

# Meteorología



# Introducción

Un Controlador de tráfico aéreo debe conocer los diferentes efectos y fenómenos del clima y como afecta las operaciones de un aeropuerto y aeronaves.

Después de esta lección, Ud. debe ser capaz de básicamente:

- Explicar la relevancia de la meteorología en la aviación.
- Aplicar las unidades de medidas apropiadas en la meteorología.
- Conocer la composición y estructura de la atmosfera.
- Describir los elementos de la International Standard Atmosphere (ISA).
- Conocer las razones del porque se define o crea el ISA.

## Unidad de Medida:

- Dirección del Viento - Grados desde el norte.
- Velocidad del Viento - Nudos (kts).
- Presión - milibar (mb).
- Densidad del Aire - Kg/m<sup>3</sup>.
- Temperatura - Grados Celsius (oC).
- Humedad Relativa - Porcentaje (%).
- Precipitación - milímetros (mm).
- Nubes - oktas (8ths).
- Altitud base de las nubes - Feet (ft).
- Visibilidad - Kilómetros or metros (Km, m).

## La Atmosfera:

### Troposfera:

- Profundidad de 16km (55,000ft) en el ecuador y de 8km (25,000ft) en los polos.
- La temperatura del aire disminuye mientras más alto este.
- Presión disminuye mientras más alto este.
- El límite superior se conoce como tropopause.
- Genera el 99% del clima.

### Estratosfera:

- La Temperatura se incrementa desde -51 grados al valor de la superficie debido a la radiación solar absorbido por la capa de ozono.
- Capa relativamente estable sin el movimiento vertical fuerte.
- Pequeños o inexistentes fenómenos climáticos.
- El límite superior se conoce como stratopause.

### **Mesosfera:**

- Se extiende entre los 50 y 80 km de altura, contiene sólo cerca del 0,1% de la masa total del aire
- No hay superficies calientes la temperatura cae de -80 a -100 grados.
- No se conoce ningún fenómeno climático.
- El límite superior se conoce como mesopause.

### **Ionosfera:**

- Se extiende desde el final de la mesosfera (80 km. de altitud) hasta los 500km.
- Se incrementa la temperatura por encima de los 1700 grados.
- No se conoce ningún fenómeno climático
- Debido a la radiación solar, algunas moléculas y átomos son ionizados y pueden causar un efecto perturbador en la radio comunicaciones.
- Contiene la aurora boreal.

La mayoría de la aviación civil opera en la troposfera. Esta área contiene casi toda la meteorología.

Composición de la atmosfera:

(Dependiendo de algunos textos, los valores podrán cambiar ligeramente.)

- Nitrógeno - 78%
- Oxígeno - 21%
- Argón - 1%
- Dióxido de Carbono - 0.03%
- Vapor de Agua - 1% to 4%

### **International Standard Atmosphere (ISA)**

La ISA fue creada para graduar, calibrar, manufacturar los instrumentos de presión y velocidad que son diseñados y aprobados para las aeronaves.

- Presión Atmosférica al nivel del mar es igual a 1013.25mb o 29.92 pulgadas de mercurio.
- Temperatura al nivel del mar es de 15 grados Celsius.
- Densidad del aire es 1.225kg/m<sup>3</sup>.
- La temperatura disminuye por 1.98 grados por cada 1000 pies a una altura de 36,090ft (11km), en este punto se mantiene constante -56 grados por encima de 65,617ft (20km). Luego incrementa 0.3 grados por cada 1000pies a 104,987ft (32km).

# Procesos Atmosféricos

Después de esta lección, Ud. deberá:

- Identificar los procesos en el cual el calor es transferido y como la atmósfera se calienta.
- Describir como la temperatura varia.
- Diferenciar entre los diferentes términos de niveles de saturación del aire.
- Describir la relación que existe entre presión, temperatura y altitud.
- Explicar la relación que existe entre presiones (pressure settings).

## Transferencia de Calor

### Conducción

- EL cuerpo debe estar en contacto físico.
- En la atmósfera, esto solo se aplica en la capa de aire cerca de 2 a 3 centímetros de la superficie.

### Convection/Advection

- Convección se mueve en corrientes ascendente.
- Advección se mueve en corrientes horizontales.

