



# MANUAL DEL OPERADOR DE RPAS.

APROBADO POR LA COMISIÓN DIRECTIVA DE LA ASOCIACIÓN.  
TEXTO REVISADO Y AVALADO POR DINACIA.  
AUTOR: MIGUEL REMUÑÁN



**Dirección Nacional de Aviación Civil  
e Infraestructura Aeronáutica**  
República Oriental del Uruguay



## Conocimiento general de la aeronave

### Clasificación de los drones

Tipos, características y especificaciones.

### Aeronavegabilidad y aerodinámica

Teoría y definiciones, principios básicos, requisitos y aspectos aplicables a drones.

### Especificaciones

Tipos, estructuras, medios de propulsión, sistemas de control, sensores y actuadores, tipo de energía empleada, software y automatización.

### Estación de control

Tipos, características, frecuencias y clasificación de enlaces, fiabilidad y errores.

### Sistemas de seguridad

Corrección de errores, fiabilidad, vuelta a casa, automatización, telemetría aplicada y aterrizaje de emergencia.

## Sistemas de comunicaciones

### Principios de las radiocomunicaciones

Principios, ondas electromagnéticas, potencia, frecuencias y bandas operativas.

### Emisión y recepción aplicada a drones

Características, tipos de antenas, prestaciones y aplicaciones.

## Meteorología y navegación

### Información y prevención meteorológica

Medios, tipos, obtención e implementación.

### Viento, nubes, frentes y turbulencia

Definición, formación, causas, características y afectación al vuelo.

### Perturbaciones solares

Formación, duración, previsión y afectación a las telecomunicaciones.

### Cartas aeronáuticas y posicionamiento global

Características técnicas, simbología, interpretación y uso de cartas, latitud-longitud, rutas y rumbos.

### Sistemas de posicionamiento vía satélite

GPS, Glonass, Galileo, Beidou.

Teoría, aplicaciones y funcionamiento, errores y afectaciones.

### Limitaciones

Definiciones, tipo de vuelo, altura y distancia en función del tipo de drones.

## Teoría y planificación de vuelo

### Performance de la aeronave

Despegue, ascenso, descenso, vuelo estático y aterrizaje.

### Planificación de vuelo

Principios y aspectos aplicables a drones, meteorología, autonomía, zonas de vuelo, escenarios, obstáculos y determinación de riesgos.

## Operativa de vuelo

### Procedimientos

Planificación, operativa, limitaciones, restricciones y seguridad.

### Factores humanos

Conciencia situacional, comunicación, carga de trabajo, errores y estado de salud.

### Prevención de accidentes

Estudio del medioambiente, valoración de riesgos, prevención, procedimientos atenuantes y medidas de emergencia.

## Reglamentación actual

Código aeronáutico art. 122,200,202,207 y 211 al216

Decreto 291/14

Decreto 314/994

Decreto 39/977

AIP cap.5/6

LAR.91

Circular OACI 328

# Conocimiento general de la aeronave

## Clasificación de los rpas

### Tipos y características

#### Ala fija

Mayor área de vuelo (autonomía, velocidad, altura).  
Mayor rango climático (temperatura, viento, lluvia).  
Menor nivel de ruido.



#### Ala rotatoria

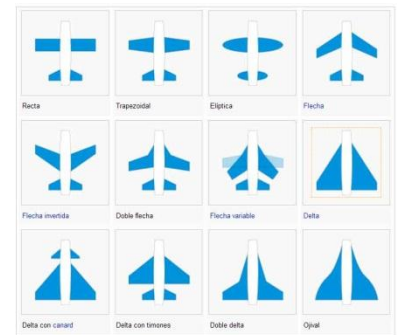
Despegue y aterrizaje vertical.  
Vuelo estático o a baja velocidad.  
Mayor maniobrabilidad y precisión de vuelo.



### Especificaciones

#### Ala fija

Comúnmente llamado Avión o Aeroplano, es capaz de volar siendo más pesado que el aire debido a su característica principal, las alas fijas. Estas tienen un perfil aerodinámico particular, el cual cambia las distribuciones de presión al desplazarse por el aire, produciendo un incremento de fuerza ascendente (sustentación) que eleva y mantiene el vehículo en vuelo. Existen varios tipos y configuraciones, diferenciándose normalmente por el tipo de alas e impulsores.

