *Inversión de temperatura*



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

La **inversión térmica** consiste en el aumento de la temperatura con la altitud. Usualmente, en la troposfera, las inversiones térmicas actúan como tapaderas que frenan los movimientos ascendentes de la atmósfera. En efecto, el aire no puede elevarse en una zona de inversión, puesto que es más frío y, por tanto, más denso en la zona inferior.

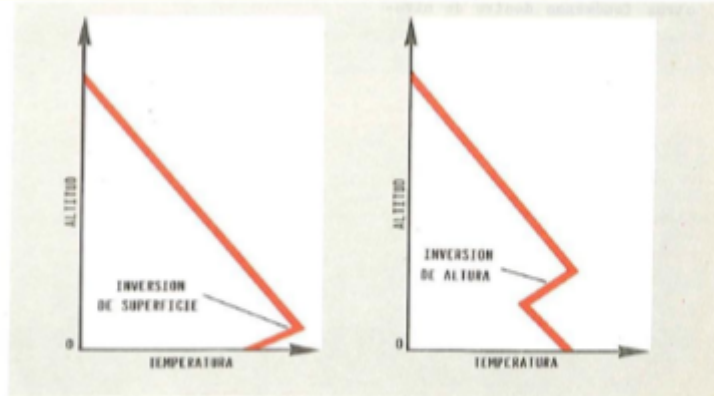


Figura 7. Gradiente negativo o "Inversión". En el gradiente vertical de temperatura, esta disminuye con la altura. Una inversión es un aumento de temperatura con altura, es decir, un gradiente positivo. Aquí se muestra una inversión de superficie y una inversión en altura.

El fenómeno de inversión térmica se presenta cuando en las noches despejadas, el suelo se enfría mucho más rápido que el aire que la circunda; entonces, el aire en contacto con ella será más frío mientras que por encima la temperatura será mayor. Otras veces se debe al ingreso de aire caliente en algunas capas determinadas debido a la presencia de alguna zona frontal.

### Relación entre presión y temperatura.

Si calentamos una masa de gas contenida en un recipiente, la presión que ejerce esta masa sobre el recipiente se incrementa, pero si enfriamos dicha masa la presión disminuye. Igualmente, comprimir un gas aumenta su temperatura mientras que descomprimirlo lo enfría. Esto demuestra que hay una relación directa entre temperatura y presión. Así, la presión del aire cálido es mayor que la del aire frío.

Al escuchar las predicciones meteorológicas, asociamos ya de forma intuitiva altas presiones con calor y bajas presiones con frío.

### Presión atmosférica.

Es la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera. De acuerdo con esta definición, es la fuerza ejercida por la atmósfera sobre una unidad de superficie, fuerza que se debe al peso del aire contenido en una columna imaginaria que tiene como base dicha unidad.

Para medir la presión atmosférica, se puede utilizar un barómetro de mercurio, un barómetro aneroide, o cualquier otro aparato más sofisticado.

### Variaciones de la presión





La presión varía con la altitud y la temperatura (Disminuye)

1) La presión atmosférica disminuye con la altura, "a mayor altura menor presión"

La magnitud de este cambio es de **1" Hg cada 1000 ft.**

Debido a la menor densidad del aire, los aviones que vuelan a gran altitud deben estar provistos de sistemas de presurización en la cabina de pasajeros.

2.- La presión atmosférica varía con la temperatura

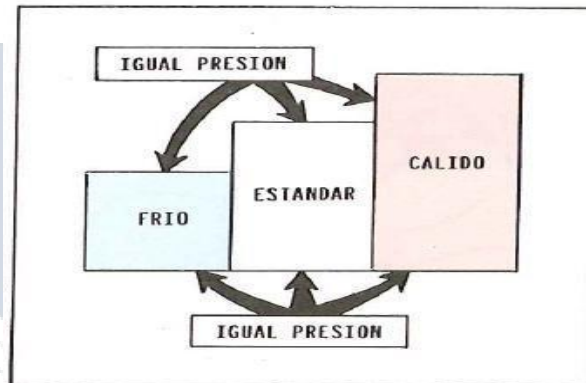


Figura 11. Tres columnas de aire muestran como la presión varía con la altura debido a la temperatura. La columna izquierda es más fría que la estándar y la columna derecha más cálida que la estándar. La presión es igual en la base de cada columna e igual en la cima de ellas. La presión disminuye más rápidamente con la altura en aire frío y con mayor lentitud en aire cálido.

## Altimetría

Debido al funcionamiento del altímetro y a las diferentes presiones de referencia que se pueden poner, se entiende por altitud a la distancia vertical existente entre el avión y un punto o nivel de referencia. Puesto que hay varios niveles de referencia también hay varios tipos de altitud. Las altitudes habitualmente definidas en los manuales son:

- **Altitud indicada.** Es la leída directamente del altímetro. Si está calado con el QNH, la altitud indicada será aproximadamente igual a la altitud del avión sobre el nivel medio del mar (MSL).



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

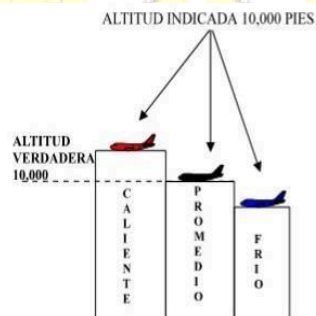


Fig. 6 La altitud indicada depende de la temperatura indicada que hay debajo de la aeronave. Cuando la presión es igual en la base y en la cúspide de cada columna, la altitud indicada es la misma en la lectura más alta que la altitud verdadera. Cuando el aire es más frío que el promedio (derecha), el altímetro da una lectura más alta que la altitud verdadera. Cuando el aire es más caliente que el promedio (izquierda), el altímetro da una lectura más baja que la altitud verdadera.

- **Altitud verdadera.** O altitud real, es la altitud real sobre el nivel del mar. La altitud de aeropuertos, montañas, obstáculos, etc... en las cartas se dan en altitud verdadera.
- **Altitud absoluta.** Distancia vertical real entre el avión y la tierra.
- **Altitud de presión.** Altitud leída del altímetro calado con QNE.
- **Altitud de densidad** Altitud de presión corregida con la desviación de temperatura no estándar. Conocer la altitud de densidad es necesario para determinar cuánta pista es necesaria para despegar y aterrizar, así como la velocidad de ascenso, sobre todo en días calurosos y húmedos en aeropuertos con una altitud considerable sobre el nivel medio del mar.

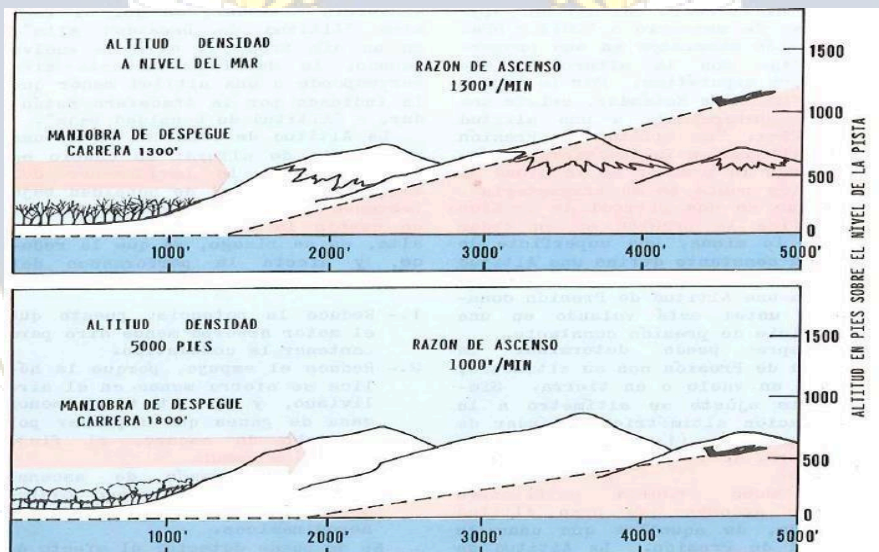


FIGURA 17. Efecto de la altitud de densidad en el despegue y ascenso. La altitud de densidad alta, aumenta la carrera de despegue y reduce la razón de ascenso.

- **Altitud determinada por radar.** Los aviones comerciales están equipados con radioaltímetros que indican la altitud absoluta, la cual sirve a los pilotos para determinar la altitud de decisión en las fases finales de aproximación y aterrizaje, especialmente cuando el techo y la visibilidad son bajos.



Escuela de Aviación Virtual  
"Capitán Manuel Avalos Prado"

### Ajuste altimétrico

La escala de altitud es ajustable, Ud. puede reglar el altímetro para leer la altura verdadera a una altura determinada (QNH), la figura 15 y 16 muestra los problemas que Ud. puede tener si no ajusta el altímetro





## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

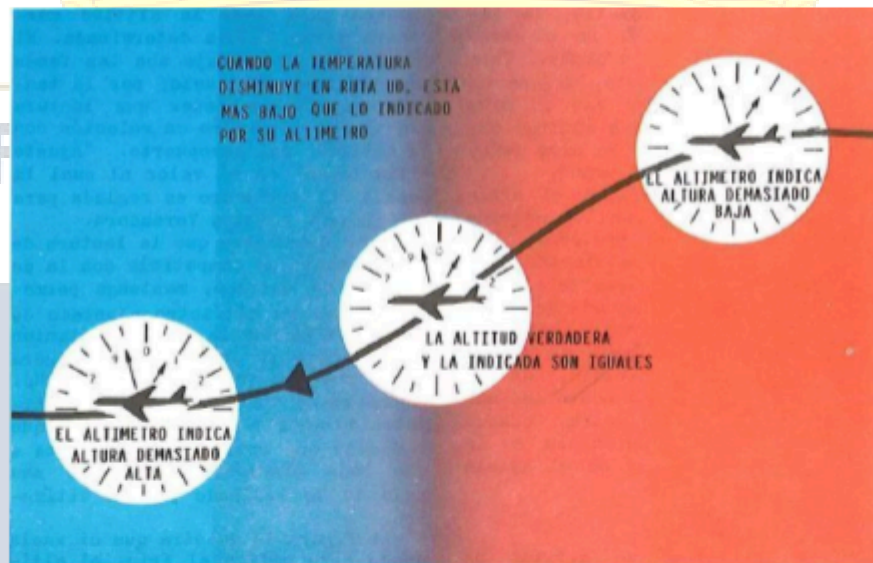


FIGURA 16. Efecto de la temperatura en altitud. Cuando el aire es más cálido que el promedio, Ud. está más alto que lo que su altímetro indica. Cuando la temperatura es más fría que el promedio, Ud. está más bajo que lo indicado. Cuando vuela desde aire cálido a frío a una altitud indicada constante, Ud. está perdiendo altitud verdadera.



