



METEOROLOGÍA

AERONÁUTICA

/ ÍNDICE

/ 1. INTRODUCCIÓN A LA METEOROLOGÍA.....	6
/ 1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
/ 1.2. METEOROLOGÍA AERONAÚTICA.....	6
/ 1.3. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO METEOROLÓGICO INTERNACIONAL.....	8
/ 1.3.1. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM).....	10
/ 1.3.2. CENTROS MUNDIALES DE PRONÓSTICOS DE ÁREA (WAFC).....	12
/ 1.3.3. CENTROS DE AVISOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (VAAC).....	14
/ 1.3.4 CENTROS DE AVISOS DE CICLONES TROPICALES (TCAC).....	15
/ 1.3.5 CENTROS METEOROLÓGICOS REGIONALES ESPECIALIZADOS (CMRE)	15
/ 1.3.6 OFICINAS DE VIGILANCIA METEOROLÓGICA (OVM).....	16
/ 1.3.7 OFICINAS METEOROLÓGICAS DE AERÓDROMO (OMA).....	17
/ 1.3.8 OFICINAS METEOROLÓGICAS PRINCIPALES AERONÁUTICAS (OMPA)..	18
/ 1.3.9 ESTACIONES METEOROLÓGICAS AERONÁUTICAS.....	19
/ 2. LA ATMÓSFERA.....	20
/ 2.1. ESTRUCTURA QUÍMICA.....	20

/ 2.2. PROPIEDADES FÍSICAS	21
/ 2.2.1. PRESIÓN ATMOSFÉRICA	21
/ 2.2.2. TEMPERATURA	22
/ 2.2.3. HUMEDAD	25
/ 2.2.4. RADIACIÓN SOLAR	26
/ 2.2.5. ESTRUCTURA FÍSICA	28
/ 3. INTERCAMBIO DE CALOR EN LA ATMÓSFERA.....	34
/ 4. CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA.....	36
/ 4.1. CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA.....	36
/ 4.2. FUERZA DE CORIOLIS	38
/ 4.2.1 CONSECUENCIAS DE LA FUERZA DE CORIOLIS	39
/ 4.3. EL VIENTO	39
/ 4.3.1 MAGNITUDES	40
/ 4.3.2 VIENTOS LOCALES	40
/ 4.3.3 EFECTO FOEHN	42
/ 5. ANTICICLONES Y DEPRESIONES.....	43
/ 5.1. INTRODUCCIÓN	43

/ 5.2 MASAS DE AIRE	44
/ 5.3. FRENTES	44
/ 6. PROCESOS ATMOSFÉRICOS.....	47
/ 6.1. NUBES	47
/ 6.1.1 TIPO DE NUBES.....	49
/ 6.1.2. OBSERVACIONES DE NUBES	53
/ 6.2. PRECIPITACIÓN	55
/ 6.2.1. TIPOS DE PRECIPITACIÓN.....	56
/ 6.2.2. EFECTOS SOBRE LAS AERONAVES	57
/ 7. VISIBILIDAD	58
/ 7.1. DEFINICIÓN	58
/ 7.2. TIPOS.....	58
/ 7.3. CARACTERÍSTICAS	59
/ 7.4. VISIBILIDAD REINANTE	60
/ 7.5. ALCANCE VISUAL EN PISTA (RVR – RUNWAY VISUAL RANGE) ..	60
/ 8. FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN AL VUELO	61

/ 8.1. DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	61
/ 8.2. CIZALLADURA	62
/ 8.3. MICRORREVENTÓN	63
/ 8.4. CORRIENTE EN CHORRO	64
/ 8.5. TURBULENCIA	65
/ 8.6. VISIBILIDAD REDUCIDA	66
/ 8.7. NIEBLA Y BRUMA.....	68
/ 8.8. ILUSIONES ÓPTICAS	69
/ 8.9. ENGELAMIENTO	69
/ 8.10. PRECIPITACIONES	71
/ 8.11. TORMENTAS	72
/ 8.12. LÍNEAS DE TURBONADA.....	73
/ 8.13. TORNADO/TROMBA MARINA.....	74
/ 8.14. CICLONES/HURACANES	75
/ 8.15. TEMPERATURAS ELEVADAS.....	76
/ 9. BIBLIOGRAFÍA.....	77

/ 1. INTRODUCCIÓN A LA METEOROLOGÍA

/ 1.1. INTRODUCCIÓN

La meteorología es una rama de la física que **estudia la atmósfera y sus propiedades**, el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen.

Se debe distinguir entre:

- Las condiciones actuales de la atmósfera y su evolución, que se conoce como **tiempo atmosférico**.
- Las condiciones medias durante un largo periodo que se conoce como **clima del lugar o región**.
-

/ 1.2. METEOROLOGÍA AERONAÚTICA

Cuando la meteorología **se ocupa de los fenómenos y variables meteorológicos que afectan a las operaciones de las aeronaves**, tanto en tierra como en vuelo, se habla de meteorología aeronáutica.



Según algunos estudios, entre el 40 y el 65 por ciento de las demoras que experimentan las aerolíneas nacionales de Estados Unidos son atribuibles a condiciones climáticas adversas, con costos anuales que se estiman entre 4 y 5 mil millones de dólares por año.

Además, muchos accidentes e incidentes siguen siendo causados por condiciones climáticas adversas (**tormentas eléctricas, baja visibilidad, turbulencias, cizallamiento del viento, etc.**), y los pasajeros se ven incomodados casi todos los días del año en algún lugar del mundo por cancelaciones de vuelos o desvíos debidos a las condiciones meteorológicas.

Por otra parte, cabe señalar que el **futuro crecimiento previsto del tráfico aéreo** potenciará todas estas condiciones, imponiendo limitaciones a la capacidad de las compañías aéreas para satisfacer la creciente demanda y mejorando al mismo tiempo la seguridad y la eficiencia.



/ 1.3. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO METEOROLÓGICO INTERNACIONAL

En el Anexo 3 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se establece que el objetivo del Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional será *contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea*.

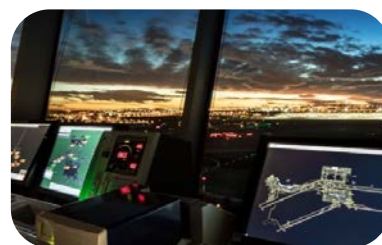
Este objetivo se logrará proporcionando la información meteorológica necesaria para el desempeño de sus respectivas funciones a los siguientes usuarios:



Operadores aéreos



Tripulación de vuelo



Servicios de Tránsito
Aéreo



Servicios de Búsqueda y
Salvamento

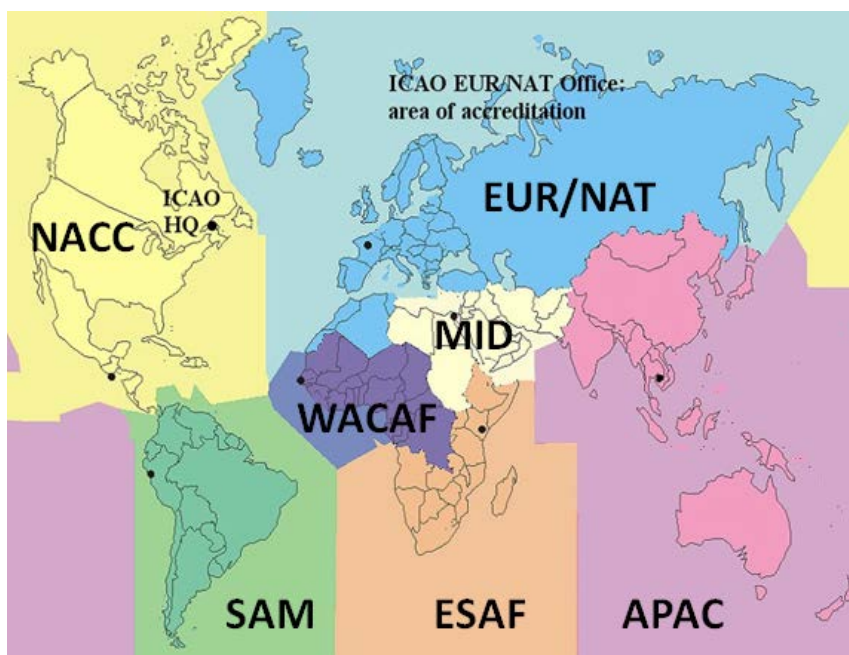


Gestores de aeropuertos y otros
interesados en la realización o el
desarrollo de la navegación aérea
internacional

Cada Estado miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) determina el Servicio Meteorológico que presta para satisfacer las necesidades de la navegación aérea internacional en el espacio aéreo situado sobre su territorio y, si fuera el caso, sobre aguas internacionales u otras áreas situadas fuera del territorio del Estado interesado.

Para ello tiene en cuenta los acuerdos regionales de navegación aérea establecidos para las regiones de OACI a las que pertenezca su espacio aéreo donde se refleja el servicio que se presta en cada una de estas regiones de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

OFICINA	REGION
África occidental y central	WACAF
África oriental y meridional	ESAF
Asia y Pacífico	APAC
Europa y Atlántico septentrional	EUR/NAT
Norteamérica, Centroamérica y Caribe	NACC
Oriente Medio	MID
Sudamérica	SAM



Aparte de la OACI en el contexto internacional, podemos encontrar otro actor estrechamente relacionado con la prestación de servicios meteorológicos aeronáuticos: la **"Organización Meteorológica Mundial" (OMM)**.

/ 1.3.1. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM)

La OMM es un organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología (el tiempo y el clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas conexas.

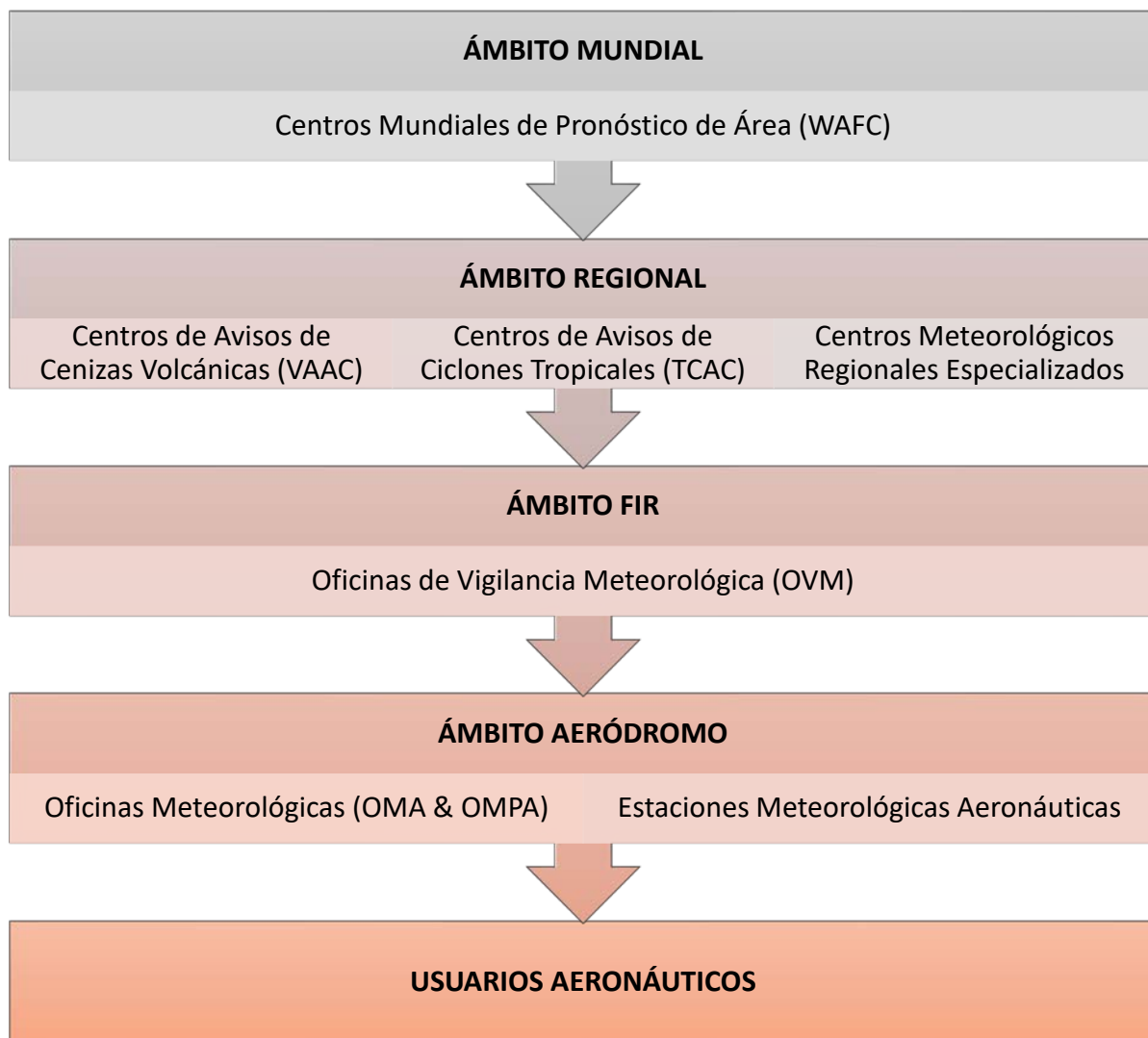


Tiene por **misión**:

- ▶ Facilitar la cooperación internacional en el diseño y la prestación del Servicio Meteorológico.
- ▶ Alentar el intercambio rápido de información meteorológica.
- ▶ Promover la normalización de datos meteorológicos.
- ▶ Establecer la cooperación entre los servicios meteorológicos e hidrológicos.
- ▶ Impulsar la investigación y la formación en meteorología.
- ▶ Ampliar el uso de la meteorología en beneficio de otros sectores, como la aviación, la agricultura, etc.

Además de perseguir el mismo objetivo del Anexo 3 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Organización Meteorológica Mundial **trata de garantizar la prestación en todo el mundo de Servicios Meteorológicos eficaces en función de los costos y con capacidad de respuesta.**

Teniendo en cuenta lo expuesto en cuanto a OACI y a la OMM, el Servicio Meteorológico a la navegación aérea internacional se estructura y presta, de acuerdo con el Anexo 3, a través de los siguientes centros y oficinas que operan de forma interrelacionada:



/ 1.3.2. CENTROS MUNDIALES DE PRONÓSTICOS DE ÁREA (WAFC)

Los centros mundiales de pronósticos de área **proporcionan pronósticos mundiales meteorológicos aeronáuticos en ruta** a las autoridades meteorológicas de cada de cada estado miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y a otros usuarios aeronáuticos.

Existen dos WAFCs (World Area Forecast Centre), uno situado en Londres y otro en Washington. En caso de interrupción de las actividades de uno de los WAFC, el otro WAFC asume sus funciones.



London World Area Forecast Centre

Cada uno de ellos elabora:

- ▶ **Pronósticos mundiales reticulares** (por ubicación) a diferentes niveles de viento, temperatura y humedad, etc.
- ▶ **Pronósticos mundiales sobre fenómenos de tiempo significativo** (es decir, fenómenos meteorológicos más severos que representan peligro para la aeronavegación).

Además, reciben información para incluirla en sus pronósticos en formato digital:



Relativa a la liberación accidental de **materiales radiactivos** a la atmósfera y pronósticos de su evolución de los Centros Meteorológicos Regionales Especializados.



Sobre **cenizas volcánicas** de los Centros de Avisos de Cenizas Volcánicas (VAAC).



Sobre los Centros de Avisos de **Ciclones Tropicales** (TCAC).