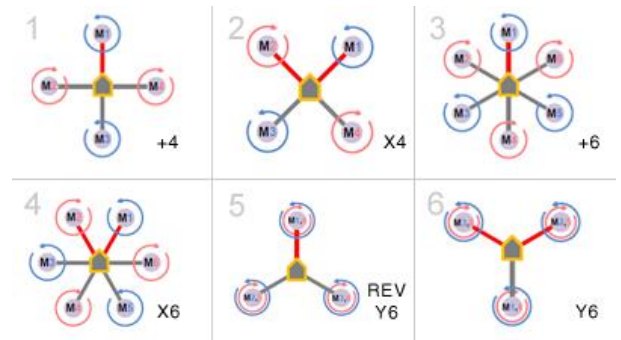


#### Multirotor

Helicópteros y multirotores.

Dentro de los multirotores, existen varios tipos de aeronaves, generalmente clasificados por la cantidad de motores.

Así van desde los tricópteros (3 propulsores), hasta los octocópteros (8 propulsores), sin embargo, también se clasifican según la disposición de los mismos. Es de esta manera que pueden ser simples, redundantes, en X, Y, V, etc.



# Aeronavegabilidad

## Principios básicos de aerodinámica

Sobre las aeronaves, normalmente actúan cuatro fuerzas: Sustentación, peso, tracción y resistencia.



### Sustentación

La sustentación, es la fuerza que mantiene la aeronave en el aire.

Esta fuerza, sólo se puede crear en presencia de un fluido, es decir, de la masa de aire que existe dentro de la atmósfera terrestre.

En un avión, la sustentación está generada por las alas, en un helicóptero, está generada por las palas del rotor y en un multirrotor, está generada por las hélices.

Recordemos que un helicóptero es una aeronave que es sustentada y propulsada por uno o más rotores horizontales, cada uno formado por dos o más palas, por esto están clasificados como aeronaves de ala giratoria, para distinguirlos de las aeronaves de ala fija, porque los helicópteros crean sustentación con las palas que rotan alrededor de un eje vertical.

En las aeronaves de ala fija, la sustentación se genera de dos maneras:

**1** - Debido a la diferencia de presiones, producida por el paso del aire a diferentes velocidades por encima y por debajo del ala, (esto se debe a la particular forma del ala, la cual se denomina perfil alar).

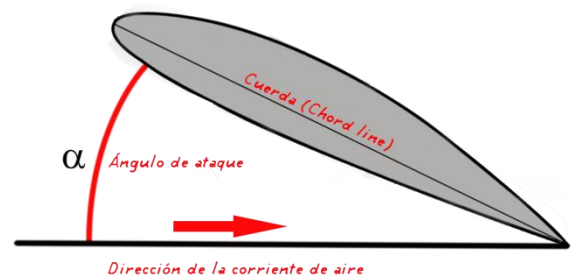
El ala, tiene más superficie en la parte superior (extradós), que en la parte inferior (intradós), lo cual genera que el aire que circula por sobre el ala, lo haga más rápidamente que el aire que circula por la parte inferior, esto genera dos efectos, un efecto de succión hacia arriba por la diferencia de velocidades de aire (fuerza paralela y contraria a la gravedad), y a su vez, que haya mucho más presión debajo del ala que sobre la misma, debido a la densidad, lo cual impulsa el ala hacia arriba.



**2** - El ángulo de ataque de las alas.

El ángulo de ataque, es el ángulo que se forma entre la cuerda de un perfil alar y el aire que circula frente a la misma. Es un parámetro que influye decisivamente en la capacidad de generar sustentación de un ala y/o en la capacidad de generar tracción en las palas de una hélice. Normalmente, al aumentar el ángulo de ataque de un ala, se incrementa la sustentación hasta un cierto punto, en el que ésta disminuye bruscamente, fenómeno que se conoce con el nombre de entrada en pérdida.