FIGURA 15. Cuando vuela desde alta a baja presión sin ajustar su altímetro está perdiendo altitud verdadera.

### Resumen:

- Las características básicas del aire como fluido son: presión, temperatura y densidad.
- Presión atmosférica es la fuerza que ejerce la atmósfera por unidad de superficie.
- Densidad del aire es la cantidad de masa del mismo por unidad de volumen.

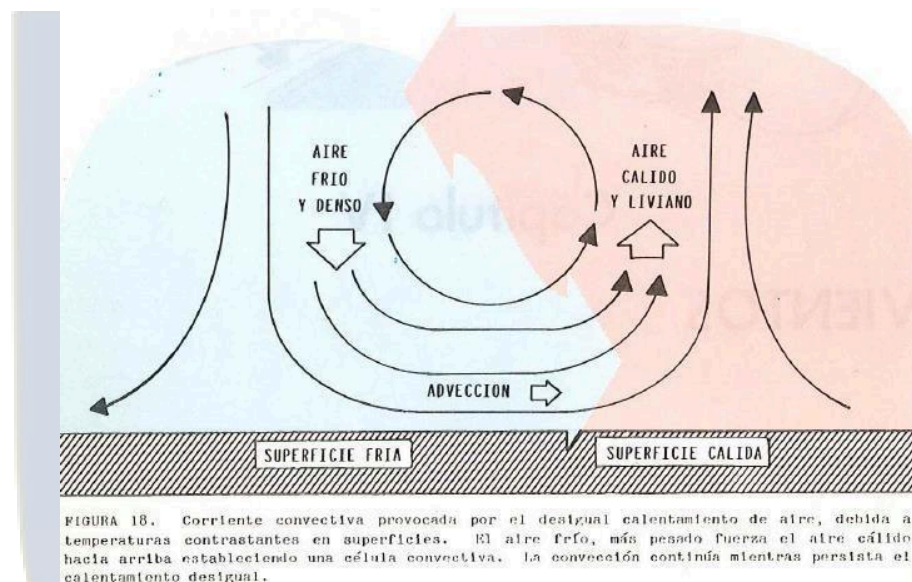
- Presión, temperatura y densidad son inversamente proporcionales a la altura. A mayor altura, menor presión, menor temperatura y menor densidad.
- La densidad es también inversamente proporcional a la temperatura. A mayor temperatura menor densidad.
- La atmósfera tipo o estándar, conocida como atmósfera ISA, es una atmósfera hipotética basada en medidas climatológicas medias.

## El Viento

El viento es el movimiento del aire que está presente en la atmósfera, especialmente, en la troposfera.

Las variaciones de presión y temperatura se deben, en gran medida, a la distribución desigual del calentamiento solar, junto a las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas.

Cuando las temperaturas de regiones adyacentes difieren, el aire frío por ser más denso tiende a descender en dirección a la masa de aire cálido, y ésta a su vez, por ser menos densa ascenderá, fenómeno llamado “convección”; lo cual genera el viento



Los vientos generados son perturbados en gran medida por la rotación de la Tierra.

### **Fuerza de gradiente de presión**

Las diferencias de presión originan una fuerza que sirve para encausar el viento, esta fuerza es la gradiente de presión, ella está orientada desde centros de alta presión a centros de baja presión y es perpendicular a las isobaras (isobaras muy juntas hay viento muy fuerte y viceversa). Si la tierra no rotara tendríamos dos grandes corrientes convectivas de aire. Pero como la tierra rota, esta circulación es más compleja.



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

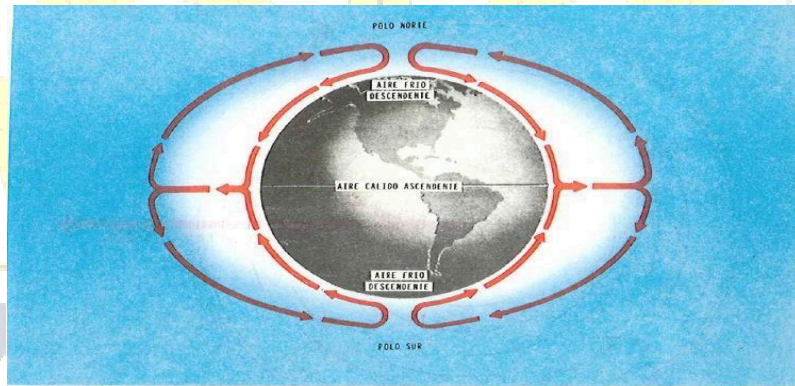


FIGURA 19. Como sería la circulación en un globo no giratorio. El calentamiento intenso en el Ecuador baja la densidad. Fluye más aire denso desde los polos hacia el Ecuador forzando hacia los polos el aire menos denso. La circulación sería dos grandes corrientes convectivas hemisféricas.

### Fuerza de Coriolis

Es la fuerza que causa la desviación que experimenta cualquier fluido (aire o agua), debido al movimiento de rotación de la Tierra.

Es máxima en los polos y nula en el ecuador.

Si la Tierra fuera inmóvil, el aire descendería desde los polos al ecuador, de norte a sur siguiendo los meridianos. Pero, dicho movimiento no se realiza de esa manera, debido a la velocidad de rotación de la tierra (distinta según la latitud):

máxima en los polos, por estar muy cerca del eje de rotación y, mínima en el ecuador). Así las masas de aire van sufriendo una desviación hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur



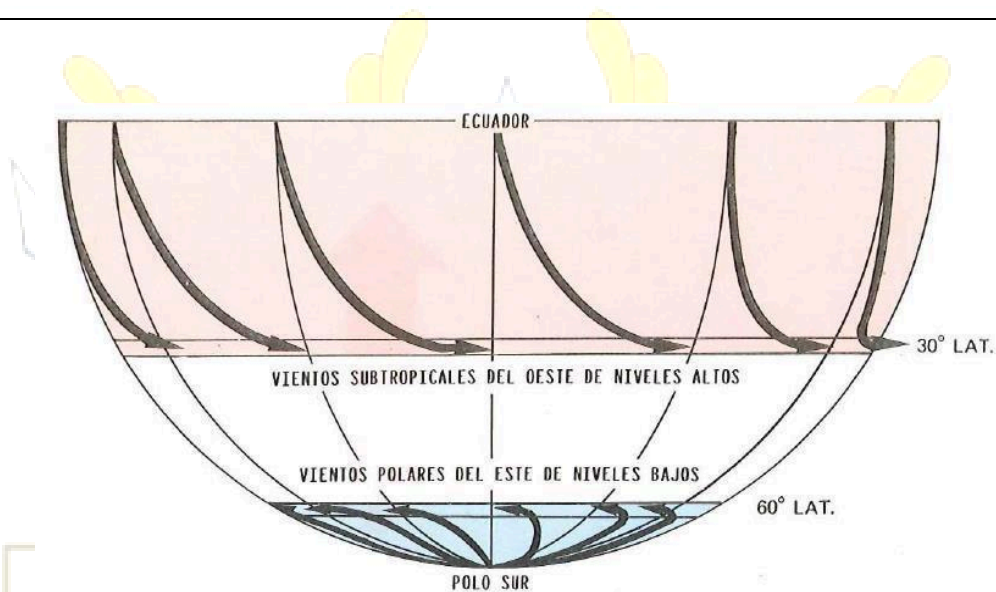


FIGURA 22. En el Hemisferio Sur, la fuerza de Coriolis, transforma los vientos del Norte en altura, en vientos del Oeste, cerca de 30° latitud. Los vientos en superficie del sur, provienen del polo, se convierten en vientos del Este, deteniendo parcialmente su viaje al Norte de la latitud de 60°. El aire tiende a acumularse en estas dos latitudes creando un "vacío" en las latitudes medias. La atmósfera inquieta no puede vivir con este vacío y busca el equilibrio planetario en los diferentes procesos edólicos.

### La circulación general

Cuando el aire es forzado a subir en el ecuador y comienza su viaje al sur, la fuerza de coriolis los desvía a la izquierda o al este (figura 22), el viento a los 30° latitud adquiere una componente oeste bloqueando los movimientos posteriores hacia el sur. Similarmente el aire sobre el polo inicia su viaje al hacia el norte en dirección al ecuador, es desviado a la izquierda y se convierte en un viento del este. Literalmente el aire se acumula entre los 30° y 60° de latitud en ambos hemisferios

### Fricción

La fricción entre el viento y la superficie del terreno retarda su movimiento. Mientras más irregular es el terreno o mayor es la velocidad del viento es mayor el efecto de fricción. A medida que la fuerza de fricción retarda la velocidad del viento, la fuerza de coriolis disminuye pero no el gradiente de presión (Es la diferencia de presión entre dos puntos situados entre isobaras) y pierde su equilibrio.

Una fuerza del gradiente de presión, mayor que la fuerza de coriolis dirigiendo el viento hacia zonas de presiones mas bajas, formando un ángulo con las isobaras, las 3 fuerzas adquieren un equilibrio en que las fuerza de coriolis y de fricción se combinan para equilibrar el gradiente de presión. La figura 28 muestra como los vientos de superficie se mueven en espiral hacia el exterior en las zonas de alta presión y hacia el interior en las zonas de baja presión cruzando las isobaras en un ángulo.

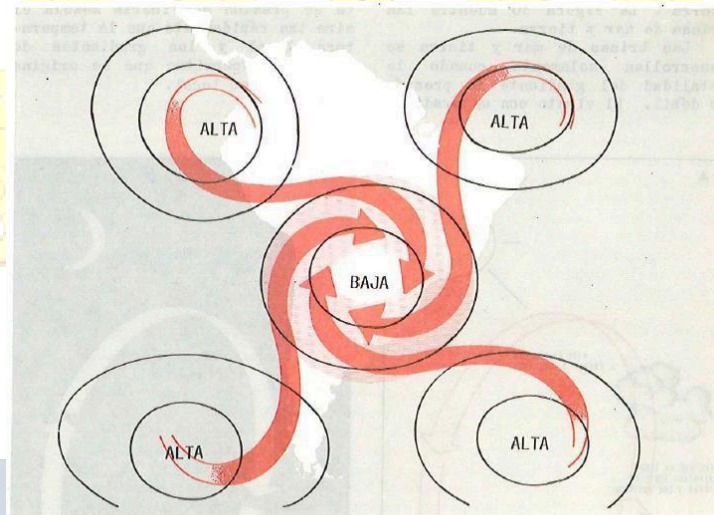


FIGURA 28. Circulación alrededor de los sistemas de presión en la superficie. El viento va en forma de espiral hacia el exterior desde una alta presión y hacia el interior en una baja presión, cruzando las isobaras en un ángulo.