/ 1.3.3. CENTROS DE AVISOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (VAAC)

Los Centros de Avisos de Cenizas Volcánicas (VAAC - Volcanic Ash Advisory Centre) proporcionan información sobre la extensión lateral y vertical y el movimiento pronosticado de las **cenizas volcánicas en la atmósfera después de las erupciones volcánicas**.

Existen nueve Centros de avisos de cenizas volcánicas (VAAC) designados en todo el mundo establecidos por la OACI y mantienen la vigilancia 24 horas al día. En caso de interrupción del funcionamiento de un centro, sus funciones las llevará a cabo otro.

Proporcionan información meteorológica del sistema de vigilancia de los volcanes en las aerovías internacionales, a:



Oficinas de Vigilancia Meteorológica



Centros de Control de Área



Centros de Información de Vuelo



Centros de Pronóstico de Área

/ 1.3.4 CENTROS DE AVISOS DE CICLONES TROPICALES (TCAC)

Los Centros de Avisos de Ciclones Tropicales proporcionan **información sobre la posición, la dirección y la velocidad de movimiento pronosticado de los ciclones tropicales**, así como de la presión central y el viento máximo pronosticados en la superficie de estos.

Existen siete Centros de Avisos de Ciclones Tropicales que asumen la responsabilidad regional de suministrar avisos y comunicados sobre todos los ciclones tropicales, huracanes o tifones en todo el mundo, a:

- los centros mundiales de pronósticos de área y
- las oficinas de vigilancia meteorológica.

/ 1.3.5 CENTROS METEOROLÓGICOS REGIONALES ESPECIALIZADOS (CMRE)

Los Centros Meteorológicos Regionales Especializados proporcionan a los WAFC **información relativa a la liberación accidental de materiales radiactivos a la atmósfera** y pronósticos de su evolución y trayectoria, para incluirla en sus pronósticos.

Son ocho centros:



/ 1.3.6 OFICINAS DE VIGILANCIA METEOROLÓGICA (OVM)

Las Oficinas de Vigilancia Meteorológica son las responsables de:



Mantener la vigilancia continua de las condiciones meteorológicas que afecten a las operaciones de vuelo dentro de la Región o Regiones de Información de Vuelo (FIR) asignadas.



Preparar y difundir información sobre el acaecimiento o acaecimiento previsto de fenómenos meteorológicos en ruta especificados que puedan afectar a la seguridad de las operaciones dentro de la Región o Regiones de Información de Vuelo (FIR) asignadas.



Proporcionar la información recibida sobre actividad precursora de erupciones, erupciones volcánicas y nubes de cenizas volcánicas, y la información recibida sobre liberación accidental de materiales radiactivos a la atmósfera en el área sobre la que mantienen vigilancia.

En España hay dos Oficinas de Vigilancia Meteorológica a cargo de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET):

- Una en Madrid para el Región de Información de Vuelo (FIR) Madrid y Barcelona.
- Otra en Las Palmas de Gran Canaria para el Región de Información de Vuelo (FIR) Canarias.

/ 1.3.7 OFICINAS METEOROLÓGICAS DE AERÓDROMO (OMA)

Cada Estado contratante establecerá una o más Oficinas Meteorológicas de Aeródromo u otras oficinas para el suministro del Servicio Meteorológico necesario para atender las necesidades de la navegación aérea internacional.

Son las **responsables de mantener una vigilancia meteorológica continua en los aeródromos** para los cuales haya sido designada y de proporcionar estas observaciones meteorológicas a los miembros de las tripulaciones de vuelo de la aviación comercial, general y trabajos aéreos, las dependencias de tránsito aéreo y los administradores del aeropuerto.



Desde estas oficinas se suministra el Servicio Meteorológico necesario para atender las necesidades operacionales. Entre sus funciones cabe destacar las siguientes:

- **Mantener una vigilancia meteorológica continúa sobre el aeródromo**, con el fin de alertar a las autoridades del aeropuerto de las condiciones meteorológicas que podrían tener un efecto adverso sobre las aeronaves en tierra, instalaciones y servicios del aeródromo.
- **Realizar observaciones meteorológicas ordinarias** del aeródromo a intervalos fijos (normalmente cada media hora) y observaciones especiales cuando ocurran cambios importantes respecto al viento en superficie, visibilidad, etc.
- Suministrar consultas y documentación de vuelo a los miembros de las tripulaciones y al personal de operaciones.
- **Poner a disposición de las autoridades del aeropuerto**, dependencias de tránsito aéreo, tripulaciones y personal de operaciones, **los boletines de avisos** de los aeródromos españoles.
- **Proporcionar a las dependencias de tránsito aéreo locales la información meteorológica** necesaria para el desempeño de sus funciones.

- **Presentar imágenes meteorológicas** tomadas por satélite e información procedente de los radares y de la red de detección de descargas eléctricas.
- Preparar informes de aeródromo ordinarios y especiales codificados (METAR-SPECI) a partir de las observaciones, que se difundirán, casi de forma instantánea, a todos los usuarios aeronáuticos del mundo.

En España, AEMET tiene 41 oficinas meteorológicas en aeropuertos (OMA) y otras 7 en aeródromos militares (OMD) abiertos al tráfico civil.

/ 1.3.8 OFICINAS METEOROLÓGICAS PRINCIPALES AERONÁUTICAS (OMPA)

Son las unidades responsables de la **predicción y vigilancia del tiempo en los aeródromos de su competencia**, así como del apoyo a los miembros de las tripulaciones de vuelo, cuando deseen completar la información meteorológica recibida en la Oficina Meteorológica de Aeródromo (OMA).

Están equipadas con los más avanzados medios técnicos y son operativas las 24 horas del día.

Entre sus tareas se encuentran:

- **Mantener una vigilancia continuada de los aeródromos** de su competencia y del espacio aéreo de su zona de cobertura, preparando y difundiendo los avisos meteorológicos pertinentes.
- **Preparar los pronósticos de las condiciones meteorológicas en el aeródromo**, con un período de validez de 9 horas (TAF corto), 24 horas o 30 horas (TAF largo).
- **Preparar pronósticos de aterrizaje tipo tendencia (TREND) y pronósticos de despegue** (sólo mediante acuerdo con los explotadores).
- **Dar apoyo meteorológico** a las oficinas de tránsito aéreo y a la aviación general para contribuir a la seguridad de las operaciones.

En España, AEMET dispone de 5 OMPA: Madrid, Santander, Sevilla, Valencia y Las Palmas.

/ 1.3.9 ESTACIONES METEOROLÓGICAS AERONÁUTICAS

Las estaciones meteorológicas aeronáuticas **efectúan observaciones ordinarias a intervalos fijos** (generalmente cada media hora). Estas observaciones se completan con las observaciones especiales cuando ocurren cambios especificados con respecto al viento, la visibilidad, etc.

En España las estaciones aeronáuticas están **asociadas a las oficinas meteorológicas de aeródromo** y su equipamiento de medida depende del número de pistas, de las categorías de las operaciones de aproximación y aterrizaje de esas pistas y de las características climatológicas del aeródromo.

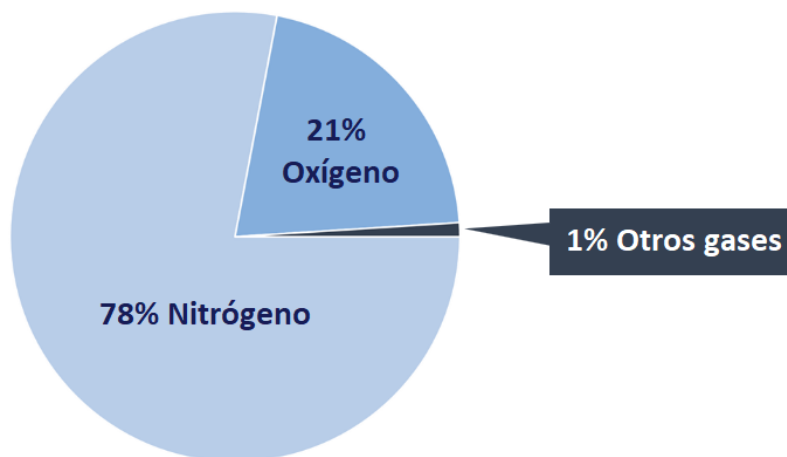


/ 2. LA ATMÓSFERA

/ 2.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

La atmósfera es la cubierta gaseosa que rodea la Tierra y la envuelve. A parte de esta masa gaseosa, la atmósfera contiene también en menor grado partículas sólidas en suspensión (polvo, humo, aerosoles y hielo) y partículas líquidas (gotas de agua).

La **estructura gaseosa** de la atmósfera tiene la siguiente composición química:



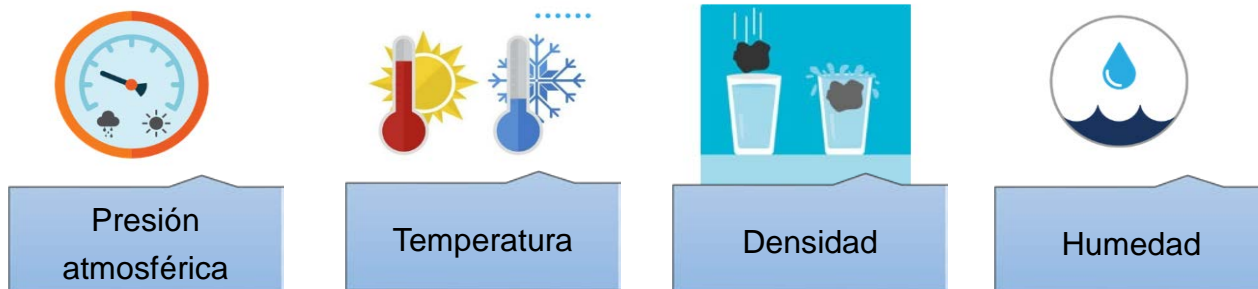
La cantidad de vapor de agua (H_2O en estado gaseoso) que contiene la atmósfera puede variar entre un 0,2% y un 3%. Lógicamente en función de este porcentaje la composición del aire oscilará ligeramente.

Al aire que contiene una cantidad de vapor de agua elevada se le llama **aire húmedo**, por el contrario, al aire en condiciones normales se le **llama aire seco**.



/ 2.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas son:



/ 2.2.1. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

DEFINICIÓN

Es el peso del aire por unidad de superficie, es decir, la atmósfera ejerce sobre los objetos que se encuentran en ella una presión debida al peso de los gases que la componen.

MEDICIÓN

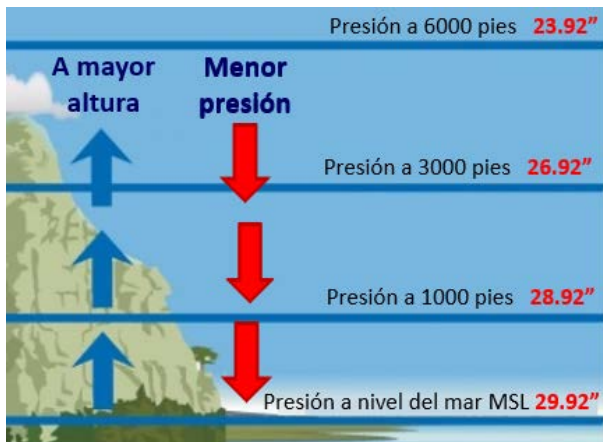
Existen varias unidades para indicar la presión, pero la estándar es la unidad “atmósfera”. Podemos ver aquí la equivalencia entre las 3 principales unidades de presión:

Atmósfera (Atm)	Milímetros de mercurio (mm de Hg)	Milibares/ hectopascales (mb/hp)
1	760	1013.25

FACTORES RELACIONADOS

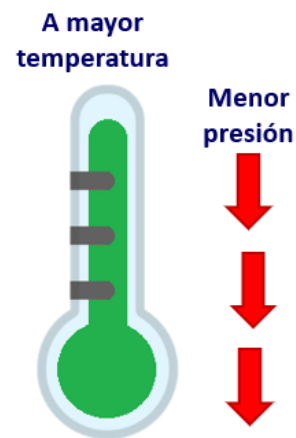
ALTURA

La presión disminuye según aumenta la altura dado que soportamos menos peso del aire.



TEMPERATURA

Cuanto mayor sea la temperatura del aire, este asciende y por tanto la presión del peso del aire que soportamos será menor.



/ 2.2.2. TEMPERATURA

DEFINICIÓN

La temperatura del aire es la cantidad de calor (energía interna) que tiene un objeto o el medio ambiente medible en un termómetro.

Esa energía interna está asociada al movimiento de las partículas que lo compone, de manera que cuanto mayor es su movimiento, mayor es su temperatura.

MEDICIÓN

Las escalas más importantes para medir la temperatura son:

	Punto de fusión del hielo	Punto de ebullición del agua
Escala Centígrada	0° C	100° C
Escala Kelvin	273,16 K	373,16 K
Escala Fahrenheit	32° F	212° F

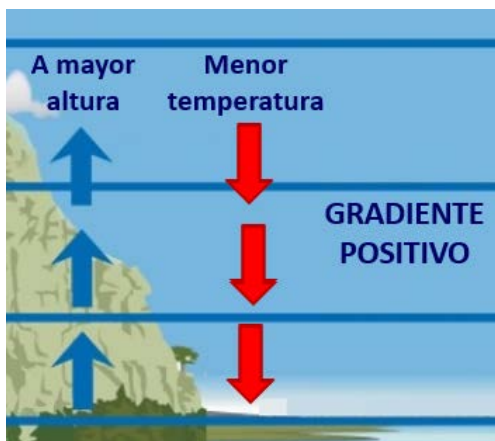
FACTORES RELACIONADOS

ALTURA

Se denomina gradiente térmico vertical a la variación de la temperatura con la altura.

Gradiente positivo: la temperatura generalmente desciende con la altura.

Gradiente negativo: cuando se produce una inversión térmica y la temperatura asciende con la altura. Puede darse en invierno dado que la superficie terrestre se puede haber enfriado por vientos.



DÍA Y NOCHE

La temperatura del aire varía durante el día, con un máximo cerca de dos horas después del mediodía, y un mínimo poco después del amanecer.

El hecho de que los máximos y mínimos no aparezcan exactamente a mediodía o al ponerse el Sol, se debe a que lleva un tiempo el que el aire se caliente o enfríe al recibir la radiación.



NUBOSIDAD

Suaviza los máximos y mínimos al reflejar parte de la radiación solar y absorber parte de la radiación terrestre.

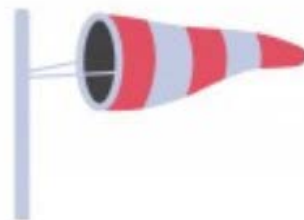
La diferencia entre la temperatura máxima y mínima (amplitud térmica) es menor.



VIENTO

Se llama viento al movimiento del aire, y es un resultado de las diferencias de presión atmosférica, atribuidas sobre todo a las diferencias de temperatura.

Debido a que el calentamiento diferencial en superficie genera las diferencias de presión, junto con las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas, son los responsables de la formación del viento.



SUPERFICIE TERRESTRE

La variación diaria de temperatura será mayor en la superficie terrestre que en el mar, al tener un calor específico más bajo.

Esta temperatura se verá influenciada por el flujo de aire caliente o aire frío que venga de las zonas circundantes debida a su naturaleza, con lo que también afectará a la variación diaria de temperatura.



/ 2.2.3. HUMEDAD

DEFINICIÓN

Es la cantidad de vapor de agua en el aire. Cuando el aire no puede admitir más vapor de agua se dice que está saturado o que ha alcanzado su punto de saturación.

MEDICIÓN

Se llama **humedad relativa** al índice que refleja la relación (expresada en %) entre la cantidad de vapor de agua que realmente tiene el aire a una determinada temperatura y la cantidad que debería tener para alcanzar su punto de saturación a esa misma temperatura. Es decir, es la temperatura a la que hay que enfriar un volumen de aire para que la humedad relativa sea del 100%.