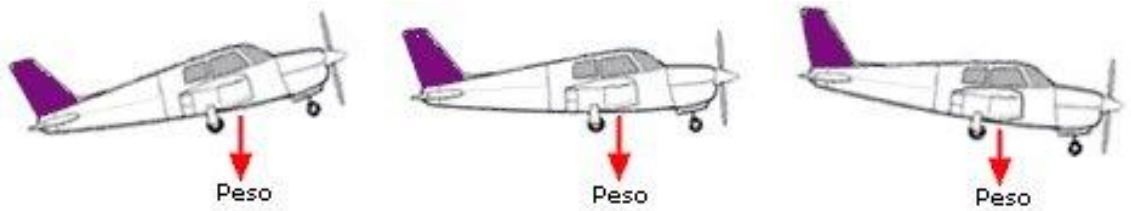
Entre los factores que afectan la sustentación, tenemos el perfil y la superficie alar, la densidad del aire, la velocidad relativa del viento y el ángulo de ataque.



## Peso

El peso, es la fuerza de atracción de la gravedad sobre un cuerpo, siendo su dirección perpendicular a la superficie de la tierra, su sentido hacia abajo, y su intensidad proporcional a la masa de dicho cuerpo.

Esta fuerza, es la que atrae la aeronave hacia la tierra y ha de ser contrarrestada por la fuerza de sustentación para mantener la aeronave en el aire.



Dependiendo de sus características, cada aeronave tiene un peso máximo que no debe ser sobrepasado.

## Tracción

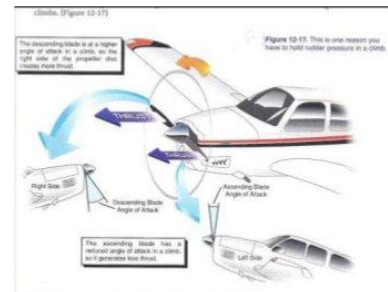
Para vencer la inercia de la aeronave estática, acelerar la misma en el despegue o en vuelo, mantener una tasa de ascenso adecuada, vencer la resistencia al avance, etc., se necesita una fuerza: **el empuje o tracción**.

Esta fuerza se obtiene acelerando una masa de aire a una velocidad mayor que la de la aeronave.

La reacción, de igual intensidad pero de sentido opuesto (3ª ley del movimiento de Newton), mueve la aeronave hacia adelante o hacia arriba, (dependiendo del tipo y configuración de la misma).

En aviones de hélice por ejemplo, la fuerza de propulsión la genera la rotación de la hélice movida por el motor (convencional o turbina), y en reactores, la propulsión se logra por la expulsión violenta de los gases quemados por la turbina.

Entre los factores que afectan la tracción (en el caso de la hélice), se encuentran la potencia del sistema impulsor, la forma y tamaño de la hélice, el ángulo de ataque (paso), la densidad del aire y la velocidad de giro.



## Resistencia

La resistencia, es la fuerza que impide o retarda el movimiento de una aeronave.

La resistencia actúa de forma paralela y en la misma dirección que el viento relativo, aunque también podríamos afirmar que la resistencia es paralela y de dirección opuesta a la trayectoria.

Desde el punto de vista aerodinámico, cuando un ala se desplaza a través del aire hay dos tipos de resistencia: (a) resistencia debida a la fricción del aire sobre la superficie del ala, y (b) resistencia por la presión del propio aire oponiéndose al movimiento de un objeto en su seno.



La resistencia por fricción es proporcional a la viscosidad (que en el aire es muy baja), de manera que la mayoría de las veces esta resistencia es pequeña comparada con la producida por la presión, mientras que la resistencia debida a la presión depende de la densidad de la masa de aire.

Ambas resistencias crean una fuerza proporcional al área sobre la que actúan y al cuadrado de la velocidad, (o sea que cuanto más grande más resistencia y cuanto más rápido mucha más resistencia).