### Corriente en chorro o jet stream

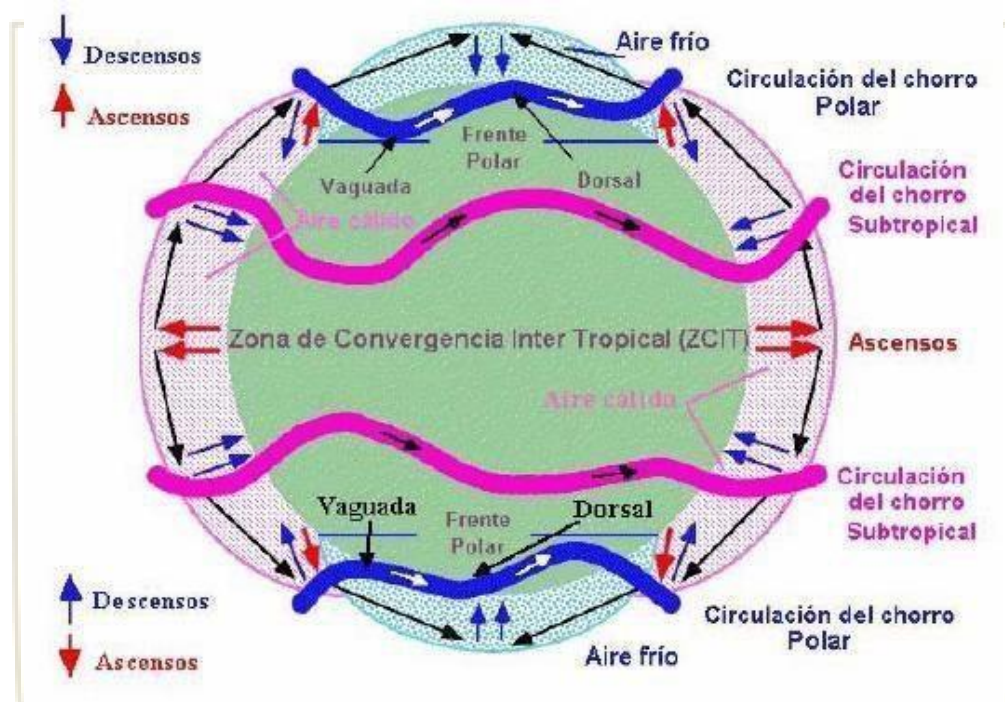
En la circulación de vientos global existen numerosas **corrientes que transportan el frío y el calor; y lo distribuyen por todos los rincones del planeta.**

En la parte alta de la troposfera, a unos 10 kilómetros de altura en latitudes medias, se localizan unas corrientes de aire donde el viento alcanza velocidades extraordinarias, del orden de los 250 km/h, siendo relativamente frecuente encontrar vientos de 350 km/h, e incluso de forma excepcional superiores a los 500. Los aviones comerciales surcan a menudo esos ríos aéreos, ya que volar con esos vientos a favor reduce el tiempo del viaje y ahorra combustible (Isla de Pascua a Santiago).



Podemos definir una corriente en chorro (*jet stream*, en inglés) como una fuerte y estrecha corriente de aire concentrada a lo largo de un eje casi horizontal a la altitud antes referida. Los chorros tienen una anchura típica de unos 200 kilómetros y un espesor que oscila entre los 5.000 y los 7.000 metros, aunque los vientos máximos sólo se alcanzan en su parte central, lo que se conoce como el núcleo del chorro. Para que una corriente en chorro sea considerada como tal, los vientos sostenidos de su núcleo deben alcanzar como mínimo los 65 nudos (aprox. 120 km/h).

Existen cuatro corrientes grandes en chorro circulando el planeta, dos en cada hemisferio.



### Vientos locales y de pequeña escala

Viento de valle y de montaña (catabático)

En el día el aire cercano a una pendiente montañosa se calienta por contacto con la superficie mientras recibe radiación solar, este aire se vuelve más caliente que el aire a una misma altitud pero lejos de la pendiente.

El aire más frío y denso de los alrededores desciende y empuja al aire caliente cerca del suelo hacia arriba de la pendiente montañosa, a este viento se le denomina "viento de valle" porque el aire fluye fuera del valle.

En la noche el aire con el contacto de la pendiente montañosa se enfría por radiación terrestre y se vuelve mas pesado que el aire circundante. Desciende a lo largo de la pendiente produciendo "el viento de montaña o catabático" el cual fluye desde por la pendiente montañosa, los vientos de montaña son generalmente mas fuertes que los de valle, especialmente en invierno (En Chile tenemos el viento raco o puelche).



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

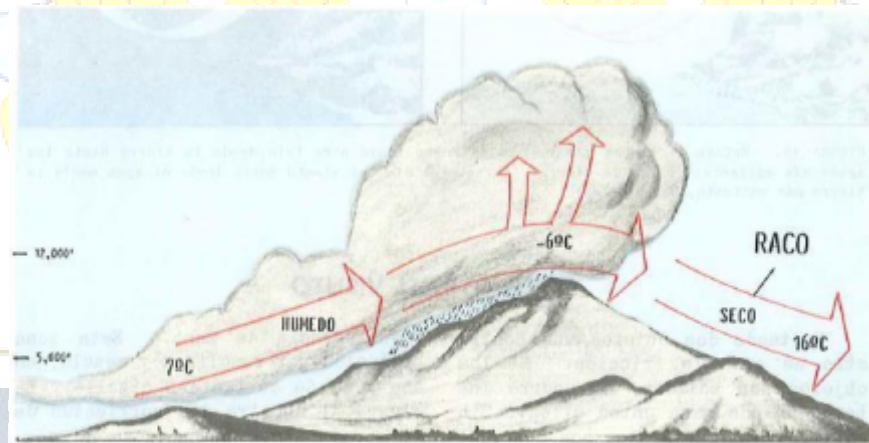


FIGURA 29. El "Raco" es un viento catabático (de pendiente descendente). El aire se enfría a medida que se mueve pendiente arriba y se calienta mientras se mueve pendiente abajo. El Raco ocasionalmente produce un calentamiento notable sobre las llanuras al Oeste de la Cordillera de los Andes.

### Brisa de mar y tierra

La capacidad de calentarse que tiene el mar y la tierra es la causa de la generación de las brisas de mar y de tierra.

Durante el día la tierra está más caliente y el aire aumenta de presión lo que origina un desplazamiento de las masas altas de aire hacia el mar. El vacío que se forma en la zona costera para recuperar el aire que se ha escapado por las zonas altas, produce un viento hacia la costa desde la mar. De esta manera se origina durante el día la brisa marina.

Por el contrario, durante la noche el efecto contrario establece la brisa de tierra. En este caso el mar está más caliente que la tierra y en las capas altas el aire se dirige a tierra creando un vacío en las capas bajas de la atmósfera marina que atrae el aire desde tierra hacia la mar. Por la noche se produce brisa desde tierra hacia el mar.



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

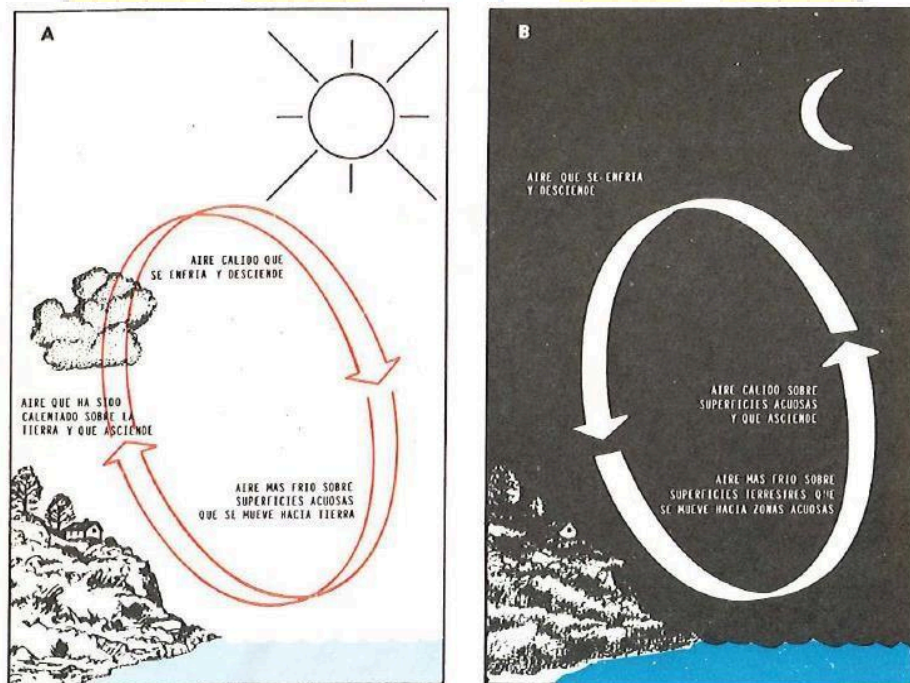


FIGURA 30. Brisas de tierra y mar. En la noche fluye aire frío desde la tierra hacia las aguas más calientes, brisa de tierra. Durante el día, el viento sopla desde el agua hacia la tierra más caliente, brisa de mar.

El instrumento más antiguo para conocer la dirección de los vientos es la veleta que con la ayuda de la rosa de los vientos define la procedencia de los vientos, es decir, la dirección desde donde soplan. La velocidad y dirección de los vientos se mide con el anemómetro.



### Humedad y Punto de Rocío

#### Vapor de agua

El agua se evapora en el aire y es uno de los contribuyentes permanentes pero variables de la atmósfera, el vapor de agua es invisible pero se puede medir y expresar de 2 formas: humedad relativa y punto de rocío.

**Humedad relativa:** esta se expresa en porcentaje y relaciona el vapor de agua realmente existente en la atmósfera con el que podría llegar a contener.

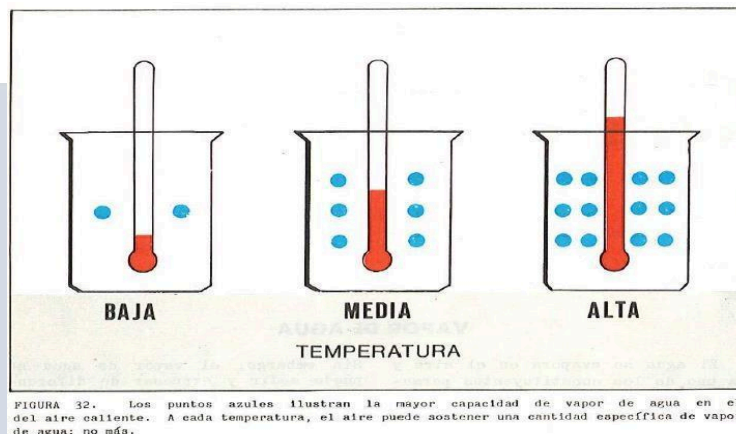


Es la temperatura la que determina la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contenerla. Figura 32 muestra como el aire caliente puede contener mas vapor de agua que el aire frio. La figura 33 relaciona el vapor de agua, la temperatura y la humedad relativa. La humedad relativa expresa el grado de saturación del aire cuando su valor es 100%, el aire está saturado, menos que 100% corresponde a no saturado.