### Radiación

- Ondas Electromagnéticas
- Todo el calor proveniente del Sol es por radiación.
- Nosotros absorbemos calor al mismo modo que lo radiamos.

### Mezcla Turbulenta

- La transferencia de calor es irregular.
- Mezcla el aire fría por encima de la caliente.
- El calor puede ser transferido desde abajo como hacia arriba.

## Radiación Solar

### Reflexión

- Nubes, nieve e hielo refleja grandes porciones de radiación.
- Campos, bosques y el agua reflejan una pequeña radiación.
- Albedo es la medida de reflexión.

### Absorción

- Solo parte de la radiación del Sol es absorbida.
- La capa de ozono absorbe la radiación ultravioleta.

- El agua y el Dióxido de carbono absorben la radiación infrarroja.
- El aire absorbe una muy pequeña parte de la radiación de la luz.
- Absorción en el agua depende del ángulo de radiación.

### **Dispersión**

- Atmósfera responsable de la mayoría de la dispersión.
- La luz visible es dispersada por moléculas del aire.
- La luz azul es mas dispersa que la roja.
- El polvo y otras partículas microscópicas también dispersan la luz.

### **Calentamiento de la superficie**

- Es influenciado entre el día y la noche y por temporadas.
- El efecto de enfriamiento es mucho más grande en la superficie.

### **Variación de temperatura durante el día. Temperature variation during the day**

- La temperatura de la superficie al mínimo.
- Los rayos del sol y el calor en la superficie.
- Mientras mas calor es absorbido mas caliente es la superficie
- El calor es transferido a través del aire por conducción y convección.
- El calentamiento alcanza su pico en el mediodía.
- Aun durante la noche hay una perdida continua de calor.
- El aire más cercano a la tierra se mezcla y refresca por conducción.
- El proceso es cíclico.

### **Inversión de la temperatura. Temperature Inversion**

Una inversión de temperatura es simplemente aumento de la temperatura con la altitud en una capa de la atmósfera. Cuando la diferencia de temperatura es mayor de 10 grados o más, la inversión es reportada por los pilotos y puede causar un efecto negativo en el performance de la aeronave.

#### **Causas de la Inversión de la temperatura**

Después de una noche clara - La tierra radia calor y enfría el aire cerca de la superficie. El aire que se encuentra arriba no es enfriado si nos encontramos con vientos calmos.

Calentamiento del aire en los anticiclones (áreas atmosféricas de alta presión), o a la penetración de masas de aire frío en otras más cálidas.

### **Estados del agua**

- Solido (Hielo).
- Liquido (Agua).

- Gas (Vapor).
- Algunas veces nos podemos encontrar en los tres estados en un sitio al mismo tiempo (en algunas nubes por ejemplo).

### **Condensación**

- El agua cambia a partir del gas a líquido.
- Causado por un enfriamiento de aire a menos que no pueda mantenerse como vapor de agua y se condense a líquido.

### **Evaporación**

- El agua cambia del estado líquido a gaseoso.
- Causado por el calentamiento del agua.

Algunas veces el agua cambia de solido a gas sin pasar por el estado liquido. Esto es llamado sublimación. El proceso inverso es llamado Deposición.

### **Calor latente. Latent Heat**

- El calor absorbido o liberado, durante un cambio de estado.
- Se requiere evaporación para la sublimación.
- Se libera durante la condensación y deposición.

### **Saturación**

- Es un estado en el cual el aire es incapaz de mantener más vapor de agua.
- El aire en la atmósfera esta usualmente no-saturado.
- El aire se enfría cuando no puede mantener vapor de agua.
- El aire caliente puede mantener mucho más vapor de agua sin saturarse.

### **Humedad Relativa y Punto de condensación**

- Humedad relativa (RH) medida en grados de saturación.
- Cuando el aire es saturado el RH = 100%.
- El punto de condensación es la temperatura a la cual el aire se debe enfriar para que se sature.