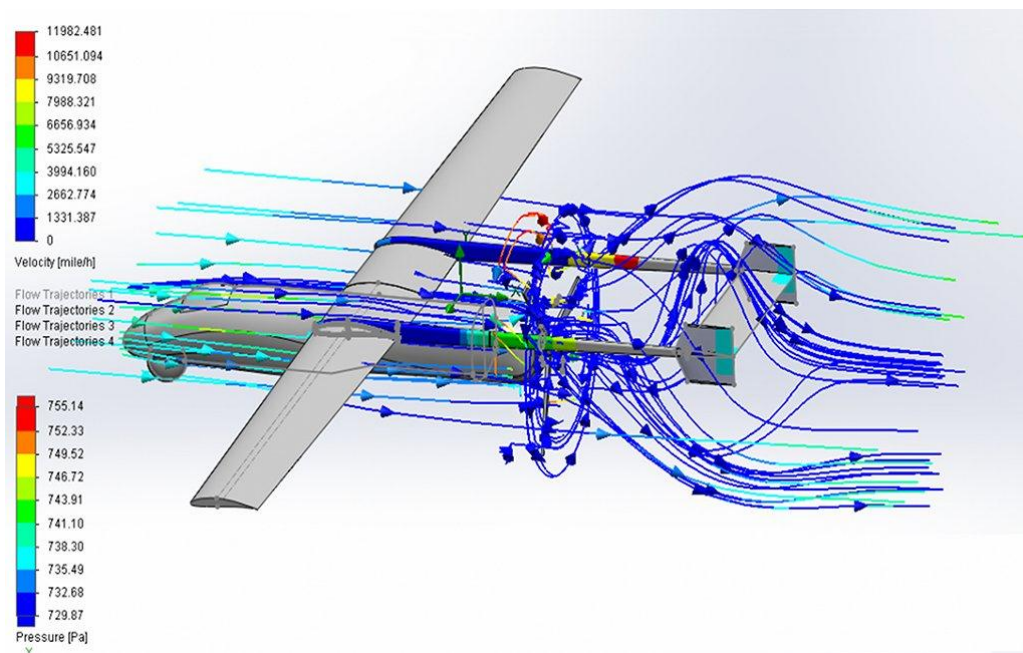
Una parte de la resistencia por presión que produce un ala, depende de la cantidad de sustentación producida, a esta parte se le denomina resistencia inducida, denominándose resistencia parásita a la suma del resto de resistencias.

**Resistencia inducida.** La resistencia inducida, indeseada pero inevitable, es un producto de la sustentación, y se incrementa en proporción directa al incremento del ángulo de ataque. **Resistencia parásita.** Es la producida por las demás resistencias no relacionadas con la sustentación, como son: resistencia al avance de las partes del avión que sobresalen (fuselaje, tren de aterrizaje no retráctil, antenas de radio, etc.)

## Requisitos y aspectos aplicables a rpas.

Dependiendo del tipo de aeronave, hay factores que afectan más o menos a las mismas.

Velocidad de ascenso, ángulo de ascenso, centro de gravedad, estabilidad estática y dinámica, densidad del aire y velocidad del viento.



### Ala fija

En el caso de los rpas de ala fija, se aplican la mayoría o la totalidad de los factores que afectan en mayor o menor medida a los aviones.

Sustentación (aplicado a la superficie alar), peso de la aeronave, tracción de la hélice y resistencia de la aeronave.

También inciden factores como la densidad del aire, la velocidad y el ángulo de ascenso/descenso, la velocidad relativa del viento y el centro de gravedad de la aeronave.

También existen diversos tipos de despegue, ya sea en pista, con impulsores, con rail, etc.

Todo esto, va muy unido a las especificaciones técnicas de cada marca y modelo de aeronave.

### Multirotores

En el caso de los multirotores, se aplican también muchos factores aerodinámicos.

Estos se aplican casi exclusivamente en las hélices, estando allí la mayor diferencia en cuanto a sustentación.

En los multirotores, incide muchísimo el paso de la hélice (ángulo de ataque), la velocidad entre ellas, el sentido de rotación y la densidad del aire.

También es obvio, que en el caso de los multirotores no existe la capacidad de planeo, por lo cual una falla en el (o los), sistemas de propulsión es prácticamente catastrófica.

## Especificaciones

### Tipos de Multirotores

Básicamente se diferencian por la cantidad de motores y por el fin que se le da a cada tipo de equipo. Es así que tenemos multirotos de 3 a 8 motores (o más), los cuales son empleados para toda clase de uso, desde carreras deportivas o filmación y fotografía aérea, hasta hobbyismo y recreación.

#### Sus partes o estructuras, normalmente son:

- Frame o cuerpo
- La controladora/s de vuelo
- Los variadores de velocidad (ESC).
- Los motores
- Los servos electromecánicos
- Las baterías
- Las hélices
- Gimbal o estabilizador (eventualmente).