Si un volumen dado de aire es enfriado hasta una temperatura a la cual no puede contener más vapor de agua que el presente en el momento, la humedad relativa será 100%, el aire está saturado ¿Qué temperatura es esa?

### Punto de rocío

Punto de rocío es la temperatura a que el aire debe enfriarse para que quede saturado por el vapor de agua presente en la atmósfera. Los informes metar incluyen la temperatura del aire y de rocío; y al comparar estas 2 temperaturas se puede calcular cuan próximos se encuentra el aire para saturarse, lo cual es importante para el pronóstico niebla.





## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

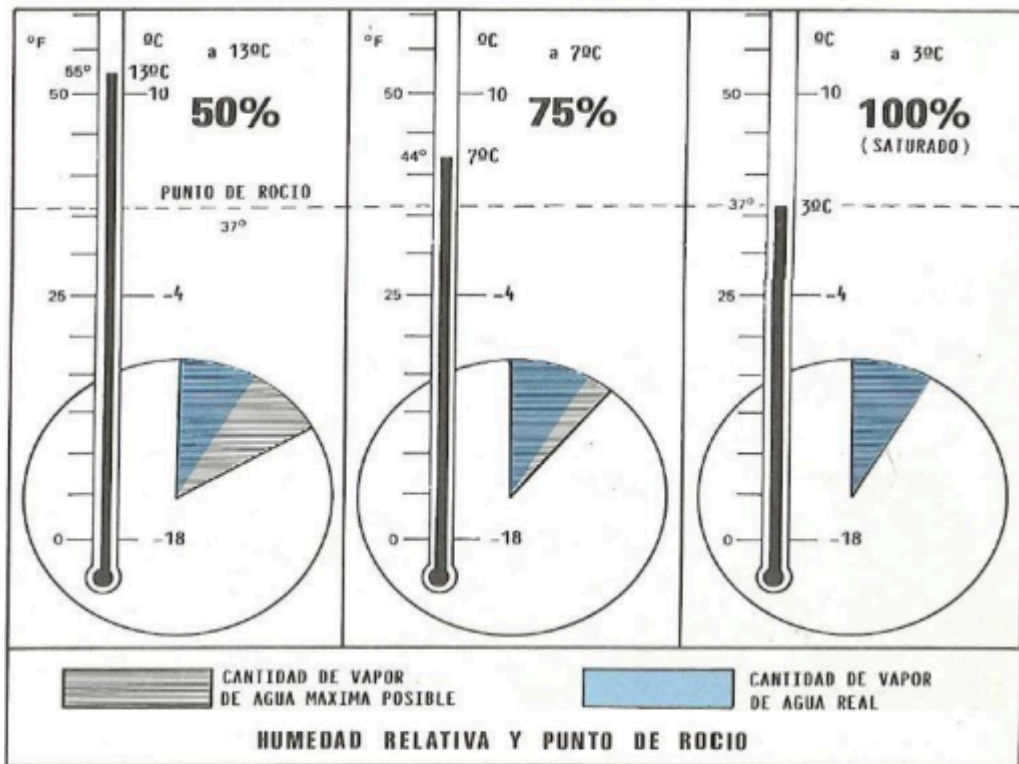


FIGURA 33. La humedad relativa depende tanto de la temperatura como del vapor de agua. En esta figura, el vapor de agua es constante, pero la temperatura varía. A la izquierda, la humedad relativa es 50%, el aire caliente podría contener el doble del vapor de agua realmente presente. A medida que el aire se enfría, centro y derecha, la humedad relativa aumenta. Cuando el aire se enfría a 3°C, su capacidad para contener vapor de agua disminuye a la cantidad realmente presente. La humedad relativa es 100% y el aire está ahora "saturado". Note que al 100% de humedad, la temperatura y el punto de rocío son iguales. El aire es enfriado hasta la saturación, es decir, hasta la temperatura del punto de rocío.

### Núcleos de condensación

Son pequeñas partículas de polvo, sal, etc. suspendidas en el aire que constituyen superficies de condensación, a medida que el vapor de agua se condensa en los núcleos de condensación, las partículas de hielo o líquido comienzan a crecer (la temperatura no influye ya que puede haber agua sobreenfriada).

### Agua sobreenfriada

Es agua que se mantiene líquida a pesar de estar bajo cero grados, pero que al contacto con un objeto sólido se congela lo cual es muy peligroso por la formación de hielo en las alas, motor, etc. del avión.

### Rocío y escarcha

Esta se produce en las noches despejadas con poco o nada de viento, la vegetación a menudo se enfría por radiación a una temperatura inferior a la del punto de rocío del aire adyacente. La humedad se condensa sobre las hojas, pasto y plantas.

La escarcha se forma muchas veces como el rocío, pero la diferencia es que el punto de rocío del aire circundante debe ser más frío que la temperatura de congelación, el vapor de agua entonces se sublima directamente en cristales de hielo o escarcha en lugar de condensarse como rocío.



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

### Formación de nubes

El aire debe saturarse para que haya condensación o sublimación debido al descenso de temperatura

### Nubes y Niebla

Las nubes son conjuntos visibles de diminutas partículas de agua o hielo suspendidas en el aire y si las nubes están en contacto con la tierra, se denomina niebla o nubes estratiformes (visibilidad menor a 1000mt es niebla, si es mayor es neblina)

### Precipitación

Este término incluye a llovizna, lluvia, nieve, hielo granulado, granizo y cristales de hielo, la precipitación ocurre cuando estas partículas de estos hidrometeoros crecen en tamaño y peso hasta que la atmósfera no puede sustentarlos y caen, estas partículas crecen de 2 formas:

- Gota de agua
- Cristal de hielo

### Tipos de Nubes

Las nubes para el piloto deben ser consideradas como señales de advertencia, ellas nos dan una indicación del movimiento del aire, estabilidad, humedad y los peligros potenciales relacionados con el vuelo. Tenemos 4 familias de nubes

- Nubes bajas
- Nubes medias
- Nubes altas
- Nubes de desarrollo vertical



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

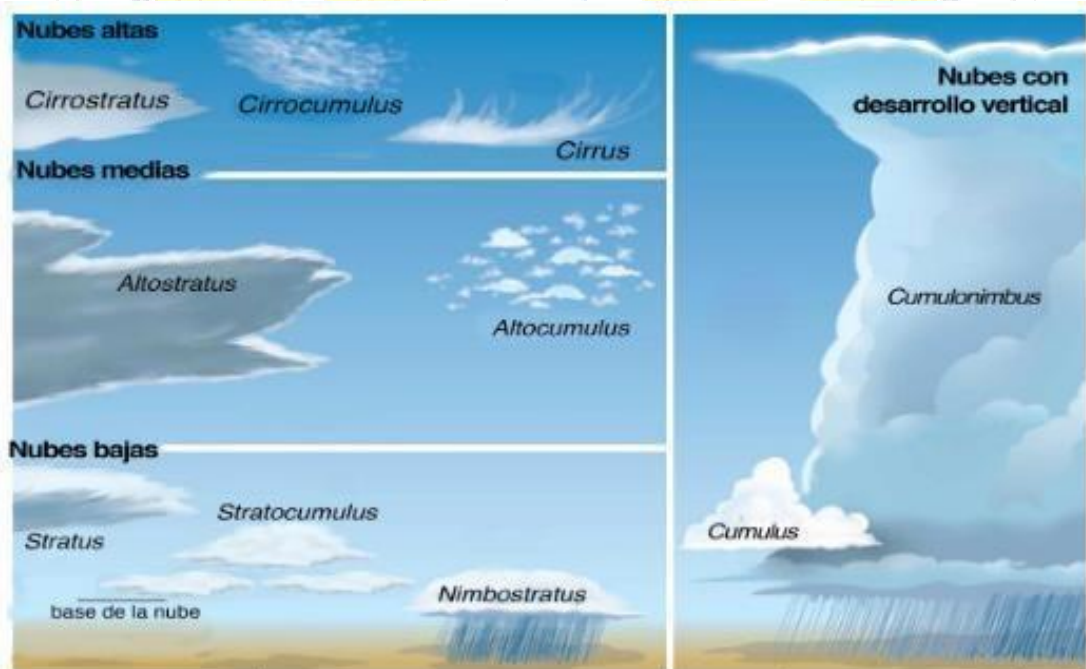
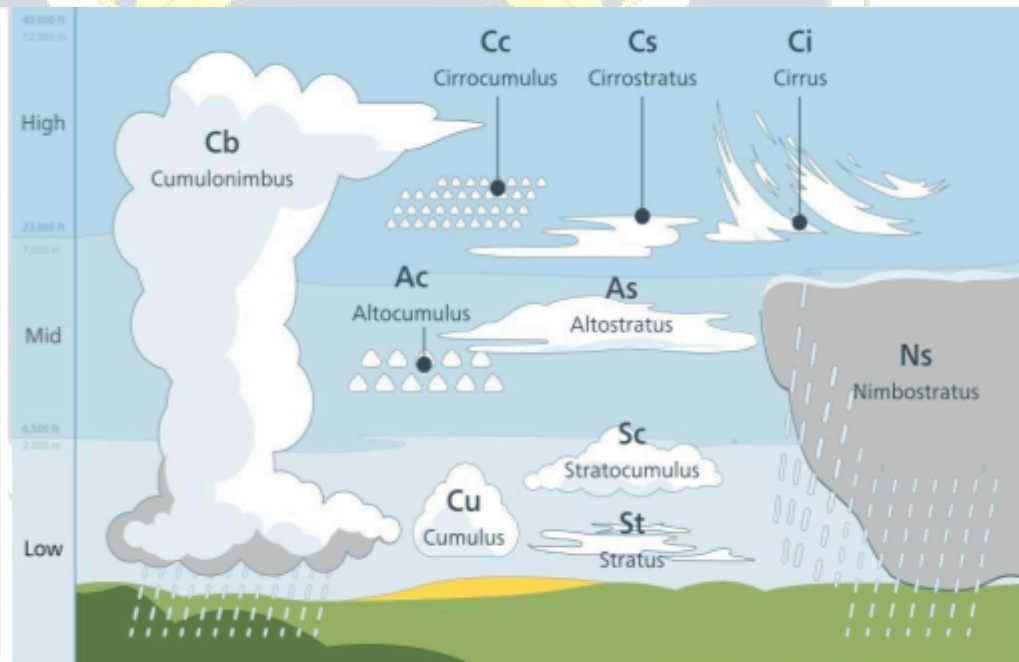


Figura 4. Clasificación de las nubes de acuerdo con su morfología y altitud. Ilustración de Ivette Torres Vera, disponible en [coursehero.com](http://coursehero.com)

| Tipo          | Abreviatura |
|---------------|-------------|
| Cirrus        | (Ci)        |
| Cirrocumulus  | (Cc)        |
| Cirrostratus  | (Cs)        |
| Altostratus   | (As)        |
| Altocumulus   | (Ac)        |
| Stratus       | (St)        |
| Stratocumulus | (Sc)        |
| Nimbostratus  | (Ns)        |
| Cumulus       | (Cu)        |
| Cumulonimbus  | (Cb)        |





## Frentes

Se llama **frente** a la zona de transición entre dos masas de aire de distintas características físicas: presión, humedad, densidad, temperatura, viento y energía potencial, es decir, es una superficie de discontinuidad en las propiedades del aire, puesto que separa dos masas de aire de distinta naturaleza, donde tienen lugar los fenómenos más importantes del tiempo.