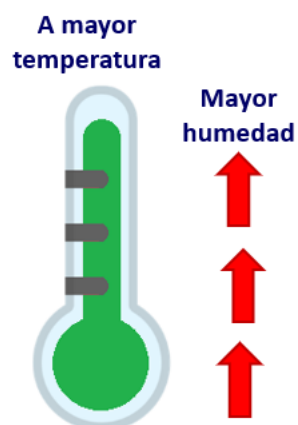
Se llama **punto de rocío** a la temperatura a la cual habría que enfriar el aire para saturarlo, sin añadir más agua y por tanto para que la humedad relativa sea del 100%. Aunque está íntimamente relacionado con la humedad, en realidad es una temperatura.

FACTORES RELACIONADOS

TEMPERATURA

La cantidad de vapor de agua que un volumen de aire puede almacenar viene determinada por la temperatura.

A mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua puede almacenar.

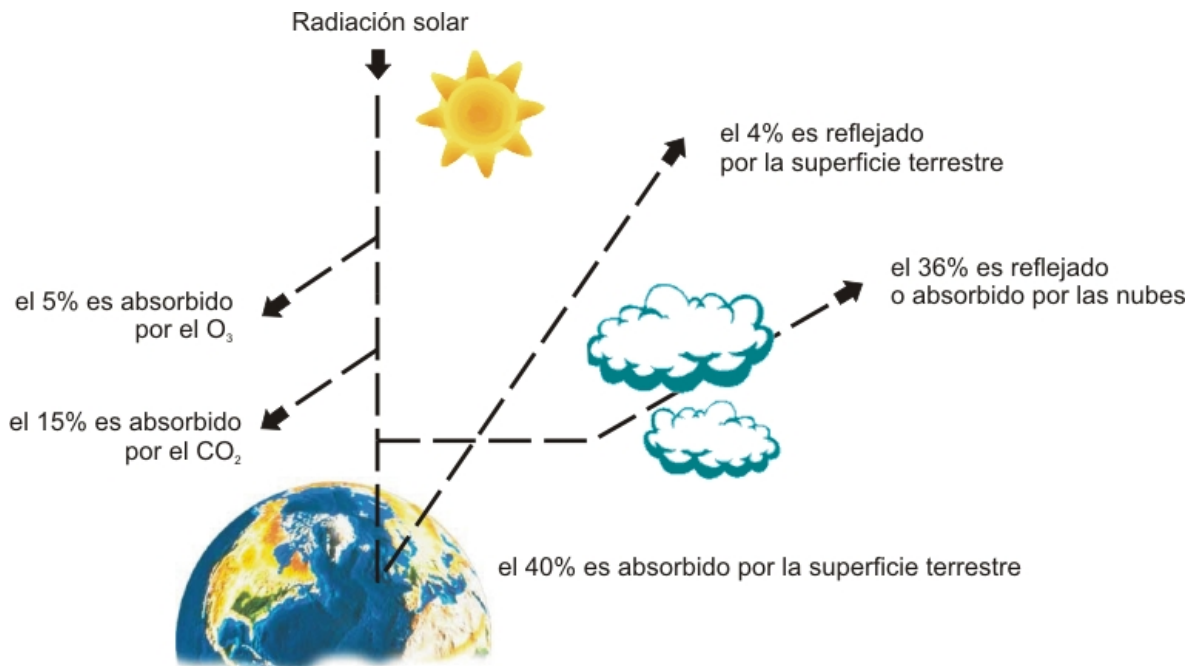


/ 2.2.4. RADIACIÓN SOLAR

DEFINICIÓN

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas desde el sol.

Solo un 40% de la radiación solar llega a la superficie terrestre, el resto es absorbido por el ozono (O_3), el dióxido de carbono (CO_2) y las nubes o reflejado por las nubes o por la propia superficie terrestre.



MEDICIÓN

La radiación solar es una densidad de potencia instantánea en unidades de Watios/m². Varía a lo largo del día, teniendo 0 W/m² por la noche.

FACTORES RELACIONADOS

SUPERFICIE TERRESTRE

La cantidad de radiación solar que llega a la superficie depende de la elevación del sol.

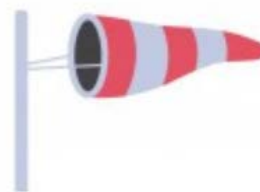
En las regiones tropicales en que el sol se encuentra cerca de la vertical en los meses de verano los niveles de radiación son muy altos. Por el contrario, en las regiones polares la elevación del sol incluso en verano es poca y los niveles de radiación debidos a este efecto son bajos o moderados.



NUBOSIDAD

La nubosidad atenúa la radiación, pero depende del tipo de nube y de su desarrollo.

Las nubes más densas y oscuras bloquearán más eficientemente la radiación, mientras que las nubes blancas y con menor desarrollo junto con las nieblas y calimas atenúan en mucha menor medida la radiación.



ALTURA

Los niveles de radiación están muy influenciados por la altura sobre el nivel del mar debido a la disminución de la capa de aire que queda por encima.

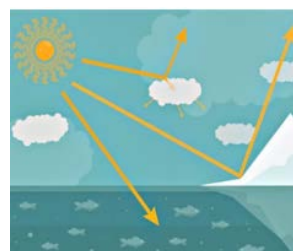
La radiación aumenta con la altitud del lugar aproximadamente un 10% por kilómetro de elevación. A igualdad de condiciones meteorológicas, los lugares elevados reciben más radiación que a nivel del mar.



ALBEDO

Los valores de albedo o reflectividad del suelo suelen estar por debajo de 10% para la vegetación, pero la variabilidad en caso de hielo puede alcanzar del 7 al 75% y para la nieve del 20 al 100%.

La alta reflectividad puede ser de gran importancia en la distribución geográfica y estacional de la radiación, especialmente en climas fríos.



AEROSOL

El aerosol atmosférico está constituido por el conjunto de partículas en suspensión en la atmósfera. Pueden influir en el clima de dos maneras: directamente, mediante la dispersión y la absorción de la radiación, e indirectamente, al actuar como núcleos de condensación para la formación de nubes o al modificar las propiedades ópticas y el período de vida de las nubes



/ 2.2.5. ESTRUCTURA FÍSICA

La atmósfera se divide verticalmente en cinco capas. Estas capas no son uniformes alrededor del globo terrestre, sino que dependen de la latitud a la que se encuentren en su vertical.

TROPOSFERA	Extensión	Se extiende desde la superficie hasta una altura promedio de 8 Km en latitudes altas (tropopausa polar), mientras que en latitudes bajas se extiende desde la superficie hasta una altura promedio de 18 Km (tropopausa tropical) y en latitudes medias, de hasta 12 Km (tropopausa de latitudes medias).
	Temperatura y altura	Desciende con la altura, hasta llegar a los -56,5°C.
	Presión	La presión y la densidad también disminuyen con la altura.
	Densidad	
	Vapor de agua	Contiene casi todo el vapor de agua y la mayor parte de la masa de la atmósfera y, además, se producen movimientos verticales muy marcados, lo que implica que la mayor parte de los fenómenos meteorológicos se produzcan en esta capa.
	Límite superior	<p>El límite superior de la troposfera se llama tropopausa y puede considerarse como una superficie de discontinuidad donde la temperatura se mantiene constante en torno a aproximadamente -56°C.</p> <p>La tropopausa no es continua alrededor del todo el globo terrestre y existen unas “roturas” entre las tropopausas a diferentes latitudes, en donde se originan corrientes de viento muy fuertes denominadas corriente en chorro.</p>

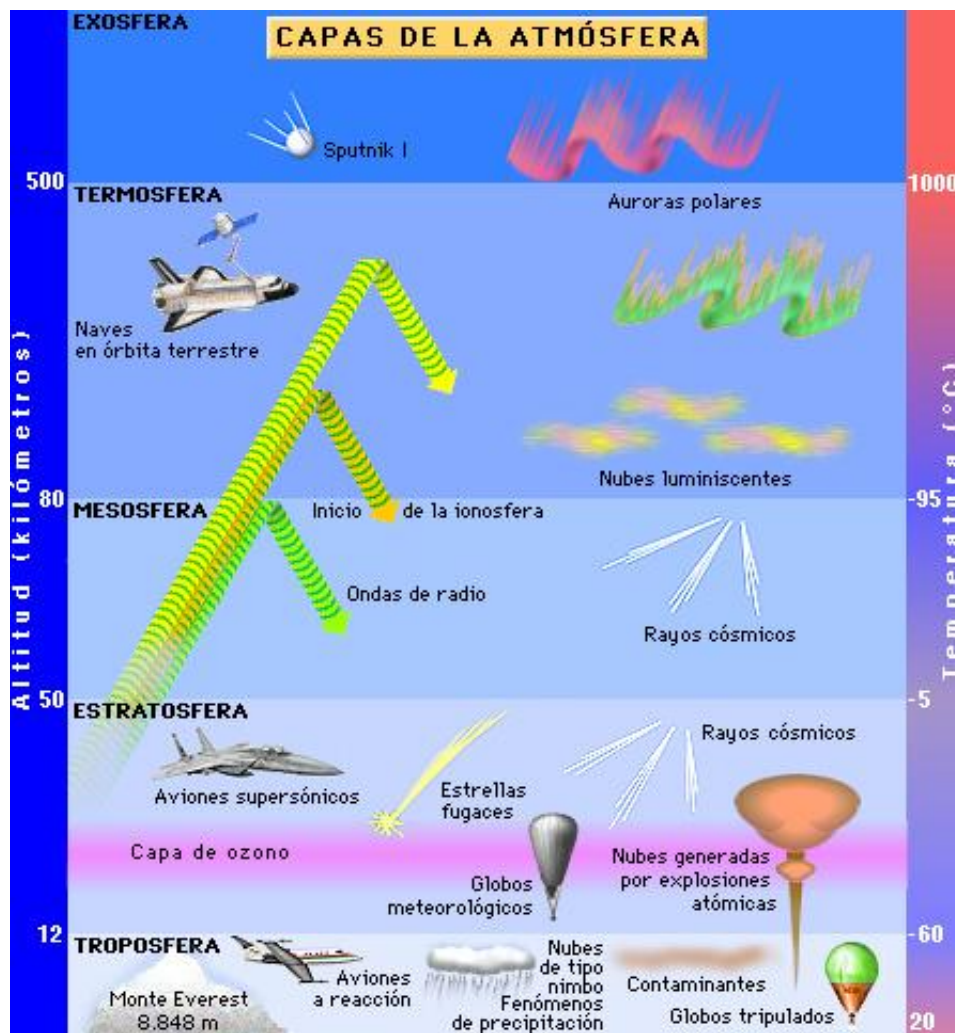
ESTRATOSFERA	Extensión	Esta capa se encuentra situada encima de la troposfera y se extiende desde la tropopausa hasta unos 50 o 55 Km.
	Temperatura y altura	La temperatura asciende con la altura, lo que se debe fundamentalmente a la abundancia de ozono en esta capa.
	Presión	Es menos densa cuanto mayor sea la altura, el resultado es que la presión también desciende exponencialmente con la altura. Observa que en la estratopausa la presión es tan sólo del 0.1% de la que existe a nivel del mar.
	Densidad	
	Vapor de agua	Su contenido de vapor de agua es pequeño, apenas hay nubes, sólo nubes nacaradas que se aprecian a 20 o 30 Km y topes de cumulonimbos que por inercia perforan la tropopausa alcanzando la parte más baja de la estratosfera.
	Límite superior	El límite superior de la estratosfera es denominado estratopausa , situada a 50 Km de altura aproximadamente y a partir de la cual la temperatura disminuye de nuevo con la altura.

MESOESFERA	Extensión	Esta capa se encuentra situada encima de la estratosfera y se extiende desde la estratopausa hasta unos 80 Km.
	Temperatura y altura	La temperatura disminuye con la altura hasta alcanzar una temperatura de -95°C aproximadamente.
	Presión	Disminuye la presión y por tanto la densidad.
	Densidad	
	Vapor de agua	En esta capa no se forman apenas nubes, excepto en latitudes altas en las que, cuando el Sol se sitúa entre 5° y 13°, se pueden observar nubes noctilucentes ¹ .
	Límite superior	<p>El límite superior de la mesosfera se denomina mesopausa y se caracteriza porque es el nivel con la temperatura más fría de toda la atmósfera.</p> <p>En este nivel es donde termina la atmósfera con una composición de gases homogénea. Esta zona donde la atmósfera es homogénea y comprende la troposfera, la estratosfera y la mesosfera recibe el nombre de homosfera.</p>

¹ Nubes formadas por cristales y polvo de meteorito que se ven en el crepúsculo con tonos azulados

TERMOESFERA O IONOSFERA	Extensión	Esta capa se encuentra situada encima de la mesosfera y se extiende desde la mesopausa hasta unos 600 Km.
	Temperatura y altura	La temperatura aumenta con la altura debido a la radiación solar, hasta alcanzar una temperatura de 1.100°C.
	Presión	Disminuye.
	Densidad	<p>A estas altitudes extremas las moléculas de gas se encuentran ampliamente separadas y se forma casi totalmente por partículas ionizadas que se producen por la radiación ultravioleta al arrancarles los electrones a las moléculas gaseosas.</p> <p>En el ámbito de las radiocomunicaciones, los iones presentes en esta capa pueden reflejar las ondas de radio, permitiendo la comunicación entre distintos lugares del globo terrestre.</p>
	Vapor de agua	En esta capa no se forma ninguna nube
	Límite superior	El límite superior de la termosfera se denomina termopausa.

EXOSFERA	Extensión	Esta capa es la última capa de la atmósfera, se encuentra situada encima de la termosfera y su espesor es muy elevado, hasta confundirse con el gas interplanetario.
-----------------	-----------	--



/ 3. INTERCAMBIO DE CALOR EN LA ATMÓSFERA

El Sol es la principal fuente de calor que suministra energía a nuestra atmósfera. Se ha comprobado que la temperatura anual media de la tierra y de la atmósfera varía muy poco a lo largo del tiempo. Esto es debido a que existe **un intercambio de calor entre los diferentes elementos de la Tierra y capas de la atmósfera**, que permiten tener el sistema Tierra-atmósfera en un equilibrio térmico.

Además de la radiación explicada anteriormente, el intercambio de calor se puede realizar a través de los siguientes procesos:

CONDUCCIÓN

DEFINICIÓN

Es un tipo de transmisión de calor que se realiza por contacto entre dos cuerpos con distinta temperatura.

EFFECTO:

El calor pasa de un punto a otro por colisión molecular, aumentando el movimiento de las moléculas adyacentes. Esto sucede en las pistas de los aeropuertos, donde el calor se conduce desde la superficie de las pistas a las capas de aire que están en contacto con ellas.

CONVECCIÓN

DEFINICIÓN

Es un tipo de transmisión de calor que se realiza por el medio de un fluido que transporta calor entre regiones con diferente temperatura.

EFFECTO

En Meteorología, este tipo de transmisiones de calor se da en los movimientos verticales de las masas de aire.

ADVECCIÓN

DEFINICIÓN

Es un tipo de transmisión de calor que se realiza por medio de movimientos horizontales de masas de aire.

EFFECTO

Es muy importante en la formación de nubes orográficas, además de tener un papel primordial en el ciclo del agua.

TURBULENCIA

DEFICIÓN

Es un tipo de transmisión de calor que se realiza por medio de corrientes desordenadas y desiguales que dan lugar a remolinos turbulentos.