#### Frame

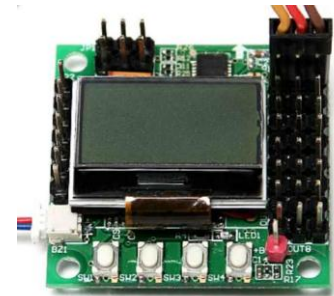
Es la estructura o soporte en el cual va montado el resto de las piezas que componen el equipo en sí. Normalmente están compuestos por plástico, fibra de carbono, aluminio o una mezcla de estos. Los materiales más utilizados son el plástico y/o la fibra de carbono.



#### Controladoras de vuelo

Es el componente electrónico de mayor complejidad en el equipo, es la encargada de estabilizar la aeronave y según la marca y modelo, puede estar compuesta por acelerómetros, giróscopos, barómetro, termómetro, brújula, receptores de sistemas de navegación vía satélite (GPS/GLONASS), y demás sensores.

A su vez, controlan la velocidad y relación de los motores a través de las ESC, integran software de gran complejidad (firmware), el cual normalmente puede ser modificado y/o actualizado por el usuario. Permite a la aeronave ubicarse en el espacio, realizar trayectorias prefijadas, volar de manera estática, controlar los valores de los diferentes sensores y tomar decisiones como aterrizar, volver al punto de partida, etc. Hoy en día existen varias marcas, entre las más conocidas están DJI, KK, MICROCOPTER, 3DR, PIXHAWK, ARDUPILOT, RABIT, MULTIWI, PARROT, etc.



#### ESC o variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia, comúnmente llamados ESC (electronic speed controller), controlan la velocidad de los motores en función de la señal recibida por parte de la controladora de vuelo.

Realizan las variaciones de velocidad de los motores, cambiando levemente la frecuencia de la corriente alterna con la cual alimentan los mismos. Entre las características más importantes de cada ESC, se destacan el voltaje y el amperaje



## Motores

Existen dos tipos básicos de motores, BRUSHET Y BRUSHLESS.

Los motores Brushet poseen escobillas y los motores Brushless no poseen las mismas, los cuales los hacen más eficientes.

A su vez, dentro de los motores brushless encontramos dos tipos, INRUNNER y OTRUNNER.

### Inrunner

Poseen los imanes en el centro y las bobinas en el exterior, además tienen la característica de tener más velocidad y menos par motor.

### Outrunner

Los motores Outrunner poseen los imanes en el exterior y las bobinas en el centro, además tienen menos velocidad pero más par motor.



## Servos electromecánicos

Son mecanismos electromagnéticos que actúan en diversas partes móviles de la aeronave.

En el caso de las alas fijas, se encargan de los alerones y timones, y en el caso de los multirrotores se encargan del tren de aterrizaje y/o del ángulo de algún motor en el caso de los tricópteros.

Se clasifican por la fuerza y velocidad que ejercen y se diferencian en dos grupos, analógicos y digitales.

Los primeros se controlan mediante modulación de corriente y son menos precisos, los segundos son más precisos pero más susceptibles a interferencias.



## Baterías

Son las encargadas de suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento de la aeronave.

Normalmente hay tres tipos: Níquel Cadmio, Hidruro de metal de Níquel y Polímero de Litio.

La más utilizada es la de LiPo (polímero de Litio por su abreviación), la cual posee grandes ventajas, entre ellas la de entregar mucha energía en muy poco tiempo, no genera efecto memoria y también destaca su poco peso y velocidad de recarga.

Entre las desventajas, se encuentra el inconveniente de que son muy propensas a la combustión en caso de cortocircuito, perforación o sobrecarga.

Usualmente, las baterías se componen de elementos o celdas (cells), con un voltaje nominal de 3,7 voltios y una capacidad de corriente en Amperes, que varía en función de la marca y modelo.

Cada batería indica en su etiqueta la capacidad (A), voltaje (V), número de celdas (2S, 4S, etc) y los datos de descarga (cont 35C y burst 60C por ejemplo).

También se indica si los elementos están en serie o en paralelo (2P por ejemplo).