Se clasifican como fríos, cálidos, estacionarios y ocluidos según sus características.

- **Frente frío** es una franja de inestabilidad que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente. El aire frío, siendo más denso, genera una "cuña" y se mete por debajo del aire cálido y menos denso. Los frentes fríos se mueven rápidamente. Son fuertes y pueden causar perturbaciones atmosféricas tales como tormentas de truenos, chubascos, tornados, vientos fuertes y cortas tempestades de nieve antes del paso del frente frío, acompañadas de condiciones secas a medida que el frente avanza. Dependiendo de la época del año y de su localización geográfica, los frentes fríos pueden venir en una sucesión de 5 a 7 días.

En mapas de tiempo, los frentes fríos están marcados con el símbolo de una línea azul de triángulos que señalan la dirección de su movimiento.

La velocidad de desplazamiento del frente es tal que el efecto de descenso brusco de temperatura se observa en pocas horas e incluso de pocos minutos en el caso de un simple cumulonimbo.

**Frente cálido** a la parte frontal de una masa de aire tibio que avanza para reemplazar a una masa de aire frío. Generalmente, con el paso del frente cálido la temperatura y la humedad aumentan, la presión baja y aunque el viento cambia no es tan pronunciado como cuando pasa un frente frío. La precipitación en forma de lluvia, nieve o llovizna se encuentra generalmente al inicio de un frente superficial, así como las tormentas convectivas y las lluvias que podrían generar tornados al igual que el frente frío. La neblina es común en el aire frío que antecede a este tipo de frente. A pesar de que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas veces puede originarse neblina en el aire cálido.

- **Frente ocluido** se forma donde un frente caliente móvil más lento es seguido por un frente frío con desplazamiento más rápido. El frente frío con forma de cuña, alcanza al frente caliente y lo empuja hacia arriba. Los dos frentes continúan moviéndose uno detrás del otro y la línea entre ellos es la que forma el frente ocluido. Así como con los frentes inmóviles, se puede dar una gran variedad de condiciones atmosféricas a lo largo de este tipo de frente, pero por lo general, son asociados con los estratos de nubes y la precipitación ligera. Los frentes ocluidos se forman, generalmente, alrededor de áreas de baja presión y cuando estas están debilitándose.

Los frentes ocluidos están marcados en los mapas meteorológicos con una línea punteada violeta entre las marcas del frente frío y el frente caliente que señalan la dirección de su desplazamiento.

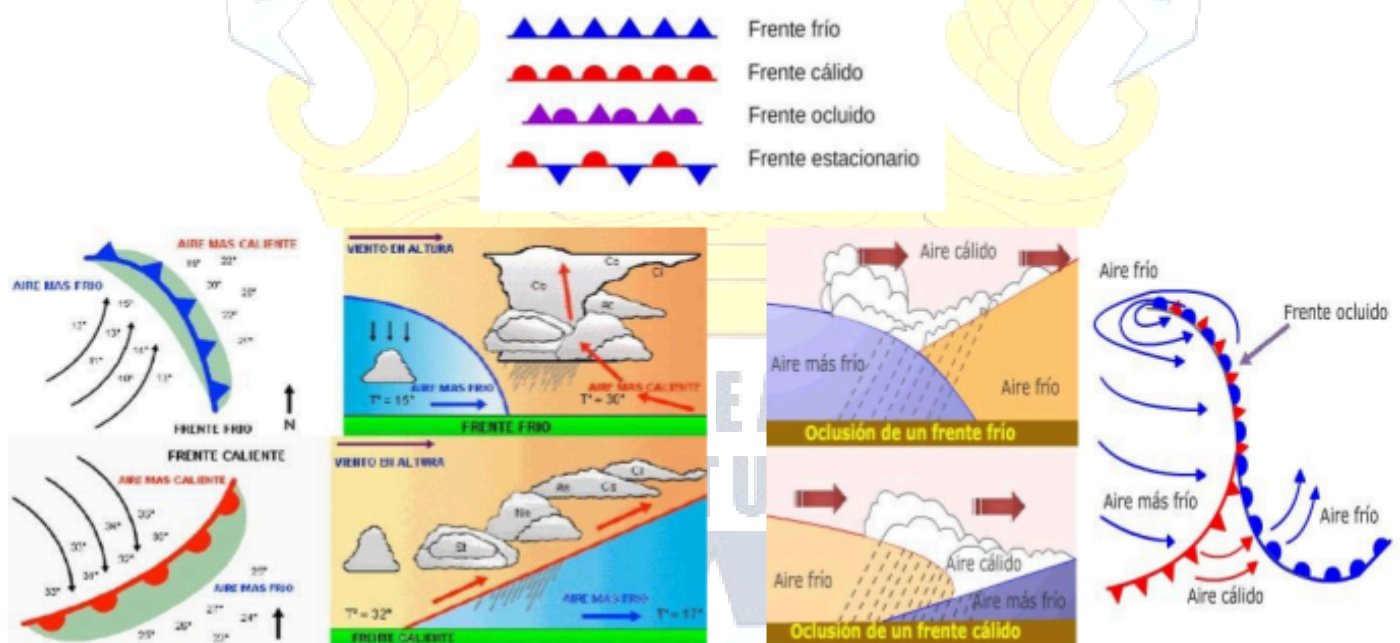
- **Frente estacionario** es un límite entre dos masas de aire, de las cuales ninguna es lo suficientemente fuerte para sustituir a la otra. Se puede encontrar una gran variedad de condiciones atmosféricas a lo largo de este tipo de frente, pero, generalmente, las nubes y la precipitación prolongada son las más frecuentes.

Después de varios días, los frentes estacionarios se disipan o se convierten en un frente frío o cálido. Estos frentes son más numerosos en los meses de verano. La precipitación prolongada asociada a ellos, es, a menudo, responsable de inundaciones durante los meses de verano.

En los mapas meteorológicos están marcados con una línea de círculos rojos y triángulos azules que se alternan, puestos en direcciones opuestas, representando la naturaleza dual del frente.



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"



### Turbulencia

Una atmosfera turbulenta es aquella en la cual las corrientes de aire cambian considerablemente en cortas distancias, esta puede variar desde pequeñas sacudidas a severos daños estructurales al avión.

La primera regla al volar en turbulencia es disminuir la velocidad a la indicada en el manual de vuelo (velocidad de maniobra).

Las principales causas de la turbulencia son:

- Corrientes convectivas
- Obstrucciones al flujo del aire
- Cortante de viento
- Turbulencia de estela

-Corrientes convectivas y obstrucciones al flujo del aire:



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

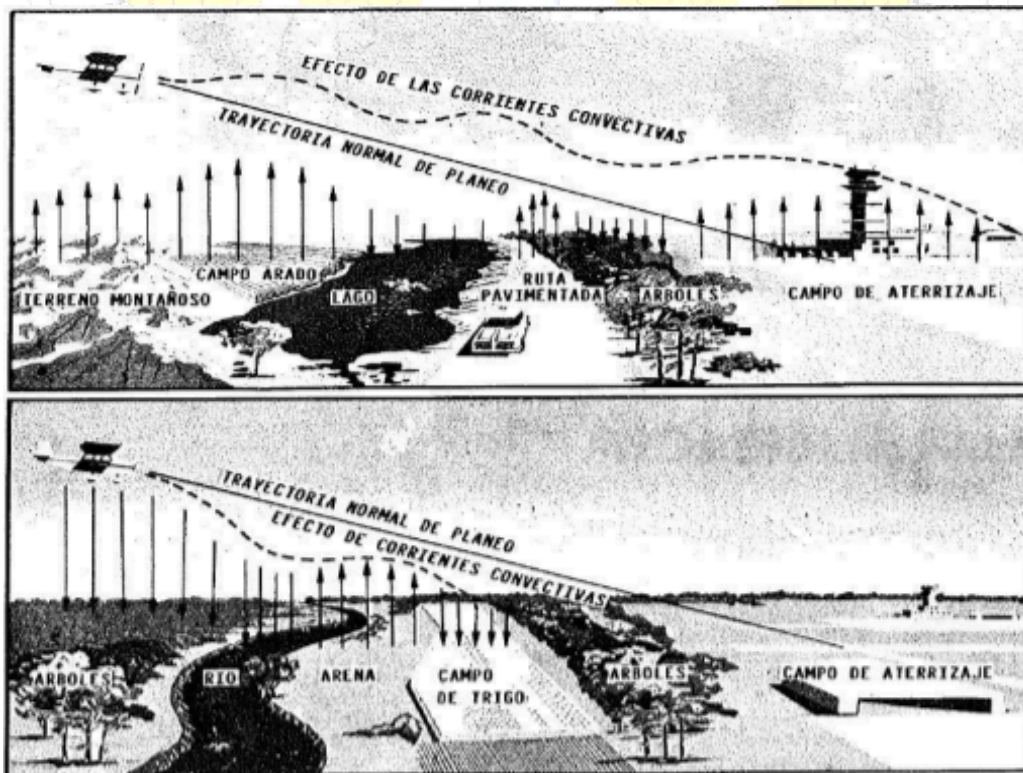
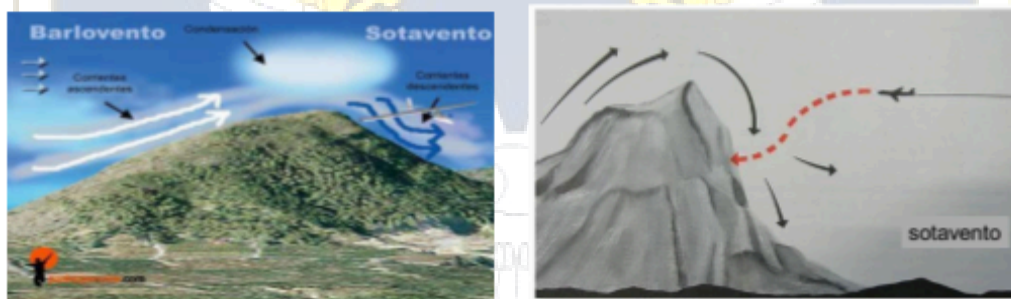