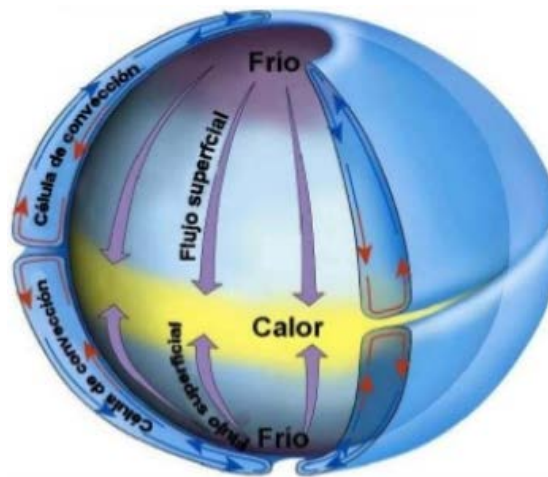
EFFECTO

Sus consecuencias se traducen en aceleraciones verticales u horizontales que pueden modificar los parámetros de vuelo, cambios de altitud e incluso pérdida momentánea de la gobernabilidad del avión. La sensibilidad de una aeronave a las turbulencias depende de su peso, superficie alar, actitud y velocidad.

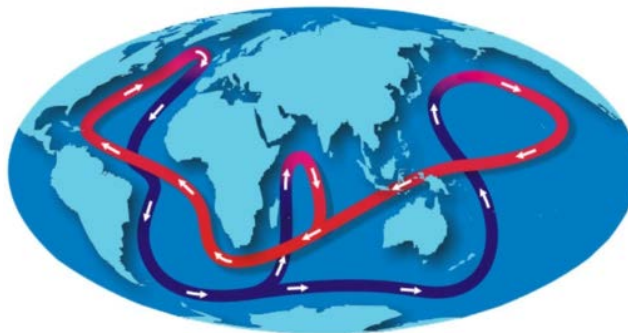
La transferencia de calor siempre se realiza desde las zonas más calientes a las más frías. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre dichas zonas, más rápidamente se realiza la transferencia de calor.

Como consecuencia de estos gradientes térmicos entre latitudes se desarrollan:

1. **las corrientes de convección**, que serán los mecanismos mediante las cuales se transfiere el exceso de energía a las zonas donde hay defecto de esta.



2. **las corrientes oceánicas** que van de los trópicos a los polos.



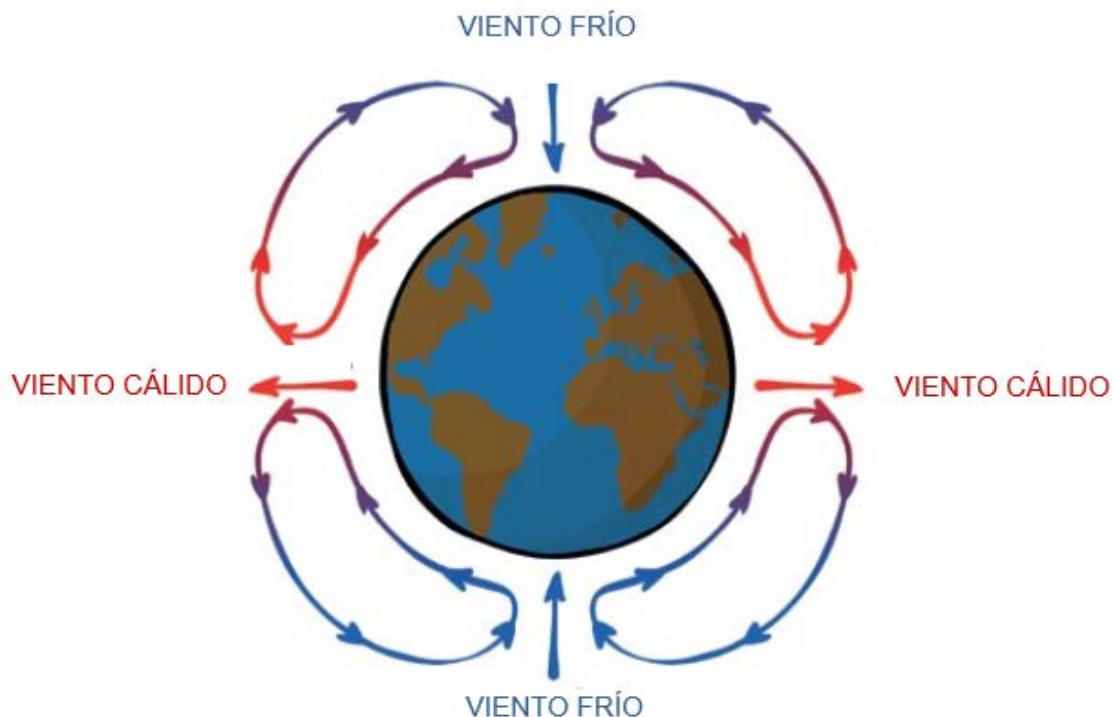
Estos mecanismos de transferencia de calor entre las latitudes contribuyen a que se mantenga el equilibrio térmico en el sistema tierra-atmósfera y su temperatura apenas varíe.

/ 4. CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA

/ 4.1. CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA

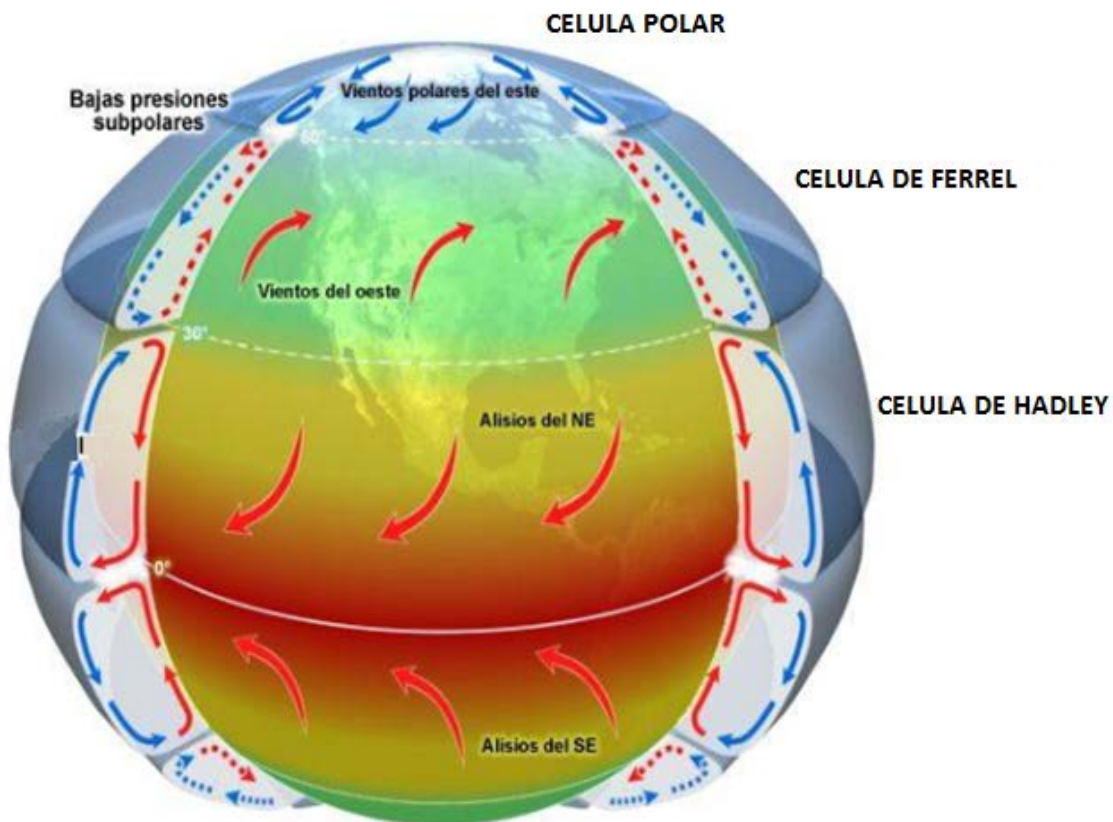
Se denomina circulación general atmosférica al **flujo de aire alrededor del globo terráqueo por medio del cual se redistribuye el calor sobre la superficie de La Tierra**. La circulación general atmosférica abarca todo el planeta y su conocimiento permite comprender el comportamiento de sistemas meteorológicos a menor escala.

El exceso de radiación en el ecuador produce un ascenso del aire, y este aire en altura se desplaza desde la latitud más cálida a la más fría, es decir, del ecuador a los polos. Por otro lado, en el Polo desciende el aire y se desplaza por la superficie hasta el ecuador para reemplazar el aire ascendente. **Este movimiento del aire es llamado célula de circulación.**



Existen tres células:

- a) Célula Polar (aproximadamente, entre 60° y 90° -el polo-): donde se generan los vientos del Este Polares en el hemisferio norte y del oeste, en el sur.
- b) Célula de Ferrel (entre 30° y 60° , aproximadamente): donde se generan los vientos del oeste predominantes en latitudes medias.
- c) Célula de Hadley (entre el ecuador y 30° de latitud, aproximadamente): donde se generan los vientos alisios.



/ 4.2. FUERZA DE CORIOLIS

Es una fuerza que se produce debido a la rotación de la Tierra en el espacio y que desvía la trayectoria de los objetos que se encuentran en movimiento sobre la superficie terrestre:

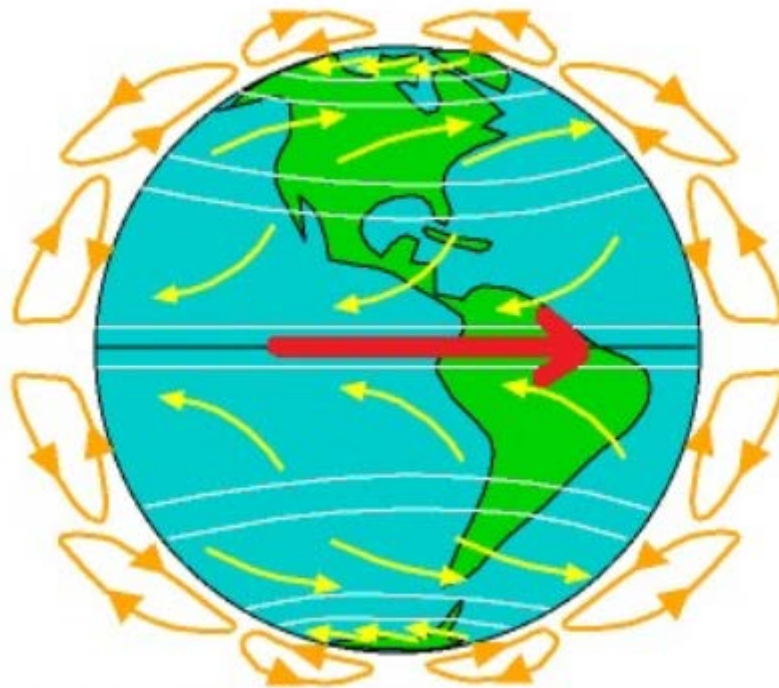


Hacia la derecha para los objetos que están en el hemisferio norte.

A la izquierda para los que se encuentran en el hemisferio sur.

/ 4.2.1 CONSECUENCIAS DE LA FUERZA DE CORIOLIS

- Este efecto tiene lugar de una forma más intensa **en el ecuador ya que es la zona donde la velocidad de la superficie es mayor**. En los polos es más lenta. Esto se debe a que, en el ecuador, la distancia al centro de la Tierra es mayor.
- Como consecuencia del gradiente de presión establecido entre las diferentes latitudes, se originan unos vientos que llevan el aire de las altas presiones, a las bajas y que están afectados por efecto de la fuerza de Coriolis.



/ 4.3. EL VIENTO

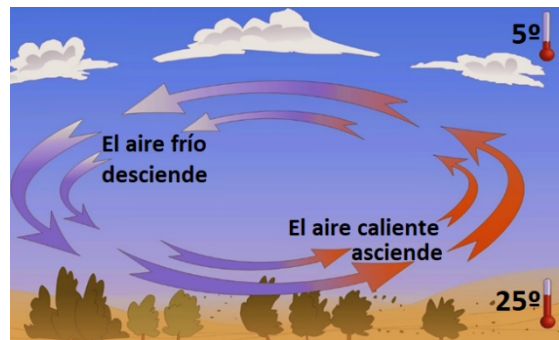
El viento es **el movimiento o traslación del aire en todas las direcciones y sentidos debido a las variaciones de presión y temperatura que experimentan las diferentes masas de aire**.

Es uno de los componentes atmosféricos de mayor trascendencia ya que transporta vapor de agua y calor.

La **causa principal** de la formación del viento es la diferencia de presión o gradiente que existe entre dos masas de aire.

Este viento se verá influenciado por:

- La gravedad terrestre.
- La rotación de la tierra (fuerza de Coriolis)
- La fuerza centrífuga.
- El rozamiento con la superficie de la tierra.



/ 4.3.1 MAGNITUDES

El viento es un vector que consta de dos magnitudes:



La intensidad se expresa en millas/hora (nudos), en metros/segundo o en kilómetros/hora.



La dirección se expresa en grados sexagesimales e indica la dirección de donde procede el viento. Para ello se toma como 0° el norte verdadero (norte geográfico) y se mide en el sentido de giro de las agujas del reloj el ángulo formado entre la dirección de donde procede el viento y el norte geográfico.

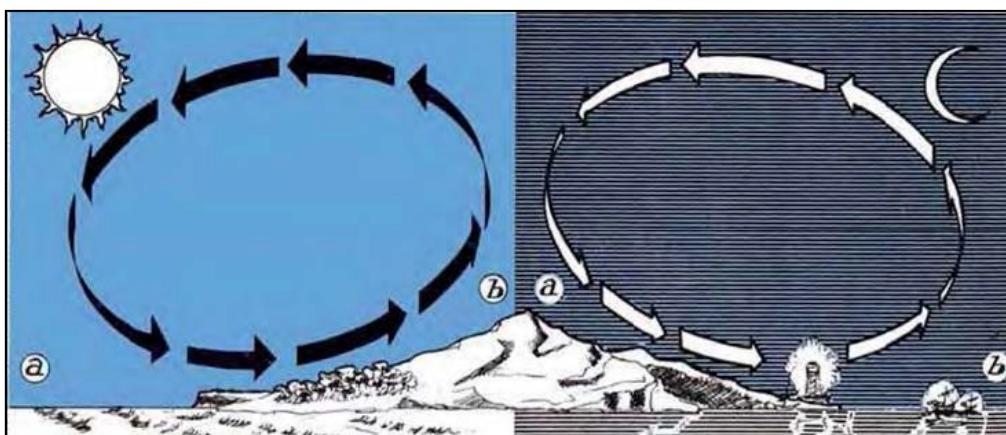
/ 4.3.2 VIENTOS LOCALES

Se denominan de esta manera porque dependerán del lugar donde surjan y, por lo general, se rigen por las grandes masas de agua que atraviesan. Son producidos como consecuencia de las características geográficas, que influyen en su intensidad y periodicidad.

BRISAS

La **causa principal** de este movimiento de aire es el diferente calentamiento de la superficie del mar y de la tierra causado por la radiación solar, que es debida a la diferencia de calores específicos de la tierra y del mar.