Entre los cuidados que hay que tener en cuenta, es vital para la vida útil de las baterías no descargarlas por debajo de las especificaciones (usualmente 3,3V por elemento), ni sobrecargarlas por encima de lo indicado por el fabricante, (normalmente 4,2V por elemento).





## Hélices

Parte vital de la aeronave, encargadas de transmitir la fuerza del motor y generar la sustentación.

Varían en tamaño, peso, material, paso, temperatura y revoluciones de trabajo.

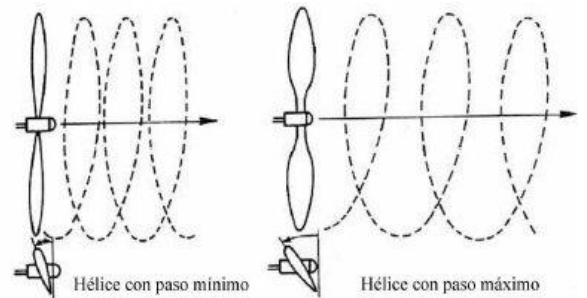
Usualmente se miden mediante dos numeraciones, A x B (10 x 4,7 por ejemplo).

El primero indica la longitud en pulgadas (10 pulgadas), y el segundo nos indica la penetración, (4,7 pulgadas).

El paso también incide en el tipo de hélice a emplear, ya que más paso redonda en más velocidad y menor potencia, y menor paso significa menor velocidad pero mayor potencia.

También suelen denominarse por su forma, SLOWFLY de pala ancha y PARKFLY de pala estrecha.

También hay dos modos de rotación, horaria o clockwise (CW), y antihoraria o counterclockwise, (CCW).



## Gimbal o estabilizador

El gimbal, es un elemento electromecánico desarrollado para transportar una cámara y compensar los movimientos de la aeronave.

Normalmente existen de uno, dos o tres ejes, los cuales incorporan motores brushless controlados por acelerómetros y giróscopos, o directamente por la controladora de vuelo.

Lo más común, es que vengan incorporados en varios modelos de multirrotores de marcas muy vendidas, aunque también se pueden ver multirrotores de armado casero que los incorporan.

Usualmente van montados debajo de la aeronave, y funcionan compensando los movimientos de la misma, moviendo la cámara en sentido contrario el movimiento o giro del multirrotor.

Los hay de varios tipos, diferenciándose mayormente por la cantidad de ejes, el peso que soportan, el tipo de cámara que emplean y si traen o no cámara propietaria.



## Estación de control

El control remoto, la radiobase, la emisora, la estación remota, el radiocontrol o el sinónimo que posea, es el equipo que nos permite controlar a distancia a nuestra aeronave, sea ésta un ala fija o un multirrotor.

### Tipos

Hay muchas marcas y modelos, y generalmente se diferencian por la frecuencia que utilizan para el enlace, la potencia, los canales y las antenas.

También se diferencian por la autonomía, por el tipo de batería, si son direccionales o bidireccionales, si presentan información en pantalla o en un equipo aparte etc.

### Frecuencias

Entre las frecuencias más utilizadas, están los 2,4 Ghz, los 5,8Ghz, los 433 Mhz, los 900 Mhz y los 35 Mhz.

Dependiendo de cada país, cada frecuencia puede estar o no permitida para su uso, y a su vez, restringida (o no), en la potencia a emplear. Aquí en Uruguay, el organismo regulador de este tema es la **URSEC** (Unidad Reguladora de los Servicios de Comunicaciones), y actualmente está permitido el uso en 2,4 Ghz y 5,8 Ghz, siempre y cuando no se empleen potencias superiores a los 200 y 100 mW respectivamente.



### **Características**

Dentro de las características de cada marca y modelo, usualmente tenemos radiocontroles con enlaces direccionales o bidireccionales

Los enlaces direccionales solo permiten controlar la aeronave y normalmente son los más utilizados en carreras y hobbismo.

Los controles con enlaces bidireccionales, no sólo permiten controlar la aeronave, también permiten visualizar lo que la cámara de la aeronave (en caso de poseer), está captando en tiempo real, como así también recibir datos de telemetría como ser altura, distancia, batería, horizonte, inclinación, ladeo, ruta y demás particularidades.