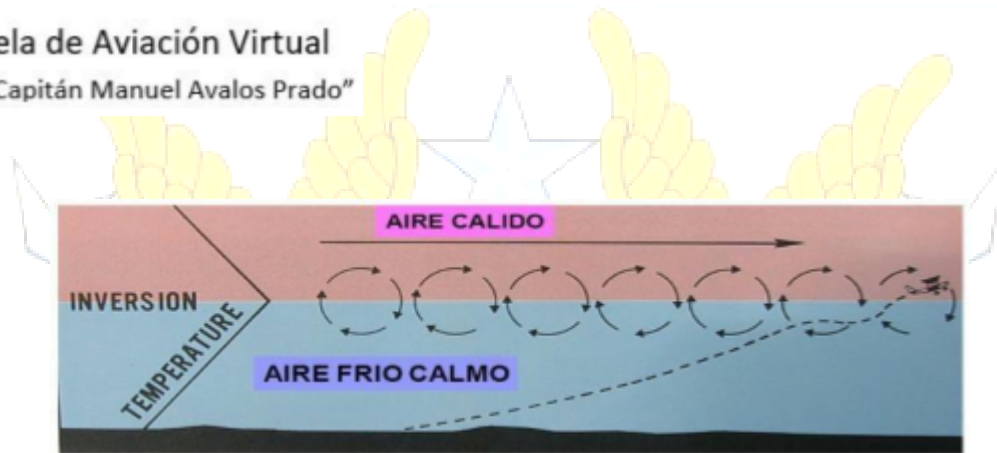
FIGURA 76. Efectos de las corrientes convectivas en una aproximación. Corrientes predominantemente ascendentes (arriba) tienden a causar que el avión vaya más allá de su punto de contacto. Corrientes predominantemente descendentes (abajo) tienden a causar que el avión pueda tocar antes de su punto de contacto.



Cortante de viento o windshear



## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"



Otro tipo de turbulencia que cabe destacar por su gran impacto aeronáutico es la **cortante o cizalladura (Windshear)**.

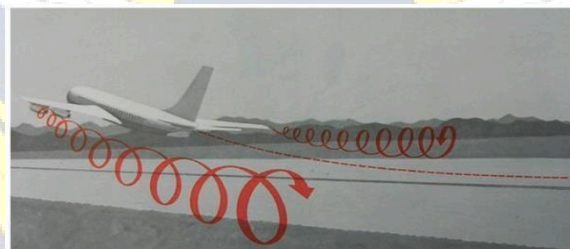
Las variaciones del viento súbitas a baja altura, han sido consideradas desde siempre como un serio peligro para las aeronaves que se encuentran en las fases de aterrizaje o despegue, al tener muy poca altura respecto al suelo para maniobrar y mantener el control sobre la aeronave.

Se considera que la cizalladura es fuerte cuando los cambios en el viento inducen a la aeronave a velocidades verticales de más de 500 pies por minuto.

FIGURA B6. Cortante de viento entre una zona de viento relativamente tranquilo bajo una inversión y una zona de viento fuerte sobre la inversión. Esta condición es más común en la noche o temprano en la mañana. Puede causar una turbulencia brusca a baja altitud.

### Turbulencia de estela

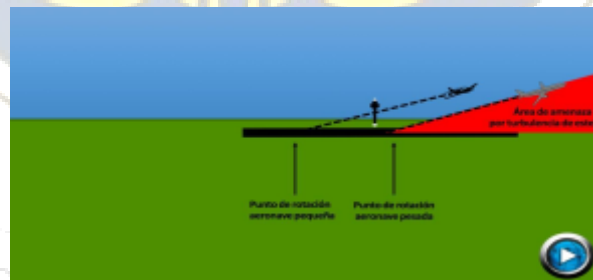
La turbulencia de estela (Wake turbulence) es un fenómeno resultante de la aerodinámica de los propios aviones. Sin importar el modelo y tipo del equipo, se produce desde el comienzo de la carrera de despegue hasta que avión hace contacto con la pista durante el aterrizaje. La turbulencia de estela es una gran amenaza para las aeronaves, particularmente para aquellas que son de menores dimensiones.



Cuando despegan los aviones de gran porte se desarrollan fuertes vórtices en las puntas de ala. Estos vórtices se crean cuando la aeronave inicia una actitud de vuelo y las alas comienzan a desarrollar sustentación.

### En el despegue:

Los pilotos tienen que rotar su aeronave antes del punto en dónde el primer avión pesado lo hizo. También es prudente aguardar al menos tres minutos después de que la aeronave pesada se elevó hasta con el fin de esperar a que se disipe el fenómeno.

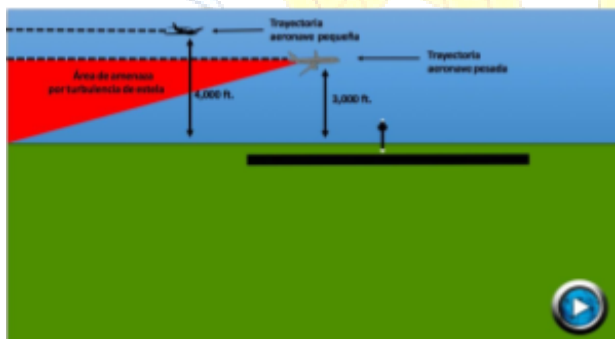


### En vuelo:



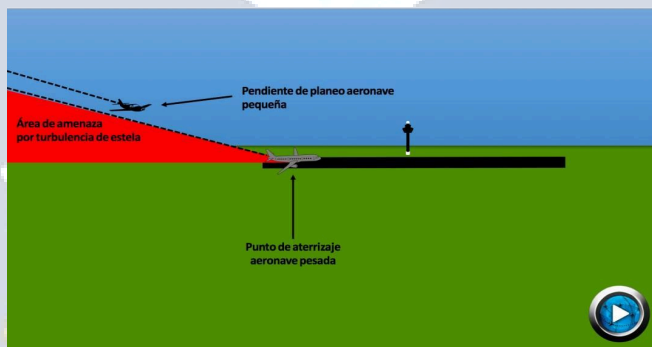
## Escuela de Aviación Virtual "Capitán Manuel Avalos Prado"

Durante el vuelo, los pilotos deben mantenerse por encima de la trayectoria de la aeronave pesada, ya que la turbulencia de estela tiende a desplazarse hacia abajo.



### En el aterrizaje:

En una aproximación, los pilotos tienen que mantener una pendiente de planeo con mayor altitud que aquella realizada por la aeronave pesada, aterrizando después del punto en donde la aeronave heavy realizó el contacto con pista.



### Formación de hielo

La formación de hielo es uno de los mayores peligros para la aviación, es acumulativo y reduce la eficiencia del avión aumentando su peso, reduciendo la sustentación y empuje; y aumentado la resistencia al avance como lo muestra la figura 89.



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

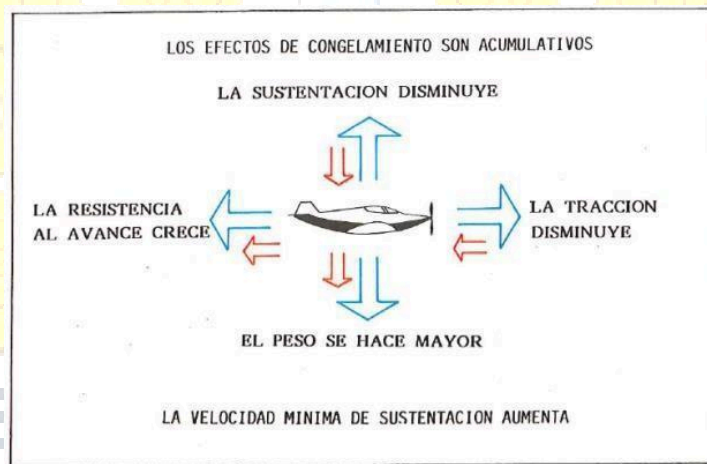


FIGURA 89. Efectos de la formación de hielo

Para que se produzca la formación de hielo deben darse 2 condiciones:

- El avión debe volar a través de agua visible, tal como la lluvia o gotitas de nube.
- La temperatura en el punto donde las gotitas golpean al avión deben tener  $0^{\circ}\text{C}$  o menos, el enfriamiento aerodinámico puede bajar la temperatura de un perfil alar a  $0^{\circ}\text{C}$  aunque la temperatura ambiente sea un poco más alta. El agua sobreenfriada aumenta el promedio de formación de hielo.

### Hielo claro o transparente

Este hielo se forma por el efecto del impacto de gotas sobre la superficie del avión, congelándose como una cubierta suave de hielo solido.

Los lugares de mayor formación de hielo lo encontramos en los bordes de ataque de las alas, en las hélices, tubos pitot, nacelas de entrada de aire y carburadores del motor.





## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

Para evitar la formación de hielo se utiliza el sistema de botas que se colocan en el borde de ataque de las alas y hélices como también calentadores de tubos pitot y aire caliente al carburador.



La bota de deshielo de goma negra se infla con aire, lo que produce crestas para agrietar y desalojar el hielo acumulado.

### SIGUIENTE CLASE 2

#### Interpretación Metar

**METAR:** Es un Reporte Meteorológico Aeródromo de tipo horario, emitido en Chile cada 1 hora. Y su preparación es basada con la información meteorológica de los últimos 15 minutos antes a su hora de emisión.

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01 Q1001 RESQ WS RWY07R BECMG 7000 BKN040 TEMPO 4000 BKN030**

Tranquilo, no es tan difícil, vamos a ir despedazando y en cada grupo aprovecharé para ir comentando todas las posibilidades.

- METAR, identifica precisamente eso: que es un **METAR**.
- Aeródromo: **LEBL**
- Día y hora UTC: **270900Z**
- Opción AUTO: **AUTO**
- Viento en superficie: **30018G35KT 240V330**
- Visibilidad general: **1200NE 6000S**
- Visibilidad en pistas: **R25L/0900V0700D**
- Fenómenos meteorológicos actuales: **+TSGRRA**
- Nubes: **FEW015 BKN020TCU OVC050**
- Temperatura/punto de rocío: **02/M01**
- QNH: **Q1001**
- Fenómenos meteorológicos recientes: **RESQ**
- Cizalladura: **WS RWY07R**
- Pronóstico de tendencia: **BECMG 7000 BKN040 TEMPO 4000 BKN030**

Aunque no se estudiarán aquí, también podrían encontrarse dos grupos más:

- Estado de las pistas (justo después de fenómenos recientes, y antes de cizalladura)
- Notas (en último lugar)



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

Veamos el detalle y posibilidades de cada grupo. Te sugiero que olvides de momento el METAR anterior. Comenzaremos construyéndolo grupo por grupo. Cuando finalicemos, vuelve a echarle un vistazo. Ojalá puedas comprenderlo más fácilmente. Si es así, habré cumplido mi objetivo.