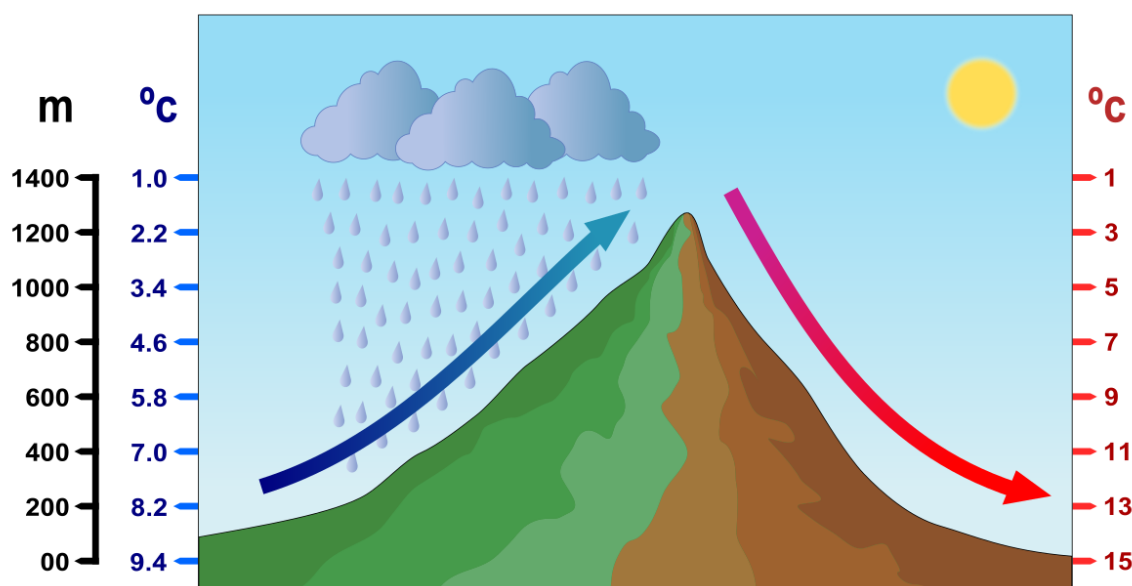
	DURANTE EL DÍA	DURANTE LA NOCHE
MOVIMIENTO	La tierra se calienta más que el mar; por tanto, la columna de aire que está encima de la tierra se dilata y tiende a elevarse.	La tierra se enfriará más rápidamente que el mar, produciéndose un área de alta presión sobre la tierra y otra de baja presión al mismo nivel sobre el mar.
CONSECUENCIA	la presión en tierra será menor que la presión a la misma altura en el mar. Al haber una diferencia de presión, se produce un desplazamiento de aire en superficie de mar a tierra, donde la presión es menor.	Esta diferencia de presión produce un desplazamiento de aire de la tierra al mar.
	Este desplazamiento se denomina brisa de mar .	Este desplazamiento se denomina brisa de tierra .
	Por otro lado, al ascender y enfriarse el aire, éste se expande hacia el mar, cerrando el circuito.	Por otro lado, al ascender y enfriarse el aire, éste se expande hacia la tierra, cerrando el circuito.



/ 4.3.3 EFECTO FOEHN

Toma su nombre de un viento del norte de los Alpes, y se origina cuando **una masa de aire es obligada a ascender al encontrar una montaña**. Esto hace que se enfríe, y que el vapor de agua que contiene se condense, y se produzca precipitación. Al descender por la otra cara de la montaña la masa de aire ha perdido su humedad, se trata de un aire seco que desciende rápidamente aumentando la presión atmosférica y por tanto la temperatura. De esta manera lo que en la ladera de barlovento es humedad y precipitación, en sotavento es tiempo despejado y calor.

Este fenómeno de recalentamiento y resecamiento es el que se conoce como **efecto Foehn**.



Efecto FOEHN

/ 5. ANTICICLONES Y DEPRESIONES

/ 5.1. INTRODUCCIÓN

Debido a la circulación general atmosférica se desarrollan zonas de alta y baja presión en grandes extensiones de la superficie terrestre que se denominan anticiclones y depresiones, respectivamente.



DEFINICIÓN

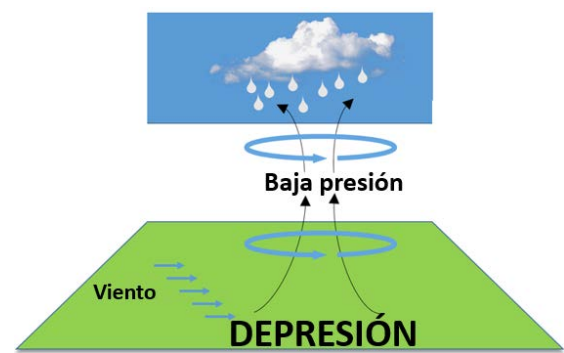
Región de la atmósfera donde la presión es mucho más alta que en las áreas circundantes.

CARACTERÍSTICA

- La circulación general es horaria en el hemisferio norte y antihoraria en el hemisferio sur.
- Los vientos asociados a dicha circulación son flojos en el centro y más fuertes en el exterior.

TIEMPOS QUE SE PRODUCE

Suele traer esta masa de aire es de bonanza, es decir cielos despejados y poco movimiento atmosférico con temperaturas altas en verano. Sin embargo, en invierno, aunque también puede traernos cielos despejados, suelen provocar inversiones térmicas y nieblas.



DEFINICIÓN

Región de la atmósfera donde la presión es mucho más baja que en las áreas circundantes. También llamada borrascas.

CARACTERÍSTICA

- Es el descenso de la presión que ejerce el aire sobre la superficie de la tierra, debido al menor peso originado por factores como la temperatura y humedad.
- Su extensión horizontal es muy variable
- Los vientos circulan en sentido antihorario en el hemisferio norte y en sentido horario en el hemisferio sur, siendo fuertes en el centro y más débiles en el exterior.

TIEMPOS QUE SE PRODUCE

Suelen traer estas masas de aire es inestable, con abundante nubosidad, lluvias o tormentas y en ocasiones, nevadas en invierno.

/ 5.2 MASAS DE AIRE

Las masas de aire son volúmenes de aire que asumen las características del área circundante o región de origen.

Las características de la masa de aire han sido adquiridas paulatinamente por permanecer durante un cierto periodo de tiempo sobre una gran superficie, terrestre o marítima, denominada región manantial o fuente. Así, si la superficie sobre la que se encuentra es fría, la masa de aire tenderá a enfriarse, mientras que, si la superficie sobre la que se encuentra es marítima, tenderá a adquirir humedad.

Se clasifican según las regiones de donde provienen, por la **temperatura y la humedad**:

Según la temperatura y según la latitud donde se genera.	Ártica.
	Polar.
	Tropical.
	Ecuatorial.
Según la humedad.	Seca: si la región fuente es continental.
	Húmeda: si la región manantial es marítima.

A medida que la masa de aire se desplaza desde su región de origen y pasa sobre tierra o agua, la masa de aire está sujeta a las condiciones variables de esa tierra o agua, y éstas modifican la naturaleza de la masa de aire.

/ 5.3. FRENTE

Es la frontera entre dos masas de aire de diferentes temperaturas y densidades, no pueden mezclarse de forma inmediata debido a que sus densidades son distintas, en lugar de mezclarse, la masa más ligera y caliente empieza a ascender por encima de la masa fría y densa, y **el frente se encuentra en la transición entre ambas, es decir, es la franja de separación entre dos masas de aire.**

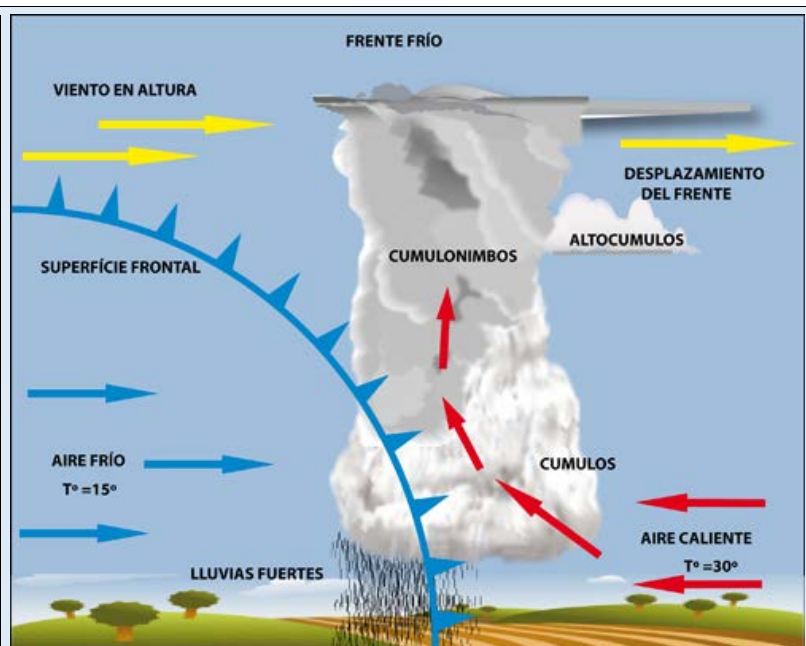
Los frentes están asociados a depresiones y se clasifican en función de la masa de aire que empuja.

Cualquier discusión sobre sistemas frontales debe ser atenuada con el conocimiento de que no hay dos frentes iguales. Sin embargo, las condiciones climáticas generalizadas están asociadas con un tipo específico de frente, lo que ayuda a identificar el frente.

FRÍO

Cuando una masa de aire frío desplaza a una caliente ocupando su lugar, avanzando como una cuña y obligando al aire caliente a ascender.

Si en el aire que asciende se produce la condensación del vapor de agua, aparecen nubes de desarrollo vertical y precipitaciones.

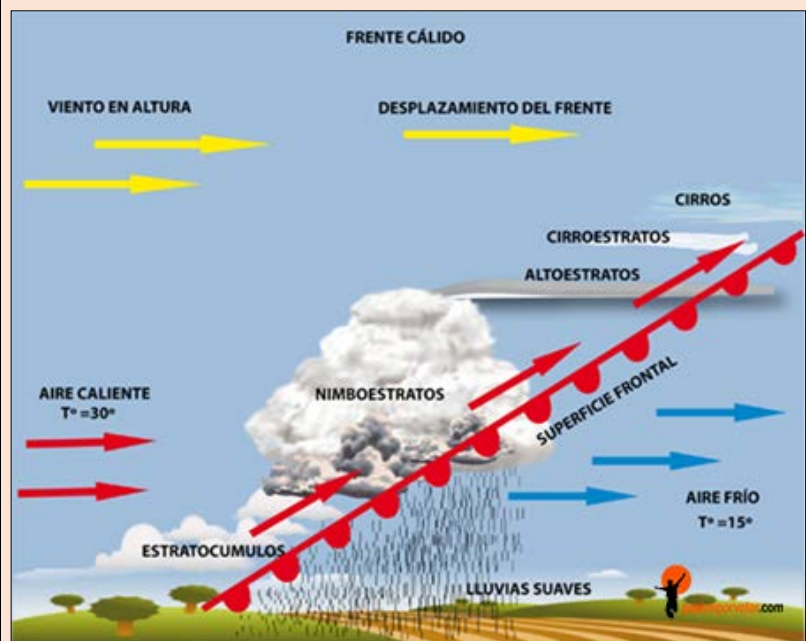


CÁLIDO

Cuando una masa de aire caliente es la que desplaza a la fría.

En este caso, el aire caliente asciende por encima del frío, lo que puede provocar un enfriamiento y la posterior condensación con la consiguiente formación de nubosidad y precipitaciones.

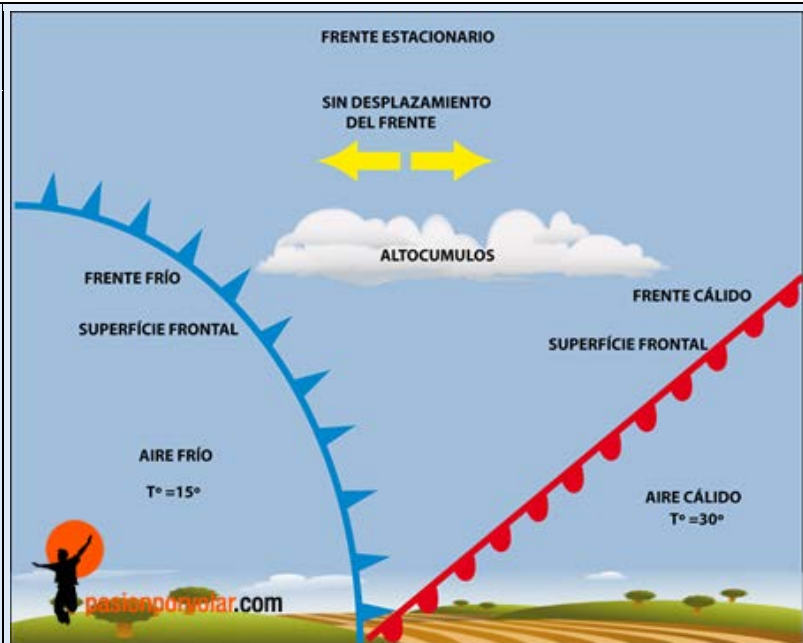
Al igual que en los frentes fríos, las características del tiempo dependerán del grado de humedad y estabilidad de la masa de aire.



ESTACIONARIO

Cuando se encuentran las dos masas, pero no hay desplazamiento y, por tanto, ninguna de las características de las masas de aire prevalece sobre la otra.

En estos frentes, el viento tiende a soplar paralelo al frente y en sentidos opuestos. Pueden provocar periodos de precipitaciones prolongados si las masas de aire que intervienen son muy húmedas

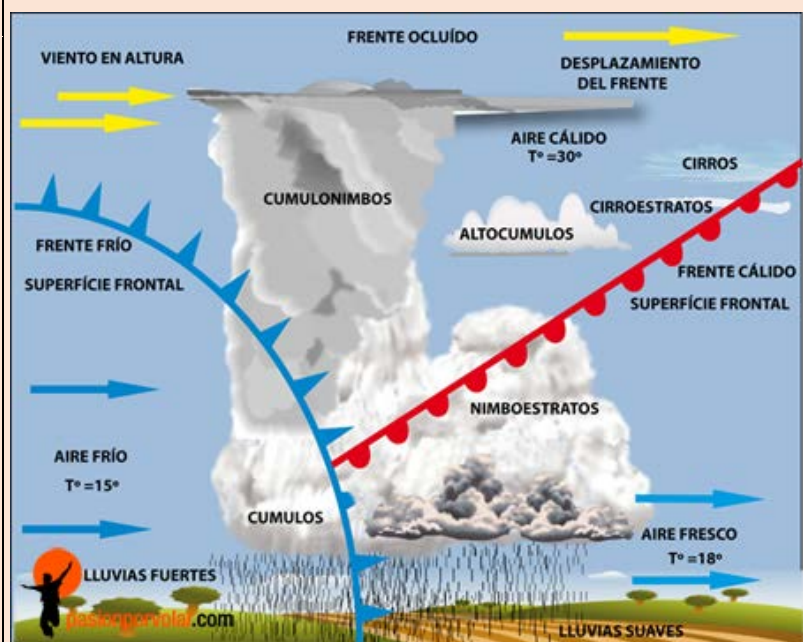


OCLUIDO

Cuando un frente frío, que por regla general se mueve más rápido que uno caliente, alcanza el frente cálido y eleva el sector cálido en altura.

En tal caso, el frente resultante en superficie es una combinación de los dos frentes anteriores.