### **Fiabilidad y errores**

La fiabilidad de cada equipo de radiocontrol, va de la mano con la frecuencia que emplea, la potencia, el tipo y polarización de antena, las características propias y la autonomía.

Ante eventuales errores, emergencias o situaciones fuera de lo normal, diversos equipos de radiocontrol incorporan botones de RTH (return to home o vuelta al punto de partida), switches de cambio de modo de vuelo (GPS, altitud o manual por ejemplo), como así también la posibilidad de ver en pantalla y en tiempo real la ubicación de la aeronave, y/o ante una eventual caída o aterrizaje de emergencia, la posición relativa y/o dirección respecto al operador.

## **Sistemas de seguridad**

Si bien las controladoras más usadas hoy en día permiten modificar el software y/o firmware de vuelo, la experiencia de diversos fabricantes, como así también de muchos entusiastas del vuelo de drones, han permitido generar determinados niveles de seguridad que hacen el vuelo más seguro y fiable.

Como todo equipo electrónico (que debido a su complejidad es vulnerable a fallos), hay que destacar la implementación sucesiva de determinados sistemas de seguridad que hacen cada vez más difícil las fallas y/o errores de funcionamiento.

### **Corrección de errores y fiabilidad.**

Dentro de los errores y fallas más comunes, se encuentra en primer lugar el factor humano, esto se debe a que los operadores y/o pilotos, usualmente incurren en determinadas situaciones y comportamientos de vuelo que facilitan la generación de accidentes o comportamientos no deseados de la aeronave.

Para intentar minimizar este factor de riesgo, diversas marcas incorporan en los mandos a distancia y en las aeronaves, software y algoritmos de fiabilidad, que corrigen (dentro de lo posible), determinados comportamientos del operador que pueden llegar a generar situaciones de riesgo.

### **Vuelta a casa, automatización, telemetría aplicada y aterrizaje de emergencia.**

Entre las medidas usualmente incorporadas a los equipos por parte de los fabricantes encontramos: limitación de velocidad horizontal, limitación de velocidad de ascenso y descenso, distancia y/o radio de vuelo, techo de vuelo, tiempo y distancia de vuelo en función de la batería, RTH en caso de pérdida de señal del radiocontrol, descenso de emergencia en caso de batería agotada, diversas alertas sonoras y visuales en el mando a distancia y/o en la pantalla del operador, registro de vuelo, etc.

Como antes mencionábamos, en algunas marcas y modelos, también se incorporó la posibilidad de que el operador pueda, en cualquier momento, hacer que la aeronave entre en diversos modos de emergencia preprogramados, activando botones de RTH (return to home o vuelta al punto de partida), switches de cambio de modo de vuelo (GPS, altitud o manual por ejemplo), tipos de direccionamiento de vuelo, etc.

# Sistemas de comunicaciones

## Principios de las radiocomunicaciones

### Definiciones

Las radiocomunicaciones, son una forma de comunicación que se realiza a través de ondas de radio u ondas hertzianas a través del espacio o atmósfera, la que a su vez está caracterizada por el movimiento de los campos eléctricos y campos magnéticos.

La comunicación vía radio, se realiza dentro del espectro radioeléctrico, cuyas propiedades son diversas dependiendo de su bandas de frecuencia en función de la longitud de onda.