### **Relación entre Presión y Altitud**

$$p = P/RT$$

$$p = \text{density}$$

$$P = \text{pressure}$$

$$R = \text{a constant}$$

$$T = \text{Temperature}$$

Densidad incrementa - Presión incrementa

Densidad disminuye - temperatura incrementa

### **Rol de la Presión en la superficie**

- Crítico para la aviación.
- Altímetro es una medida de presión no de altitud.
- Meteorólogos siempre corrigen la presión sobre el nivel del mar (MSL)

## Masas de Aire

### **Masa de Aire y circulación general**

Una masa de aire es un cuerpo o masa del aire en la cual los gradientes horizontales o cambios en temperatura y la humedad son relativamente leves, es decir, el aire que tiene encima de la masa es muy uniforme en temperatura y humedad.

Una masa de aire puede cubrir varios millones de kilómetros cuadrados y extender verticalmente a través de la troposfera.

### **Sistema de Presiones:**

Un área de la alta presión se conoce como anticiclón

Un área de la presión baja se conoce como una depresión o ciclón

### **Hay cuatro tipos de masa de Aire**

Tropical Continental (Tc)

Tropical Maritime (Tm)

Polar Continental (Pc)

Polar Maritime (Pm)

Dos subdivisiones:

Arctic Maritime (Am)

Returning Polar Maritime (rPm)

Cada masa de aire tiene su propia combinación en términos de:

- Temperature
- Humedad Relativa
- Estabilidad
- Clima
- Visibilidad

## **Tropical Continental (Tc)**

Verano:

- Muy Caliente
- Seco
- Estable
- Clima claro, ocasionalmente con lluvias tormentosas
- visibilidad moderada o muy pobre

Invierno:

- Temperatura promedio
- algo húmedo
- Estable
- Clima claro
- Visibilidad moderada o muy pobre

## **Polar Continental (Pc)**

Ruta corta:

- Muy frío
- Muy seco
- Estable
- Claro
- Visibilidad moderada o pobre

Ruta larga:

- Frío
- Húmedos en capas bajas
- Inestable
- Lluvia o nieve
- Buena visibilidad

## **Tropical Maritime (Tm)**

Expuesto:

- Temperatura cerca de la temperatura del mar
- Muy húmedo
- Estable
- Nube bajas y lloviznas
- Visibilidad pobre con neblina costera

Cubierto:

- Caliente
- Húmedo

- Estable en lo alto
- Nubes quebradas secas
- Visibilidad Moderada

### **Polar Maritime (Pm)**

- Frio
- Húmedo
- Inestable
- Nubes variables, chubascos
- Buena Visibilidad

### **Arctic Maritime (Am)**

- Muy Frio
- Bastante húmedo
- Inestable
- Lluvias principalmente costeras
- Muy buena visibilidad

### **Returning Polar Maritime (rPm)**

- Caliente (warmer than Pm)
- Bastante húmedo
- Inestable
- Lluvias principalmente costeras
- Muy buena visibilidad

## Viento

Todo avión del más pequeño al más grande es afectado por el viento.

### **¿Qué es el Viento?**

El viento es aire en movimiento.

### **¿Cómo se describe el viento?**

Dirección del viento - La dirección de la cual el viento está soplando y se expresa grados, a la derecha del norte

Velocidad del viento - Expresados en nudos (kts)

Dirección y fuerza = Velocidad del viento

Hay 2 cosas que hacen el viento soplar - 1) ejercer presión sobre la fuerza del gradiente 2) Fuerza de Coriolis

## **Presión fuerza del gradiente**

La fuerza causada por el cambio en la presión atmosférica por unidad de distancia horizontal.

## **Fuerza de Coriolis**

Realmente no es una fuerza. Es causada por la rotación de la tierra. Altera la dirección del movimiento a la derecha en el hemisferio norteño.

Ráfaga - un aumento temporal en la velocidad del viento que dura algunos segundos (asociados a turbulencia)

Chubasco - un aumento temporal en la velocidad del viento que dura algunos segundos (asociados a tempestades de truenos, a duchas pesadas, a frentes fríos)

## **Reporte del viento**

El viento se divulga los grados verdaderos. Debe ser pasado a grados magnéticos.

Es reportado de la siguiente manera:

dddffGfmfmKT dndndnVdxdxdx

23012G25KT 170V250

ddd = Dirección

ff = Velocidad

fmfm = ráfaga mas alta en los últimos 10 minutos

dndndn = Límite más bajo de la variación direccional

dxdxdx = Límite superior de la variación direccional

- El avión despegar según el viento y esto tiene una gran influencia en la selección de la pista.
- Los vientos fuertes y los cambios repentinos en velocidad son peligrosos a las operaciones de los aviones y del aeródromo en general.