La oclusión puede ser de dos tipos, oclusión de **tipo frío** y oclusión de **tipo caliente**, en función de si el aire que se encuentra detrás de la oclusión es más frío o caliente que el aire que está situado delante de la oclusión



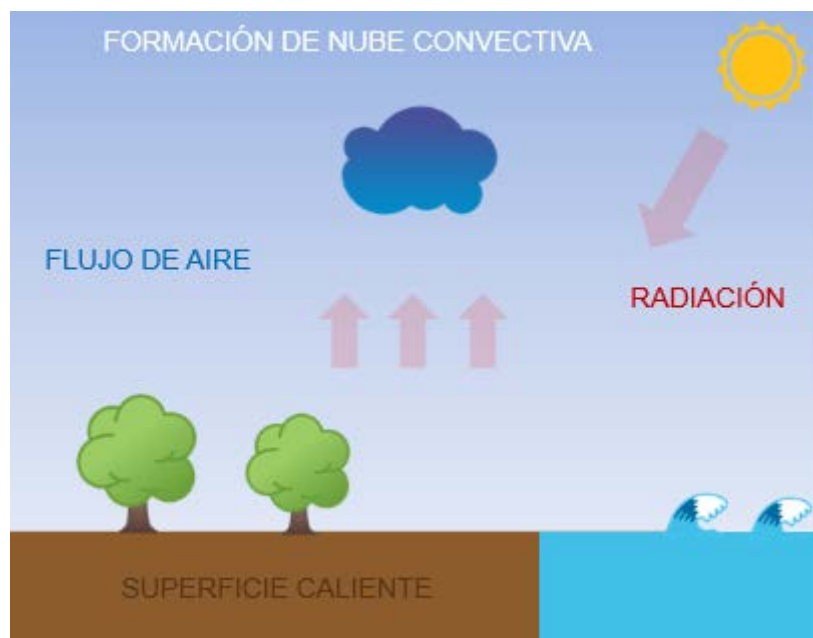
/ 6. PROCESOS ATMOSFÉRICOS

/ 6.1. NUBES

Una nube es **una suspensión de gotas de agua y/o cristales de hielo en la atmósfera.**

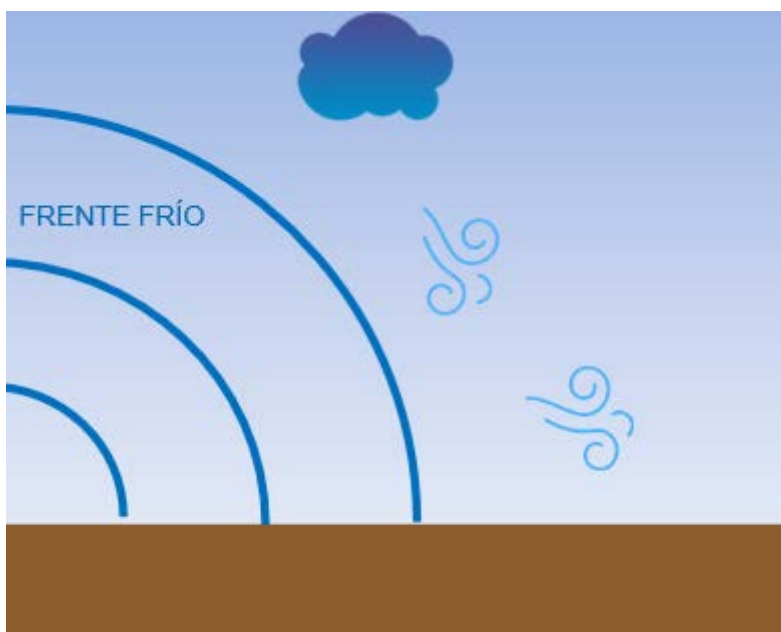
El aire contiene agua en forma de vapor debido a la evaporación de los mares, ríos, lagos, etc. Las nubes se forman como resultado de la condensación de este vapor de agua. Para que esta condensación se produzca es necesario que la masa de aire esté saturada, es decir, que alcance el punto de saturación o de rocío.

Para que el aire se sature hace falta o bien aumentar el contenido en vapor de agua por evaporación o bien enfriarlo hasta el punto de rocío o ambas cosas a la vez. Sin embargo, en la atmósfera, el enfriamiento es el proceso más frecuente en la condensación del vapor de agua.

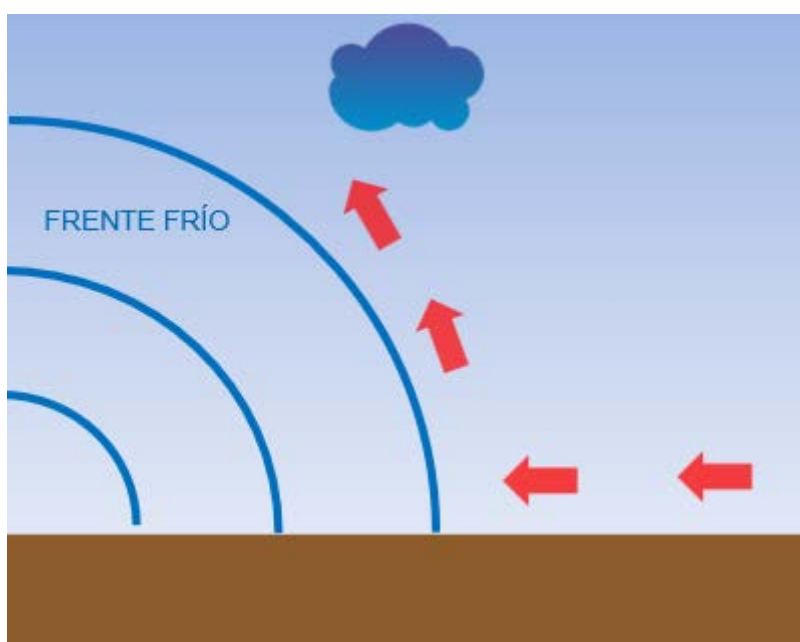


El enfriamiento para la formación de nubes es generalmente el resultado de uno de dos procesos:

- Contacto del aire con una superficie fría.



- Expansión adiabática, denominada así porque el enfriamiento se produce sin que haya apenas intercambio de calor entre la masa de aire y el aire circundante.



/ 6.1.1 TIPO DE NUBES

Por convención, esta parte de la atmósfera en la que se encuentran las nubes ha sido dividida en cuatro pisos o familias: alto, medio, bajo y desarrollo vertical.

Dentro de esas familias en 10 géneros o tipos de nubes:

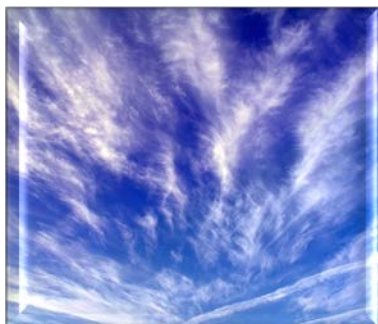
FAMILIAS	GÉNEROS (SÍMBOLOS)	BASE MEDIA (metros)	TOPE MEDIO (metros)
Nubes altas	Cirros (Ci) Cirrostratos (Cs) Cirrocúmulos (Cc)	6.000	12.000
Nubes medias	Altocúmulos (Ac) Nimbostratos (Ns) Altoestratos (As)	2.500	6.000
Nubes bajas	Estratos (St) Estratocúmulos (Sc)	150 - 600 600 - 1.500	750 2.400
Nubes de desarrollo vertical	Cúmulos (Cu) (2) Cumulonimbos (Cb)	300 - 2.400 600 - 2.400	6.000 12.000

Vamos a verlas en detalle:

NUBES ALTAS

Están formadas por cristales de hielo

CIRROS (Ci)



Se componen de largos, finos y etéreos filamentos blancos y delicados formados por cristales de hielo.

A esas altitudes los vientos son muy fuertes y alargan los filamentos.

Los cirros son normalmente blancos y, en ocasiones, indican la aproximación de una perturbación.

CIRROSTRATOS (Cs)



Velo nuboso, transparente y blanquecino, de aspecto fibroso (como cabellos) que cubre total o parcialmente el cielo.

El Sol o la Luna pueden brillar a travésándolo, produciendo halos.

Estos halos se forman por la refracción y reflexión de la luz en los cristales de hielo que componen la nube.

CIRROCÚMULOS (Cc)



Banco, manto o capa delgada de nubes generalmente blancas sin sombras, compuesta por elementos muy pequeños en forma de granos, rizos, grumos, ondulaciones, etc., unidos o separados y distribuidos con mayor o menor regularidad.

NUBES MEDIAS

Están formadas por gotas de aguas, muchas de las cuales están super enfriadas o en subfusión, a veces también por cristales de hielo

ALTOCÚMULOS (Ac)



Banco, capa delgada o capa de nubes blancas o grises, o a la vez blancas y grises, que tienen sombras compuestas por losetas, masas redondeadas, rodillos, etc., las cuales son a veces parcialmente fibrosas o difusas y que pueden estar unidas o no.

Si se ven en una mañana húmeda y templada, indican que por la tarde pueden aparecer tormentas.

NIMBOSTRATOS (Ns)



Capa nubosa gris con la base rasgada y con un aspecto velado por la precipitación de lluvia o nieve que cae más o menos continuamente desde ella.

Frecuentemente aparecen nubes debajo de ella.

El espesor de esta capa es suficiente para ocultar completamente el sol.

Pueden llegar a extenderse hasta la superficie terrestre y por tanto considerarse nubes bajas con lluvia.

Se incluyen dentro del grupo de nubes medias, aunque en ocasiones pueden alcanzar el nivel bajo y alto.

ALTOSTRATOS (As)



Manto o capa nubosa que habitualmente cubre el cielo completamente y tiene un color gris o azul grisáceo.

Tiene partes suficientemente delgadas que permiten distinguir vagamente el Sol, como a través de un vidrio deslustrado.

Los altoestratos, a diferencia de los Cirrostratos, no producen halos.

NUBES BAJAS

Están formadas, generalmente, solamente por gotas de agua líquida

ESTRATOS (St)



Capa nubosa generalmente gris que suelen cubrir todo el cielo. Los estratos normalmente parecen niebla que no llega al suelo.

ESTRATOCÚMULOS (Sc)



Banco, manto o capa, grumosas y grises o blanquecinas, a veces presentan ambos colores. Suelen formar hileras con trozos de cielo azul visible entre ellas.

NUBES DESARROLLO VERTICAL

Pueden llegar a alcanzar los tres pisos, presentando una combinación de partículas características de las nubes altas, medias y bajas

CÚMULOS (Cu)

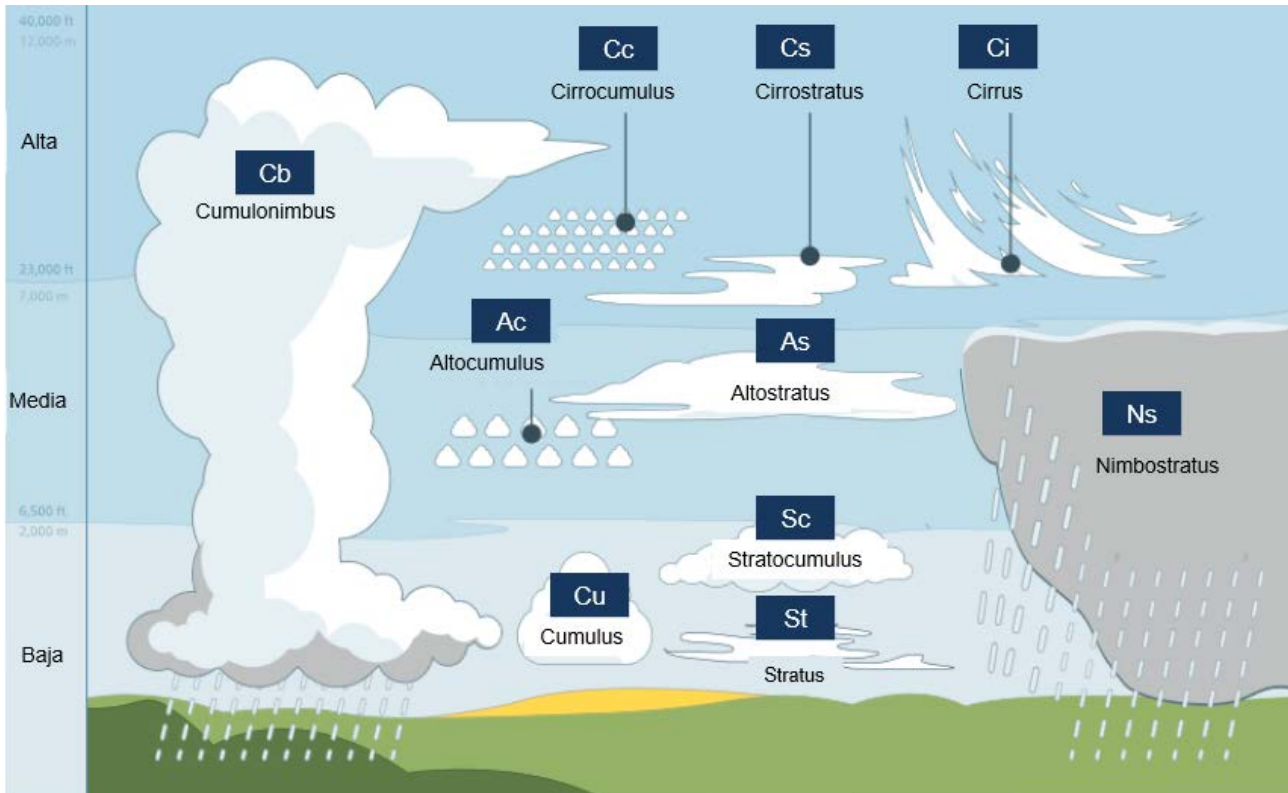


Nubes aisladas densas y blancas. Parecen enormes bolas de algodón flotando con bordes bien definidos, la base plana y relativamente oscura y las zonas más altas con forma de coliflor.

CUMULONIMBOS (Cb)



Nube densa y potente, con una dimensión vertical considerable, en forma de montaña o enormes torres. Dan lugar a precipitaciones como tormenta o chubascos. Puede crecer hasta alturas que lleguen a la tropopausa, donde comienza un estrato estable que impide la flotabilidad, solo llegan a crecer algo más allá si las corrientes convectivas son muy fuertes. La base es oscura y pueden aparecer nubes desgarradas.



/ 6.1.2. OBSERVACIONES DE NUBES

Las nubes son observadas y notificadas regularmente en las estaciones meteorológicas. Los pilotos utilizan esta información para la planificación del vuelo y para tomar decisiones durante el vuelo. Las observaciones de las nubes se realizan desde el suelo, donde la vista del cielo es diferente a la que se puede ver desde la cabina del piloto.

Una observación completa de las condiciones del cielo incluye:

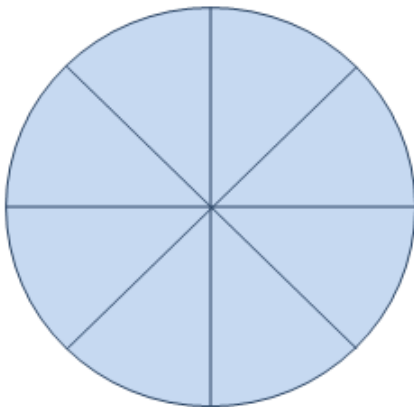
- Altura de la nube.
- Cantidad de nubes.
- Tipo de nube.

Se denomina “**techo de nubes**” a la altura sobre el suelo (tierra o agua) a la que se encuentra suspendida la capa inferior de nubes, siempre que ésta cubra más de la mitad del cielo y se halle a una altura inferior a 20.000 pies (6.000 metros).

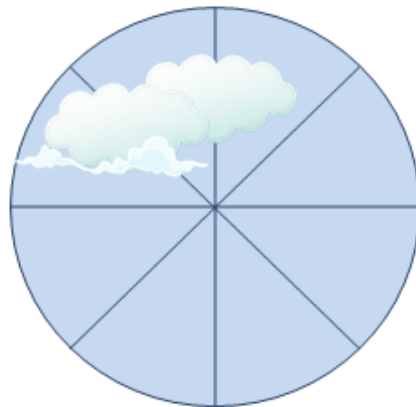
Existen varios métodos para determinar este techo. El instrumento más utilizado es el cilómetro, basado en la medición del tiempo que tarda un impulso luminoso en volver al suelo después de haberse reflejado en la nube.