### Estructura de un METAR:

#### AERÓDROMO:

**METAR LEBL** Es el nombre que otorga la OACI al aeródromo donde se ha efectuado la observación meteorológica. LEBL corresponde a Barcelona **DÍA Y HORA UTC:**

#### **METAR LEBL 270900Z**

- **27** es el día. Siempre son los dos primeros dígitos de este grupo.
- **0900** corresponde a las 09:00 de la mañana. Se da siempre en formato 24 horas, es decir, que para las nueve de la noche sería 272100Z
- **Z** indica simplemente que se trata de una hora Zulú o UTC.

#### **AUTO:**

#### **METAR LEBL 270900Z AUTO**

**AUTO** significa que el METAR se ha generado sin intervención humana en la observación y anotación, es decir, que procede de sensores y computadores que lo generan automáticamente.

#### **VIENTO EN SUPERFICIE:**

#### **METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330**

- **300** es la dirección en grados magnéticos de la que procede el viento (no hacia dónde va). La dirección siempre se da con 3 dígitos. Así, si el viento viene de los 90 grados magnéticos, se pondrá 090.
- **18** es la fuerza del viento en nudos (Millas náuticas/hora). Siempre se da en dos cifras (raramente se alcanzarán más de 99 nudos de viento, y si se alcanzasen con total seguridad el aeródromo permanecería cerrado).
- **G** indica GUST (Rachas)
- **35** es la máxima intensidad de las rachas detectadas
- **KT** (knots) indica que tanto la intensidad del viento como las rachas se miden en nudos. • **240V330** indica que el viento varía entre los 240 y los 330 grados magnéticos.

Lo anterior representa el caso complejo. Sin embargo, podemos encontrar grupos mucho más simples. Pondré algunos ejemplos:

- 30018KT 240V330. En este caso no hay rachas
- 30018KT. El viento no es variable, o varía con menos de 60° de ángulo.
- 00000KT. Viento en calma absoluta
- VRB04KT. Viento escaso de 4 nudos, y dirección variable.
- VRB. Viento escaso y variable.

Forma más habitual de indicarlo: LEBL 270900Z 30018KT

#### **VISIBILIDAD GENERAL:**



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S**

La visibilidad se mide en metros.

**1200 metros hacia el Noreste, y 6000 metros hacia el Sur.**

Otras posibilidades de este grupo son las siguientes:

- 9999. Visibilidad de más de 10 Kilómetros. No es necesario indicar visibilidades superiores, ya que ésta se considera suficiente para la navegación segura.
- 6000. Visibilidad constante de 6000 metros en cualquier dirección

Forma más habitual de indicarlo: LEBL 270900Z 30018KT 9999

### VISIBILIDAD EN PISTAS:

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D**

En caso de que la visibilidad sea menor a 1500 metros, entonces es obligatorio que aparezca este grupo. No es habitual. • **R25L** (Runway 25L) Indica la pista a la que se refiere la anotación

- **0900** 900 metros de visibilidad horizontal
- **V0700** variando a 700 metros
- **D** (Down) Decreciendo la visibilidad. Podría ser también U (Up), creciendo; N (No changes), sin cambios

Otras posibilidades:

- R25L/0300 300 metros de visibilidad de la pista 25L, sin variaciones.
- R25L/0300V0500U. Aumentando la visibilidad de 300 a 500 (U=Up).
- R25L/M0050. para visibilidades muy reducidas, menores de 50 metros, se indica así.

Como he dicho, este grupo sólo es obligatorio en condiciones de visibilidad reducida, por lo que no suele aparecer demasiado a menudo en los METAR.

### FENÓMENOS METEOROLÓGICOS:

El único inconveniente de este grupo es la gran cantidad de siglas a recordar.

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S  
R25L/0900V0700D +TSGRRA**

En el ejemplo, estamos diciendo que tenemos fuertes tormentas con abundante granizo y lluvia. Más granizo que lluvia. Pero, claro, esto es sólo uno de los múltiples ejemplos que pueden darse.

Para organizarnos, consideraremos subgrupos:

- La intensidad del fenómeno se marca con + (fuerte) o – (débil). Si no se pone nada, significa moderado o normal.
- Si aparecen las siglas VC, se estará hablando de un fenómeno que se observa en las proximidades (Vicinity) del aeródromo, pero no en el aeródromo propiamente.
- Después podrán identificarse uno o varios fenómenos meteorológicos, por el orden de importancia, de mayor a menor.
- Por último, podrán darse diferentes grados de oscurecimiento del cielo.

En cuanto a los fenómenos meteorológicos más habituales, pueden ser:



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

- DZ (Drizzle) Llovizna
- FZ (Freezing) Gotas de agua muy frías
- GR (Grain) Granizo
- RA (Rain) Lluvia
- SH (Showers) Chubascos
- SN (Snow) Nieve
- TS (Thunderstorm) Tormenta

Los oscurecimientos más habituales son:

- BR (Bruma) Neblina
- FG (Fog) Niebla
- FU Humo
- HZ (Haze) Calima
- SQ (Squall line) Turbonadas

Otras siglas comúnmente usadas son:

- BC Bancos
- MI Bajo
- PR (Partial) Sólo en parte del aeródromo.

De estas últimas siglas, el uso más habitual es como complemento para nieblas.  
Por ejemplo, BCFG = Bancos de niebla.

### NUBES:

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050**

Puede aparecer uno o más bloques de nubes. Cada uno, identifica una capa distinta.

Para entender las siglas de cada tipo, debemos imaginar que el cielo se ha dividido en 8 porciones, y se habla de:

- **SKC** (Sky Clear) con cielo completamente despejado (0/8 partes tapadas)
- **FEW** (escasas), cielo tapado sólo de 1/8 a 2/8
- **SCT** (scattered), nubes dispersas tapando de 3/8 a 4/8
- **BKN** (broken), cielo quebrado, tapando de 5/8 a 7/8
- **OVC** (Overcast) Tapado completamente: 8/8

Tras las siglas, se halla la altura en pies (en cientos de pies) de las nubes respecto al terreno. Por ejemplo, FEW015 indica nubes escasas a 1500 pies del suelo.

En el caso de nubes especialmente peligrosas para la aviación, como los cumulonimbos (CB) y los TangoCúmulos (TCU), se añadirá tras la altura. Por ejemplo, BKN020TCU indica cielo quebrado a 2000 pies del suelo, con la presencia de TangoCúmulos.

Para completar el ejemplo, sólo quedaría decir que a los 5000 pies del suelo el cielo ya está totalmente tapado: OVC050.

Como elementos poco habituales, pero posibles, podemos encontrar:



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

- VV/// Significa que no hay datos sobre visibilidad vertical.
- SCT/// Significa que el observatorio está por encima de las nubes, en caso de que esté en montañas.

### La palabra especial CAVOK

- **CAVOK** (Ceiling and Visibility OK) es una palabra reservada que se utiliza para días tranquilos: con buena visibilidad, sin prácticamente nubes (al menos no nubes bajas), y sin fenómenos meteorológicos destacables. Si en un METAR encontramos CAVOK, significa que no es necesario que nos den información sobre visibilidad, fenómenos meteorológicos ni nubes.

Por ejemplo: METAR LEBL 271230Z 11507KT CAVOK

METAR de Barcelona El Prat, del día 27, a las 12:30 del mediodía, vientos provenientes de rumbo magnético 115, con fuerza 7 nudos, tiempo tranquilo: buena visibilidad, sin nubes molestas, sin fenómenos meteorológicos de relevancia.

### TEMPERATURA Y PUNTO DE ROCÍO:

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01**

Las temperaturas y puntos de rocío se miden en grados centígrados.

- Antes de la barra encontraremos la temperatura actual: 02
- Después de la barra, el punto de rocío. M01

En el caso de que sean temperatura bajo cero, se pondrá la M (para distinguirlo del + - que se utiliza en intensidad de fenómenos meteorológicos.)

En el ejemplo anterior, hay una temperatura de 2°C, y el punto de rocío es -1°C.

¿Qué es el punto de rocío?

Técnicamente es la temperatura a la que debería enfriarse el aire para saturarse, es decir, la temperatura a la que el aire comenzaría a expulsar vapor de agua que ya no puede retener. La consecuencia evidente es que se producen fenómenos meteorológicos relacionados con el agua, bien sea niebla, lloviznas u otros.

Por tanto, si la temperatura y el punto de rocío son números muy próximos, y además se intuye cierta tendencia a la baja en la temperatura actual (por ejemplo porque está atardeciendo), con bastante probabilidad se formarán nubes o niebla. Debe tenerse muy en cuenta al volar sobre todo en VFR (Visual Flight Rules), ya que muy probablemente perderemos las condiciones meteorológicas visuales (VMC).

### QNH:

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01 Q1001**

Una de las informaciones absolutamente habituales en los METAR es el QNH, es decir, la presión a nivel de mar deducida de la del aeródromo. Se usa para ajustar el altímetro por debajo de ciertas altitudes o niveles de vuelo. Puede darse en dos escalas distintas:

- Q= Hectopascales: Q1001 indica 1001 hectopascales
- A = Pulgadas de mercurio x 100: A2992 indica 29,92" = 1013 hPa.

Lo más habitual en Europa es encontrar QNH mediante la escala de hectopascales.



En EEUU se utiliza la escala de pulgadas.

#### FENÓMENOS RECIENTES:

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01 Q1001 RESQ**

Si aparece este grupo se indican fenómenos meteorológicos que ya no están sucediendo, pero que han sucedido recientemente.

Las dos primeras siglas serán RE (recent). Después se insertarán todas las correspondientes a los fenómenos meteorológicos que se quieran reseñar.

Este grupo es realmente escaso en los METAR.

#### CIZALLADURA:

Se llama cizalladura a cambios repentinos y violentos tanto en la dirección como en la intensidad del viento en las capas bajas. En una aproximación para aterrizar, o en un despegue, es de los fenómenos más peligrosos para los pilotos.