# Precipitación y Visibilidad

Los tres estados del Agua:

- Sólido (Hielo)
- Líquido (Agua)
- Gaseoso (vapor)

Hay muchos el cual la precipitación puede formarse.

## Condensación en nubes y niebla

- La mayoría del vapor condensa sobre mínimas partículas en el aire (dust/smoke)
- Por colisión estas mínimas de gotitas pueden venir de aprox 2mm (el tamaño promedio de una gota de agua que alcanza la tierra)

## Súper Enfriado

- Las gotitas del agua se enfrían hasta el punto de congelación pero no llegan a congelarse mientras que en una superficie plana (siguen siendo un líquido). Esto es debido a la curvatura severa de la superficie de las gotitas del agua. Cuando vienen en contacto con una superficie plana (e.g. un ala) se congelan.

## En nubes con muy bajas temperaturas

- Las gotitas del agua se convierten en vapor de agua. Este vapor de agua entonces sublima en cristales de hielo. Esto se conoce como el proceso de Bergeron.
- Los cristales de hielo tienen una velocidad más alta de caída y crecen por el aumento con las gotas de agua (que congelan en impacto) y por la amalgamación (que se pega junto) formando la nieve.

## Tamaño de la precipitación

- (-) Liviano
- ( ) Moderado
- (+) Pesado

## Puede ver estos otros términos:

- (VC) cerca (vecino)
- (SH) Showers

## **Tipos de precipitaciones:**

Lluvia (RA)  
Llovizna (DZ)  
Nieve (SN)  
Snow Grains (SG)  
Pelotillas de Hielo (PE)  
Cristales de Hielo (IC)  
Granizo (GR - Diameter 5mm +)  
Granizo (GS - Diameter -5mm)

## **Algunos ejemplos:**

-SHRA = chubasco Lluvias ligeras  
SHSN = Chubasco moderado Nieve  
+RASN = Lluvia pesada y nieve

## **Precipitación y tipos de nubes:**

Llovizna

- Gotas de agua muy pequeñas
- De nubes Stratus (St) o Stratocumulus (Sc)
- Usualmente ligero, puede ser intermitente o continuo.

Lluvia

- Gotas de agua un poco mas grandes que la llovizna
- De nubes más densas Stratus (St) or Stratocumulus (Sc) or Altopumulus (Ac) - Usualmente ligero, puede ser intermitente o continuo
- De nubes Cumulus (Cu) o Cumulonimbus (Cb) - chubascos, fluctuaciones rápidas e intensas
- De nubes Nimbostratus (Ns) - a menudo pesado y continuo

Nieve/Cristales de Hielo

- De nubes Nimbostratus (Ns) or Stratocumulus (Sc).
- Solo llega a tocar la superficie si la temperatura esta por debajo de los 4 grados.

Granizo

- Gotas de hielo formadas por cristales y gotas súper enfriadas chocando entre si y uniéndose.
- De nubes cumulonimbus (Cb)
- Las nubes también necesitan a) Alto contenido de liquido b) Vigoroso arriba c) temperaturas por debajo de cero

Tipos de sólido en la atmósfera:

- Arena (SA)
- Polvo (DU)
- Calina (HZ)
- Humo (FU)
- Ceniza Volcánica (VA)
- Remolinos de polvo y arena (PO)
- Tormenta de Polvo (DS)
- Tormenta de Arena (SS)

## **Visibilidad**

2 definiciones:

La distancia más grande en la cual un objeto negro de dimensiones convenientes, situado cerca de la tierra, puede ser considerada y ser reconocida cuando está observada contra un fondo brillante

O

La distancia más grande en la cual se enciende en la cerania de 1000 candelas y se pueda considerar y reconocer.

## **Visibilidad Satisfecha**

El valor de la visibilidad que ha alcanzado o se ha excedido de por lo menos la mitad del círculo horizontal o por lo menos de la mitad de la superficie del aeródromo. Estas áreas podían abarcar sectores contiguos o no-contiguos.