La cantidad de nubes o nivel de nubosidad se indica en octas u octavos, con lo que se supone el cielo dividido en ocho partes. Las abreviaturas OACI utilizadas en los mensajes aeronáuticos para proporcionar el nivel de nubosidad son las siguientes:

- OVC: cielo cubierto
- BKN: nuboso (de 5 a 7 octas de cielo cubierto)
- SCT: nubosidad dispersa (de 3 a 4 octas de cielo cubierto)
- FEW: algunas nubes (1 a 2 octas de cielo cubierto)
- SKC: cielo despejado



CIELO DIVIDO EN 8 PARTES



VEMOS QUE EN ESTE CASO
OCUPAN 3 OCTAVOS

/ 6.2. PRECIPITACIÓN

Se denomina precipitación al **conjunto de partículas líquidas o sólidas que procedentes de las nubes alcanzan el suelo.**

Para que se produzca precipitación es necesario que las gotas de agua o cristales de hielo adquieran un tamaño adecuado para que venzan las corrientes ascendentes y caigan libremente por efecto de la gravedad.

Según sea la altura a la que ha comenzado y la distribución de temperaturas del aire por donde pasa en su descenso, la precipitación será de agua, nieve, aguanieve, lluvia helada (gotas que se congelan en el momento del contacto), granizo o pedrisco.

TIPO NUBE	TIPO PRECIPITACIÓN
De desarrollo vertical: Cumulonimbos (Cb) y ocasionalmente Cúmulos (Cu), cuando el desarrollo vertical es de gran extensión.	Las precipitaciones más intensas que se asocian a fuertes lluvias, nieve, relámpagos y truenos.
Nubes estratiformes, sobre todo Altoestratos (As) y Nimbostratos (Ns).	Las precipitaciones de carácter continuado y menos intenso
Altoestratos.	Dan lugar a lluvia y son similares a los Nimbostratos.

/ 6.2.1. TIPOS DE PRECIPITACIÓN

CHUSBASCOS:

Cuando la precipitación se inicia y cesa bruscamente, es relativamente intensa y de no mucha duración.

Los chubascos pueden ser de agua, de nieve o de agua y nieve mezcladas.

Las gotas son relativamente grandes comparadas con las observadas en otro tipo de precipitación, y proceden de nubes cumuliformes.

PRECIPITACIONES FRONTALES:

Se producen en precipitaciones de los sistemas frontales y en precipitaciones asociadas a la orografía, con fenómenos tormentosos origen de brucas e intensas precipitaciones.

PRECIPITACIONES VERTICALES U OBLICUAS:

Se evaporan antes de alcanzar el suelo y que reciben el nombre de virga. Esto es debido a que las gotas pasan por capas de aire con un contenido muy bajo de humedad.

Son muy habituales en los Altostratus, Nimbostratus, y en la mayoría de los Altocúmulos, Estratocúmulos y en los Cumulonimbos.

/ 6.2.2. EFECTOS SOBRE LAS AERONAVES

Las fuertes o muy intensas precipitaciones tendrán claramente un impacto perjudicial en la visibilidad general, además las gotas de lluvia que impactan en el parabrisas reducirán adicionalmente la visibilidad.



Los motores de aviones de línea civiles se prueban y certifican para garantizar que los motores no se 'apaguen' normalmente en condiciones de lluvia intensa e ingestión de agua.

Las inundaciones de las pistas o las zonas de aguas profundas y estancadas afectarán a la acción de frenado y pueden dar lugar a un frenado asimétrico y a un posible deslizamiento fuera de las pistas.



/ 7. VISIBILIDAD

/ 7.1. DEFINICIÓN

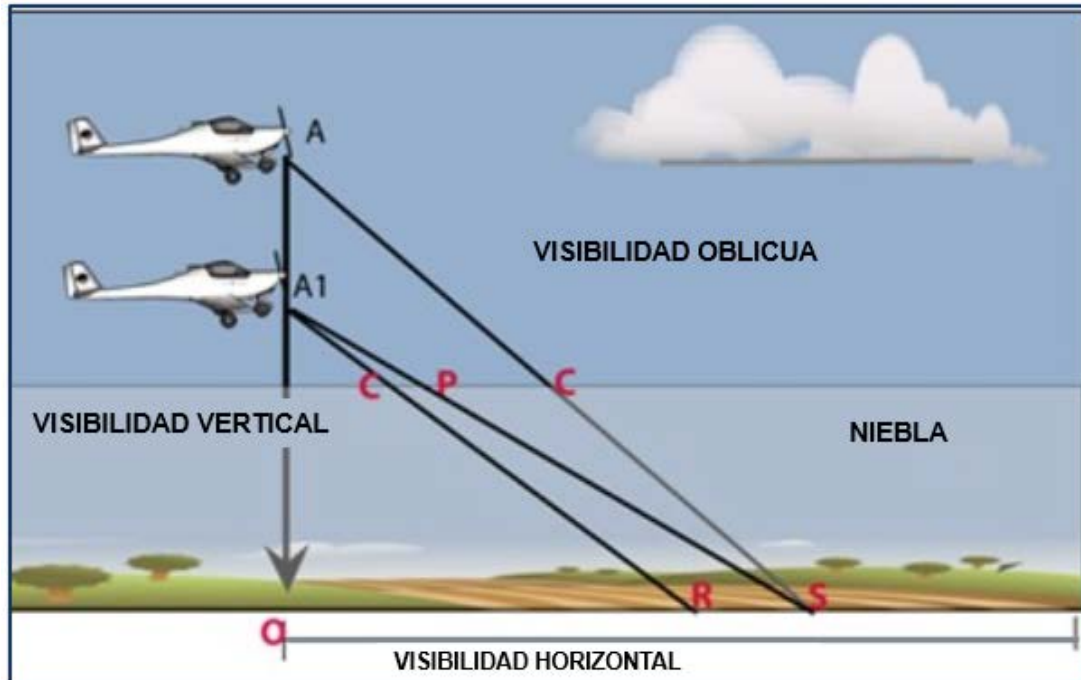
La visibilidad meteorológica se define como la mayor distancia a la que un objeto de dimensiones apropiadas puede verse e identificarse en el horizonte.

/ 7.2. TIPOS

Según Anexo 3 OACI, en sentido aeronáutico podemos definir 3 tipos de visibilidad:

HORIZONTAL	Corresponde al valor más elevado entre los siguientes:	La distancia máxima a la que pueda verse y reconocerse un objeto de color negro de dimensiones convenientes, situado cerca del suelo, al ser observado ante un fondo brillante. La visibilidad se determina de esta manera durante el día.
		La distancia máxima a la que puedan verse e identificarse las luces de aproximadamente 1.000 candelas ² ante un fondo no iluminado. Esta distancia puede variar con la iluminación del fondo. La visibilidad se determina de esta manera durante la noche.
VERTICAL	Aeronáuticamente es la distancia vertical a partir de la cual el piloto tiene visión de la pista	
OBLICUA	Es la distancia desde la cual un piloto, mirando a lo largo de la senda de planeo, puede ver la pista.	
	Cuando un piloto realiza una aproximación, es la distancia desde la cual ve las ayudas para el aterrizaje del umbral de la pista.	

² La candela corresponde a la unidad de medida de la intensidad luminosa en el Sistema Internacional de Unidades



/ 7.3. CARACTERÍSTICAS

La visibilidad se mide en kilómetros o en metros, según las circunstancias. Su estimación puede variar según las condiciones en las que se realiza, y según la dirección.

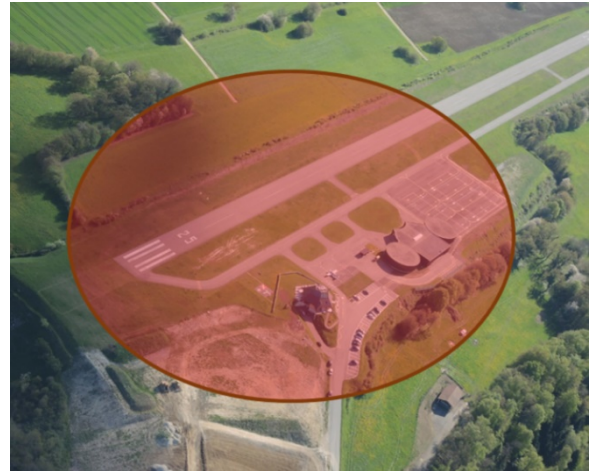
Los factores que influyen son:

- La humedad relativa.
- La posición del sol.
- La dirección en la que sopla el viento.
- El tamaño y color del objeto.
- La iluminación (artificial, del sol o de la luna).
- La agudeza visual del observador.
- La posición desde la que se estima la visibilidad.

/ 7.4. VISIBILIDAD REINANTE

En los informes meteorológicos aeronáuticos (METAR, SPECI y TAF) se cifra la denominada visibilidad reinante, que **es el valor máximo de la visibilidad al que se llega dentro de un círculo que cubre por lo menos la mitad del horizonte o por lo menos la mitad de la superficie del aeródromo.**

Cuando la visibilidad fluctúe rápidamente y no pueda determinarse la predominante, se usará la visibilidad mínima.



/ 7.5. ALCANCE VISUAL EN PISTA (RVR – RUNWAY VISUAL RANGE)

En aeronáutica, una variable meteorológica muy importante asociada a la visibilidad es el alcance visual en pista, RVR (Runway Visual Range).

Se define como la distancia máxima en la horizontal a la que el piloto de una aeronave, situada en el eje de la pista, puede ver las marcas o las luces que delimitan la pista o que señalan su eje. Esto permite al piloto saber la visibilidad que va a encontrar en la pista, por tanto, que medidas ha de tomar principalmente en su aterrizaje.



/ 8. FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN AL VUELO

/ 8.1. DIRECCIÓN DEL VIENTO

Uno de los fenómenos meteorológicos más críticos en las maniobras de aterrizaje y despegue en pista es el viento. Los aviones deben realizar las operaciones de aterrizaje y despegue en contra del viento.

Sin embargo, la componente transversal del viento, a que ataca a la aeronave de costado, dificulta las maniobras de aterrizaje y despegue con seguridad. Obliga al piloto a estar corrigiendo constantemente su rumbo y a enderezar la aeronave en el último momento.

El límite máximo de componente transversal que toleran las aeronaves varía entre 15 y 35 kt (nudos), y depende del tipo de aeronave y de las condiciones de la pista.

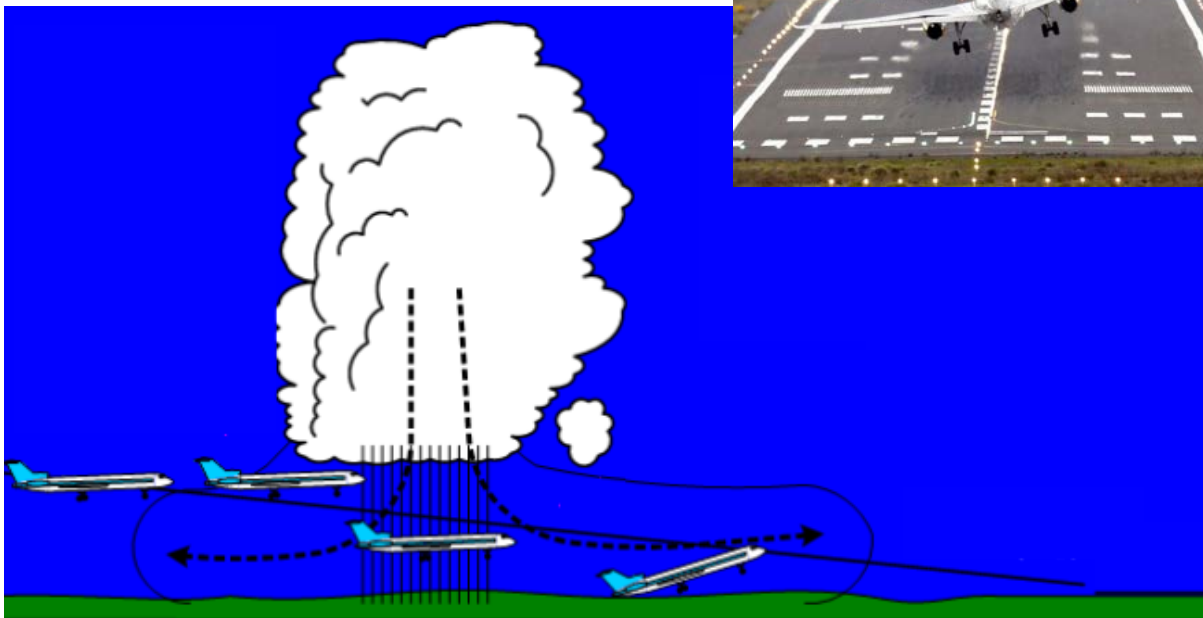


/ 8.2. CIZALLADURA

Según el Manual sobre cizalladura del viento a poca altura (Doc. 9817 de la OACI), la cizalladura del viento o wind shear **es un cambio en la velocidad y/ o la dirección del viento en el espacio, incluso en las corrientes ascendentes y en las descendentes.** La cizalladura puede ser horizontal o vertical.

Entre los fenómenos de gran diversidad que pueden producir estos movimientos atmosféricos se pueden citar las tormentas, las brisas de tierra o de mar, las corrientes en chorro a baja altura, las ondas orográficas y los sistemas frontales

Cuando ocurre cerca del suelo (cizalladura del viento a poca altura), donde el avión no lleva tanta velocidad, puede suponer un problema para mantener el control del avión durante las fases de despegue y aterrizaje.



/ 8.3. MICRORREVENTÓN

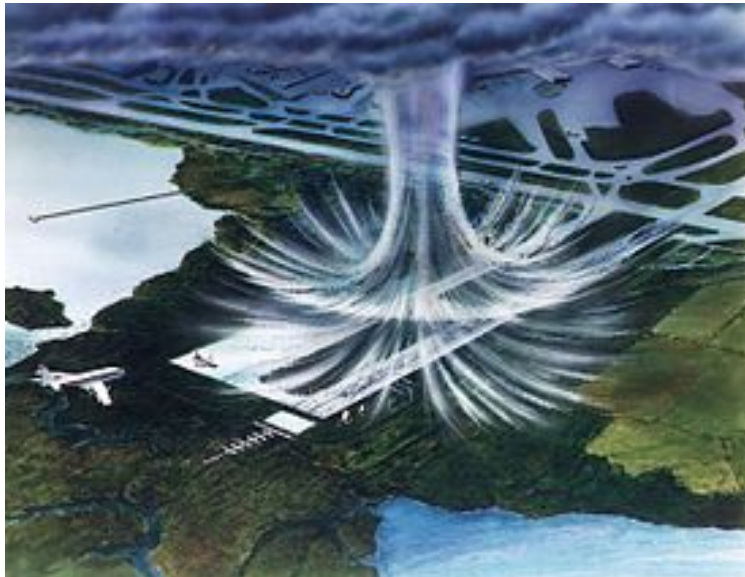
El microrreventón es una **fuerte corriente de aire descendente, frío y denso que se origina desde una nube cumuliformes** (p.ej. un cumulonimbus).

Las corrientes de aire descendentes pueden llegar hasta los 60 KT, velocidad que supera el régimen de descenso de un avión.

Cuando el aire descendente alcanza el suelo, se extiende horizontalmente con violencia formando uno o más torbellinos horizontales, que se curvan alrededor de la columna descendente.

Su escala espacial y temporal es muy pequeña: suelen abarcar una distancia de hasta 5 Km y duran entre 1 y 5 minutos, nunca más de 15 minutos desde que llega al suelo hasta que desaparece.

Generan un empuje hacia abajo al avión tanto en el despegue como en el aterrizaje que puede llevar a la pérdida de control de la aeronave.