**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01 Q1001 RESQ WS RWY07R**

- El grupo comienza con las letras WS (Wind Shear)
- Continúa con RWY (runway) seguido del identificador de pista 07R

WS RWY07R significa cizalladura en las proximidades de la pista 07 derecha. (recordemos que cuando hay varias pistas paralelas, se distinguen mediante las letras L=left, C=center, R=Right) **PRONÓSTICO DE TENDENCIA:**

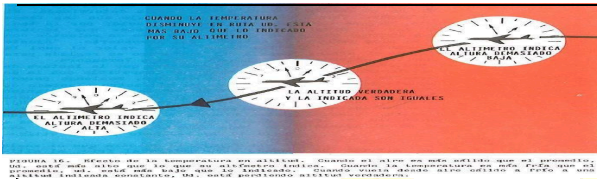
**METAR LEBL 270900Z AUTO 30018G35KT 240V330 1200NE 6000S R25L/0900V0700D +TSGRRA FEW015 BKN020TCU OVC050 02/M01 Q1001 RESQ WS RWY07R BECMG 7000 BKN040 TEMPO 4000 BKN030**

El METAR puede incorporar un pequeño grupo de pronóstico para las 2 siguientes horas a su emisión, donde se destacan tendencias.

Las palabras claves son las siguientes:

- **BECMG** (Becoming), indica tendencia permanente. Después seguirán grupos tal como ya se han explicado.
- **TEMPO** (Temporary) indica tendencia temporal, es decir, algo que se cree se producirá y se extinguirá en menos de una hora. Después seguirán grupos tal como se han explicado.
- **NOSIG** (No significant) indica que no se esperan cambios significativos en la meteorología.
- **NSW** indica que se espera la finalización de fenómenos meteorológicos relevantes.
- **NSC** indica que no se espera nubosidad por debajo de 5000 pies sobre el suelo.
- Si recuerdas, dijimos que **CAVOK** significaba sin nubes bajas, sin fenómenos meteorológicos destacables, y con visibilidad. En el caso de menores visibilidades, o de algún fenómeno meteorológico destacable, pero sin nubes por debajo de 5000 pies, entonces se utilizará **NSC**.

Por ejemplo: BECMG 7000 BKN040 TEMPO 4000 BKN030 indica que se prevé visibilidad de 7000 metros en horizontal, y cielo roto (5/8 a 7/8 cubierto) a 4000 pies sobre el suelo. Temporalmente, la visibilidad horizontal podría descender a 4000 metros, y las nubes pueden bajar hasta 3000 pies del suelo.



Repasemos en forma más didáctica

## Conceptos Básicos

DESIGNADOR DE LA ESTACIÓN

DIA Y HORA DE EMISIÓN

SCTB 151200Z

## Viento

DIRECCIÓN DEL VIENTO

**190°** = Indica de donde proviene el viento

**VRB:** Ocupará el lugar de 190° cuando no se pueda indicar una sola dirección.

Cuando exista una variación del viento superior a 60° con una intensidad de más de 3 nudos, se indicará el rango de la misma

Ej: **19010KT 130V250**

19010G25KT

KT  
=  
NUDOS

FUERZA DEL VIENTO

**10G25KT** = 10 Nudos con rachas de 25.

Las rachas deben ser superiores al promedio en más de 10 nudos para informar G

G viene de GUSTY = RACHAS.

## VISIBILIDAD

VISIBILIDAD:

- Al reportar **CAVOK**, tendremos 10 kms o más de visibilidad horizontal sin nubes o con nubes sobre los mínimos de seguridad del sector. De mantenerse la condición (10 kms o más), pero las nubes están bajo los mínimos de seguridad, se reportará 9999.
- Si la visibilidad continuara reduciéndose, estas variaciones se reportarán cada vez que disminuya 1000 metros, entre 9000 y 5000.
- Con 8000 mts.**, se podría tener fenómenos como VCFG (niebla en la vecindad) o VCSH (Chubascos en la vecindad).
- El Aeródromo operará **VISUAL** con 5000 metros o más de visibilidad.
- Bajo los 5 kms (las variaciones de visibilidad se reportarán cada 8000 se reportarán cada 600 mts hasta los 3000 mts) o bajo los 450 metros de techo (4/8 o más) existiendo una de las dos, el Aeródromo operará en condiciones **VFR ESPECIAL** hasta los 2 kms de visibilidad y 350 mts de techo (500 mts de visibilidad, para helicópteros, pudiendo ingresar o salir del CTR, una aeronave a la vez. Cuando la visibilidad oscila entre los 3000 y 1000 mts, las variaciones se reportarán cada 100 m.

1000

CONDICIONES PARA REPORTAR **CAVOK**.

La Visibilidad debe ser **SUPERIOR** a 10 kms. Sin fenómenos significativos que disminuyan la visibilidad, sin presencia de TCU (cúmulos potentes) o CB (cumulonimbus), ninguna nube por debajo de 1500 mts. (5000 ft) o por debajo de **LA ALTITUD MINIMA DE SEGURIDAD DEL SECTOR** (de las dos, la mayor)

Ej: SCTB= Mínimo de seguridad 20000ft, podrá reportar CAVOK solo con nubes sobre 6000 mts, 20000 ft.



## VISIBILIDAD

### RVR (Runway Visual Range)

Instrumento ubicado en ambos umbrales, en los aeródromos que está disponible permite con exactitud determinar la visibilidad horizontal de ella, la existencia de este bloque no necesariamente reemplaza al bloque de visibilidad, pudiendo informarse ambos

N=SIN CAMBIOS  
D= BAJANDO  
U= SUBIENDO

R19/0900U

900 MTS Y  
SUBIENDO

## VISIBILIDAD

### DESCRPTORES

MI: Baja  
BC: Bancos  
SH: Chubascos  
DR: T. Viento poca altura  
BL: T. Viento cierta altura  
TS: Tormenta  
FZ: Super enfriado (Freezing)

Constituirá capa cuando existan 4/8 o más, se informa aún cuando no constituya capa por tratarse de nubosidad baja.

+SHRA SCT010

### CALIFICADORES

VC: En las proximidades  
- : Leve (débil)  
+ : Fuerte  
: Moderado, sin calificador

### FENOMENOS

DZ: Llovizna  
RA: Lluvia  
SN: Nieve  
SG: Granos de nieve  
PE: Pelotitas de Hielo  
GR: Granizo  
BR: Neblina  
HZ: Bruma  
FU: Humo  
FG: Niebla  
SA: Arena  
VA: Ceniza Volcánica



## Escuela de Aviación Virtual

### "Capitán Manuel Avalos Prado"

# VISIBILIDAD

**CLAVES:**  
SKC: Despejado (sin nubes)  
FEW: Escasas, 1 a 2 octas  
SCT: Parcial, 3 a 4 octas  
BKN: Nublado, 5 a 7 octas  
OVC: Cubierto, 8 octas  
VV///: Sin visibilidad vertical  
VV001: Visibilidad vertical 30 mts.

**CANTIDAD DE CIELO CUBIERTO**  
Dependiendo de la cantidad de cielo cubierto al momento de la observación, elegiremos una de las claves adjuntas; las mismas que serán utilizadas en los distintos tipos de nubes Altas, Medias o Bajas. Determinando su altura el código numérico que acompaña a dicha clave.  
Solo la presencia de TCU o CB se indicará, después del código numérico:  
Ej: BKN025CB

Constituirá capa cuando existan 4/8 o más, se informa aún cuando no constituya capa por tratarse de nubosidad baja.

# BKN025CB OVC150

Se informa cuando es nubosidad baja aunque no constituya capa, es decir, no supere los 4/8. Cuando sea nubosidad media y no constituya capa significativa 4/8 o más y esté sobre los mínimos de seguridad del sector.

Se informa por constituir una capa significativa (4/8 o más) y existir nubosidad bajo los mínimos de seguridad del sector. Si no hubiera nubosidad bajo los mínimos de seguridad aún cuando se constituye en capa significativa es decir 4/8 o más, se omite.

**ALTURA DE LA NUBOSIDAD**  
Estos tres dígitos solo son un código, para obtener la altura de la nubosidad proceda de la siguiente forma:  
Codigo: 010 Agregue 2 ceros y lea 1000 pies  
025 Agregue 2 ceros y lea 2500 pies  
150 Agregue 2 ceros y lea 15000 pies  
En metros: 150 Multiplique por 30 = 4500 metros.

# 07/06 Q1011 RETS

**TEMPERATURA**  
La temperatura del momento se obtendrá del termómetro seco, aproximada siempre al entero superior, cuando sea negativa la precederá la letra M  
Ej: 19.5 grados = 20  
-2 GRADOS = M02

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA QNH**  
Se lee en hectopascales (ex-milibares)  
La presión a la que se regulará la subescala de su altímetro y éste le indicará la elevación del campo con su aeronave en tierra. Cuando Q sea ocupada por una A significa que la presión está expresada en pulgadas de mercurio:  
Ej A2988

**PUNTO DE ROCIO**  
Temperatura a la cual empieza a condensar el vapor de agua contenido en un volumen de aire, cuando éste sea negativo, se le antepondrá una M  
Ej: 20/M05

**TIEMPO PASADO**  
Cuando haya existido un fenómeno significativo entre la observación anterior y la actual se informará al final del METAR  
Ej: RETS (Tormenta reciente)

**HUMEDAD RELATIVA**  
Es la cantidad de vapor de agua que hay en un volumen de aire expresado en porcentajes. Aún cuando en el METAR ésta no se informa, se puede estimar su valor por la proximidad entre ambos (Temperatura y Temperatura punto de rocío), mientras más cercanos, mayor será la humedad relativa del aire.



PRONOSTICO DE TENDENCIA

**CAMBIOS ESPERADOS**  
Lo que se espera que ocurrirá dentro de un máximo de dos horas.

**BECMG 3000 BR**

**PRONÓSTICO DE TENDENCIA**  
**BECMG:** (Cambios Esperados)  
Precedido por uno de los indicadores de letras TT/FM, TL (hasta) o AT (A)  
Ej: BECMG 1500 MIFG (cambio a ocurrir dentro de las próximas 2 horas)  
**TEMPO:** (Fluctuaciones temporales)  
Precedido por uno de los indicadores de letras FM (Desde) y TL (hasta)  
**NOSIG:** Indica que no se prevén cambios significativos para las próximas 2 horas.

Esto ha sido el METAR. Si ahora revisas aquel primer ejemplo entero, espero que puedas comprenderlo e interpretarlo más fácilmente.

Los metar están disponibles en:

- El programa swift
- <https://www.aipchile.gob.cl/>
- <http://www.meteochile.gob.cl/PortalDMC-web/metaer/home.xhtml>

Lectura recomendada para profundizar los conocimientos:

- Manual de Meteorología Aeronáutica, Escuela Técnica Aeronáutica DGAC – Chile
- Manual Piloto Privado FEDACH



## Escuela de Aviación Virtual

"Capitán Manuel Avalos Prado"

En espera que este material les sea de ayuda, les saludo....**Felices vuelos!!!**



capitán

**DARIUS**

**Este manual es solo para vuelo virtual, ya que hace un estudio muy básico y parcial, para la aviación real debe estudiar manuales especializados de Meteorología Aeronáutica.**

# FUERZA AÉREA DE CHILE VIRTUAL



QUAM CETERIS PRIMA AD ASTRA



## METEOROLOGIA AERONAUTICA