## **Reporte de la visibilidad Satisfecha**

La visibilidad que prevalece se divulga siempre. Además:

- Con una dirección general si la visibilidad es menos de el 1500m
- la visibilidad más significativa se divulga si la visibilidad más baja se observa en más de una dirección.

Cuando la visibilidad fluctúa rápidamente y la visibilidad no puede ser determinada, sólo la visibilidad más baja debe ser reportada, sin la indicación de la dirección.

Rango Visual de Pista (RVR) es incluido en el metar si la visibilidad esta por debajo de los 1500m.

## **Rango Visual de Pista (RVR)**

RVR indica el rango en que el piloto, centrado en la pista, puede visualizar las marcas de la superficie, luces o identificadores en la línea central de un cauce puede esperar que vea el cauce emerger las marcas, y las luces que delinean el cauce o que identifican su línea central.

RVR los reportes se extienden desde 0 hasta 1500m con los siguientes incrementos:

- 0 a 400m en 25m incrementos
- 400m a 800m en 50m incrementos
- 800m a 1500m en 100m incrementos

Visibilidad debe ser reportada al ATC en los siguientes incrementos:

- 50m a 800m
- 100m a 5000m
- 1000m a 9km
- 9999 cuando sea mas de 10km

## **CAVOK**

Nubes (Techo) y Visibilidad OK, cuando las siguientes condiciones existen:

- Visibilidad es mas de 10km
- No hay nubes por debajo de 5000ft o por debajo del valor más alto definido por el Minimum Sector Altitude.
- No hay fenómenos climáticos significativos cerca o en el propio aeropuerto.

## **La reducción de Visibilidad esta definido por:**

Niebla (FG) - Suspensión de gotas de agua muy pequeñas pueden reducir la visibilidad por debajo de 1000m

Bruma (BR) - Lo mismo que el fog excepto la visibilidad pero no menos que 1000

Haze (HZ) - La suspensión de partículas solidas de humo o polvo reducen la visibilidad no menos de 1000m en donde la humedad relativa es de 95%

## **Neblina**

Códigos:

(FG) Niebla

(BR) Neblina

(MIFG) Niebla Baja

(BCFG) Fog patches

(PRFG) Neblina cubriendo parte del aeropuerto

(VCFG) Neblina cerca del aeródromo

Tipos de Neblina:

- Neblina por radiación. Radiation fog
- Neblina por Advección
- Niebla de la colina
- Niebla Frontal
- Niebla marítima

Las dos más comunes son por radiación y advección

## **Formación de Niebla por Radiación**

- Condiciones necesarias:
- Cielo claro de modo que la tierra irradie su energía térmica
- Mucha extensión de tierra así de esta manera se enfría rápidamente y conducir este enfriamiento al aire que se encuentra adyacente.
- Aire húmedo de modo que la capa en contacto con la tierra alcance su punto de condensación
- Viento ligero entre 2 y 8 nudos para proporcionar la cantidad correcta de turbulencia
- Noche larga que permite el tiempo máximo para que el efecto se establezca

## **Dispersión de la niebla por radiación:**

- El calor solar (después de que salida del sol) puede espesar inicialmente la niebla, comenzando eventual a dispersarla
- El aumento del viento mezclará la niebla con el aire más seco, despejándolo

## **Formación de Niebla por Advección**

- Formado cuando el aire húmedo caliente es transferido por las corrientes de la advección a un área fría de la tierra o del mar
- El aire caliente pierde calor a las superficies frías y la niebla se forma si el enfriamiento es suficiente como para saturar el aire.

## **Dispersión de la niebla por Advección:**

- Cambio de la masa de aire por uno más seco
- Insolación calienta la superficie por encima del punto de condensación de la masa de aire
- Incrementando el viento puede levantarlo dentro de una nube baja
- La tierra comienza a se calentada por la advencion del aire caliente

Niebla congelante (FZFG) - Niebla que empieza a formarse cuando la temperatura esta por debajo de cero

Niebla baja (MIFG) - Niebla que se encuentra a menos de 2m sobre la superficie y menos de 10 m sobre el mar. Hay más de 1000m de visibilidad sobre la capa de Niebla.



- Ivao Venezuela -