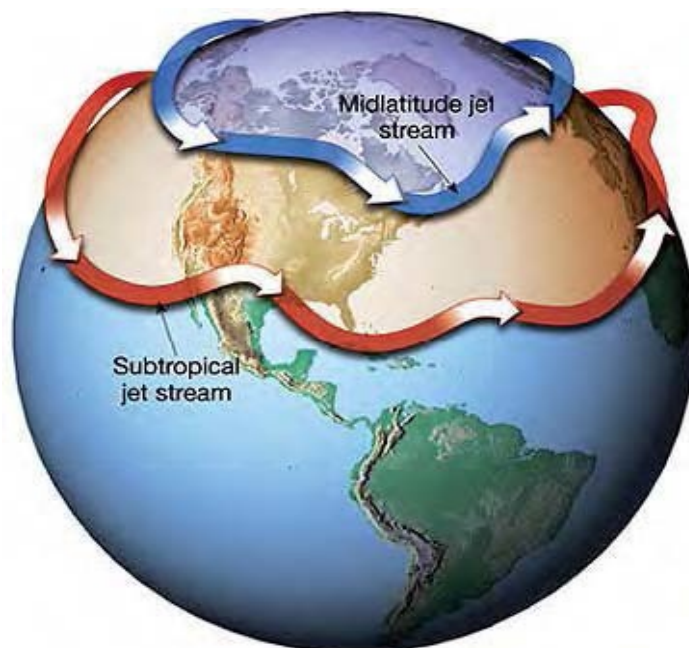
/ 8.4. CORRIENTE EN CHORRO

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define corriente en chorro (*jet stream*) como **una fuerte y estrecha corriente concentrada a lo largo de un eje casi horizontal en la alta troposfera o en la estratosfera, caracterizada por fuerte cizalladura horizontal y vertical del viento, presentando uno o más máximos de velocidad.**

Por tanto, es un flujo de aire que van circulando:

- En altura a gran velocidad.
- Alrededor del planeta.
- Generalmente circula de Oeste a Este.
- No es continua, presenta ondulaciones tanto en el plano vertical como en el horizontal.

Existen 4 corrientes de chorro de acuerdo a la OMM: el chorro polar, el chorro subtropical, el chorro ecuatorial y el chorro ártico.



Generalmente y en ausencia de otros factores como condiciones meteorológicas adversas previstas en ruta, cuando las aeronaves fijan sus trayectorias en ruta tratan de tener el viento en cola para, ayudándose de él, ahorrar combustible. Esto sucede particularmente en el caso de las corrientes en chorro que, además de ser intensas, soplan aproximadamente a la altura habitual de vuelo en ruta.

/ 8.5. TURBULENCIA

La turbulencia es un estado del flujo de aire en el cual las velocidades muestran fluctuaciones irregulares. Cuando un fluido es turbulento, presenta vórtices o remolinos que viajan inmersos en la corriente de aire y dan lugar a variaciones en la intensidad y dirección del viento.

La velocidad del remolino se suma o resta a la del viento, provocando variaciones bruscas, tanto en su intensidad como en su dirección. En aviación se considera que existe turbulencia cuando los efectos de la misma afectan al movimiento del avión.

Estos efectos se manifiestan en forma de aceleraciones generalmente verticales en forma de subidas y bajadas violentas y abruptas.



/ 8.6. VISIBILIDAD REDUCIDA

Hay que tener en cuenta que la visibilidad que percibe el piloto desde el aire no es la misma que la medida en el suelo, ya que pueden darse fenómenos meteorológicos locales como la niebla que afectan a la visibilidad en superficie.

Puede ocurrir que, al iniciar una maniobra de aproximación, el piloto tenga buena visibilidad y que, después, pase a una situación de mala visibilidad por encontrarse con una densa niebla en la pista.



Cuando la visibilidad es inferior a 1.500 m, se debe cifrar el **alcance visual en pista** (*Runway Visual Range, RVR*). Este parámetro mide la distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra a 5 m de altura sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje.

La visibilidad en superficie se ve afectada por diversos fenómenos meteorológicos. Algunos de ellos son:

- Nieblas o neblinas.
- Ventiscas.
- Calimas (partículas de polvo en suspensión) o brumas (partículas de sal u otra, en suspensión).
- Contaminación del aire y/o humo.
- Torbellinos de polvo o arena.
- Nubes.
- Precipitaciones (lluvia, llovizna, nieve y/o granizo).



Tormenta de arena

La inestabilidad favorece la aparición de chubascos o corrientes de aire verticales que arrastran polvo y arena, mientras que la estabilidad asociada, por ejemplo, a una inversión térmica, puede dificultar la disipación de un estrato de niebla.

Entre todos los factores mencionados, el que normalmente influye más en la reducción de la visibilidad es la niebla.

/ 8.7. NIEBLA Y BRUMA

La formación de la niebla es consecuencia de la **condensación del vapor de agua** que puede producirse por efecto del enfriamiento o por la adición de vapor de agua.

Se define la **niebla** como una nube en contacto con el suelo o a muy poca altura y que restringe la visibilidad a valores inferiores a 1.000 metros. Si la reducción de la visibilidad se da entre 1.000 m y 5.000 m con una humedad relativa superior al 70%, esta nube se llama **neblina o bruma**.

La extensión vertical de las nieblas es variable, puede ir de unos pocos metros a unos cientos de metros. En el caso de que la extensión vertical no supere los 2 m de altura, se dice que la niebla existente es niebla baja.

Cuando las nieblas son delgadas, es corriente que los aviones que sobrevuelan el aeródromo vean la pista, pero al iniciar la aproximación, la pierden o al menos perciben una disminución muy sensible de la visibilidad. Cuando la niebla es baja, las marcaciones y luces de la pista pueden quedar ocultas.



/ 8.8. ILUSIONES ÓPTICAS

Es importante destacar el efecto que las ilusiones ópticas tienen sobre lo que el piloto percibe desde la aeronave. Éstas pueden hacer a creer al piloto que vuela a una altura y/o distancia diferente de la real.

Estas ilusiones ópticas vienen dadas por algunos factores como los que se nombran a continuación: características y condiciones de la pista (pendiente de la pista: ascendente o descendente, anchura de la pista, etc.), inclinación del terreno, el agua en el parabrisas, falta de contraste de las luces de balizaje de la pista con el terreno, fenómenos meteorológicos, condiciones de luminosidad en el momento de la maniobra, etc.

/ 8.9. ENGELAMIENTO

El engelamiento consiste en la **formación de hielo sobre la estructura del avión y/o en el motor**, tanto en tierra como en vuelo, cuando el agua líquida subfundida (gotas de agua con temperatura igual o menor que 0° C) se congela al impactar con la aeronave.

El hielo se adhiere principalmente a aquellas zonas que más sobresalen de la célula del avión y a los elementos expuestos al viento relativo que experimenta la aeronave (p. e. las alas), constituyendo uno de los mayores riesgos meteorológicos en aviación porque puede reducir la eficiencia de la aeronave.



Algunos de los efectos que puede producir son los siguientes:

- Aumento de peso y de resistencia al avance.
- Falsas indicaciones de los instrumentos e interferencias en las comunicaciones.
- Reducción de visibilidad.
- Alteraciones en las propiedades aerodinámicas de la aeronave en vuelo: disminución en la sustentación y reducción de maniobrabilidad por el agarrotamiento de las superficies de control.
- Pérdida de efectividad de los frenos y de todo el tren de aterrizaje.
- Pérdida de potencia.
- Vibraciones que provocan fatiga estructural.
- Mal funcionamiento y daños estructurales en los motores.

La intensidad del engelamiento se mide en función de la velocidad de acumulación del hielo y los efectos que produce sobre el avión. Así, se tiene:

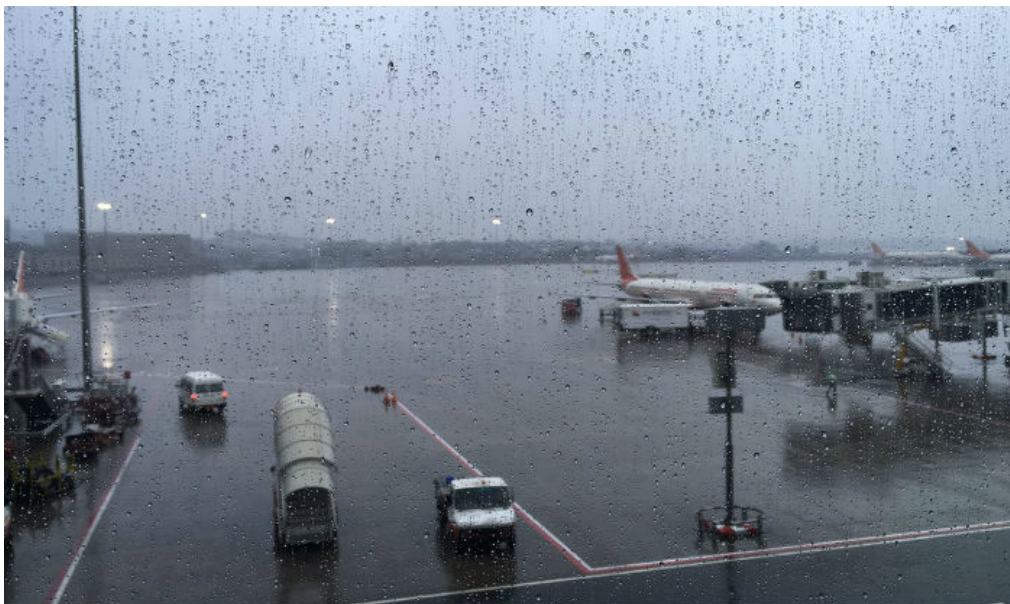
- Ligero:** el crecimiento del depósito de hielo no crea problemas al vuelo, salvo si es muy prolongado. Se puede corregir rápido.
- Moderado:** el crecimiento del depósito de hielo es rápido incluso en periodos de tiempo muy cortos. Puede crear problemas al vuelo, aunque se puede retirar en las zonas de deshielo de los aeropuertos.
- Fuerte:** el crecimiento del depósito de hielo es tan rápido que los equipos de a bordo no pueden resolver el problema por sí solos. Se requiere un cambio de altitud inmediato.



/ 8.10. PRECIPITACIONES

Las precipitaciones afectan a las operaciones:

- En vuelo, reduciendo la visibilidad (según la intensidad de la precipitación acontecida).
- Generando cizalladura vertical y horizontal debido a las corrientes de aire verticales originadas por la caída de las gotas o la formación de tormentas.
- Por engelamiento, adhiriendo hielo en el avión en caso de que las temperaturas sean inferiores a 0°C.
- En el aterrizaje, ya que disminuyen la eficacia de frenado y se puede producir aquaplaning si existen charcos de agua o placas hielo en la pista. Para evitar la formación de hielo en las pistas después de una nevada es necesario limpiarlas, ya que, si las temperaturas descienden por debajo de 0°C y no se limpian, se formará hielo.
- En el rodaje, ya que si existen placas de hielo o depósitos de nieve en la calle de rodaje disminuye la velocidad de la aeronave y aumentan los tiempos de ocupación de los viales y de la pista.



/ 8.11. TORMENTAS

Una tormenta se produce cuando existen nubes de tipo cumulonimbo acompañadas de aparato eléctrico (rayos y truenos).

Para que se forme una tormenta deben darse las condiciones necesarias para que se desarrollen nubes del tipo cumulonimbo, es decir: atmósfera inestable, humedad y un mecanismo de elevación que genere intensas corrientes ascendentes de aire (convergencia de vientos a baja cota, ascendencia orográfica del terreno, corrientes ascendentes por variación de temperaturas, etc.).

Las tormentas suelen ir acompañadas de chubascos (aunque en climas secos puede haber tormentas secas, sin precipitación, o que ésta no llegue al suelo) e incluso de granizo; producen turbulencias fuertes o extremas, acompañadas de viento fuerte y racheado; además también puede presentarse engelamiento y cizalladura. Es decir, que una tormenta reúne todos los elementos capaces de dañar a un avión en vuelo, por lo que son altamente peligrosas.



/ 8.12. LÍNEAS DE TURBONADA

Una línea de turbonada es una línea de tormentas muy activas que puede alcanzar una dimensión de hasta cientos de kilómetros de longitud y de 20 a 50 Km de anchura, siendo su velocidad de traslación de valores medios de 25 kt (nudos). Se produce delante del frente frío y paralela al mismo, a una distancia de él de 100 a 300 Km y en el seno de la masa de aire cálido.

Para su formación es necesaria inestabilidad, humedad y convergencia fuerte en superficie. La línea de turbonada está asociada a condiciones de tiempo severo, como:

- Vientos fuertes y destructivos.
- Turbulencia severa.
- Granizo fuerte.
- Tornados.



/ 8.13. TORNADO/TROMBA MARINA

Un tornado es una columna de aire que rota violentamente. Se origina en la base de un cumulonimbo, extendiéndose hasta el suelo. Su giro ciclónico produce una succión del aire que existe en su interior generando una caída de presión en el mismo.

El diámetro de un tornado puede variar desde menos de 10 metros hasta 1 kilómetro, y se desplaza sobre el suelo a una velocidad media de 50 Km/h aproximadamente, llegando a provocar vientos en superficie con valores superiores a 500 Km/h.

- Cuando el torbellino no alcanza la superficie terrestre se llama **tuba** (funnel cloud).
- Si la formación del tornado tiene lugar sobre el mar, se forma la llamada tromba marina, en la cual, el agua es aspirada hasta centenares de metros de altura.



Tornado con embudo
tocando el suelo



Tromba marina

/ 8.14. CICLONES/HURACANES

Es un **viento de gran intensidad que gira en círculos como un torbellino**. El concepto también puede vincularse al fenómeno que se desarrolla cuando estos vientos se presentan junto a tormentas, generando borrascas.

Los ciclones se originan en la zona de la atmósfera donde la presión es más baja que la de los alrededores.

Ciclón y huracán son términos utilizados para designar el mismo fenómeno meteorológico según la zona en la que se origina el fenómeno. En el atlántico norte occidental, la parte central y oriental del Pacífico norte, el mar Caribe y el Golfo de México se denomina huracán, mientras que en la Bahía de Bengala y el Mar Árabe se denomina ciclón.

La presencia de un ciclón o huracán es razón suficiente para suspender toda actividad aérea.



/ 8.15. TEMPERATURAS ELEVADAS

En los aeródromos donde se alcanzan temperaturas por encima de los 30°C se produce una disminución de la densidad del aire que puede condicionar el recorrido de despegue del avión, por lo que es necesario que tengan pistas lo suficientemente largas, o bien que se reduzca el peso máximo autorizado para que el avión pueda despegar.

/ 9. BIBLIOGRAFÍA

- Anexo 3 de la OACI; Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional; vigésima edición, 2018
- Doc. 8896 de la OACI, Manual de métodos meteorológicos aeronáuticos; duodécima edición, 2019
- Doc. 9328 de la OACI, Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en pista; tercera edición 2005
- Doc. 9377 de la OACI; Manual sobre coordinación entre los servicios de tránsito aéreo, los servicios de información aeronáutica y los servicios de meteorología aeronáutica; sexta edición, 2014
- Meteorología aplicada a la aviación; Ledesma, Manuel y Baleriola, Gabriel; Paraninfo
- Meteorología; Mederos, Luis; Tutor
- Meteorología; Adsuar, Joaquín; Paraninfo
- Artículo de Conceptos meteorología; perrus, markus; Sajeel
- Artículo Nubes: clasificación publicado en RECmountain.com, con textos de Luis Pantoja e imágenes de RECmountain
- Visibilidad del Departamento de Física Aplicada III, Universidad de Sevilla
- Web de AEMET: <https://meteoglosario.aemet.es/>
- Web Meteorología y climatología de Navarra: <http://meteo.navarra.es/>