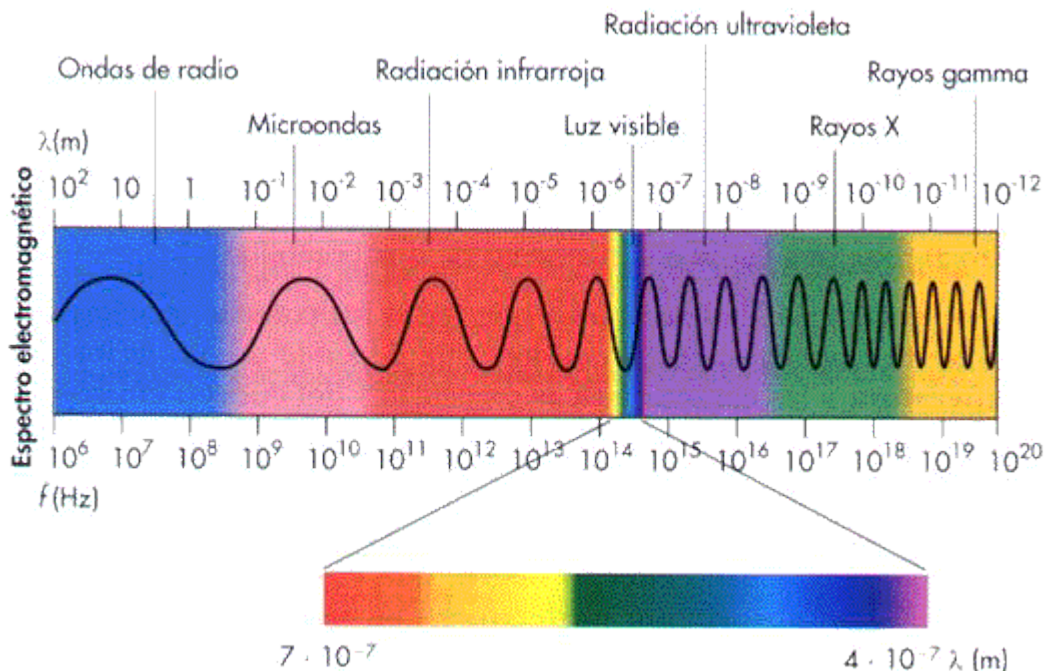
Así tenemos bandas conocidas como baja frecuencia (BF), media frecuencia (MF), alta frecuencia (HF), muy alta frecuencia (VHF), ultra alta frecuencia (UHF), etc.

En cada una de ellas, el comportamiento de las ondas es diferente.

Aunque se emplea la palabra *radio*, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidos en esta clase de emisiones de radiofrecuencia.

### Ondas electromagnéticas

Una onda de radio, se origina cuando una partícula cargada (por ejemplo, un electrón), se excita a una frecuencia determinada, la cual está situada en la zona de radiofrecuencia (RF), del espectro electromagnético, (otro tipo de emisiones electromagnéticas, pero que caen fuera de la gama de RF son los rayos gamma, los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioleta y la luz).



Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica (corriente eléctrica), que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información.

El emisor tiene como función producir una onda electromagnética portadora, cuyas características son modificadas en función de las señales a transmitir, ya sean audio, vídeo o datos, esto se llama modular.

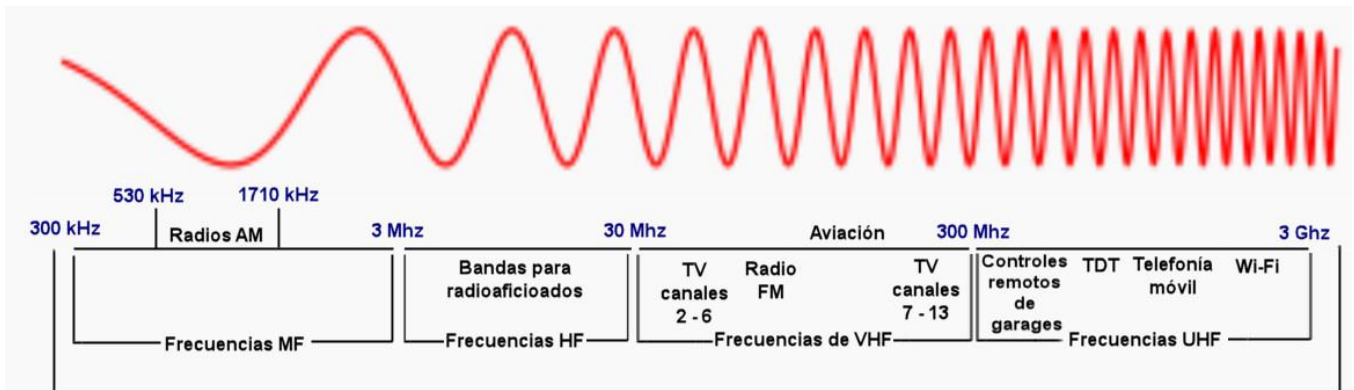
Esta onda electromagnética modulada, propaga la señal hasta el receptor, el cual capta la onda y la «demodula» para hacer llegar al espectador tan solo la señal transmitida en su comienzo.

## Potencias y frecuencias

Si bien la mayoría de los usuarios de equipos de radio, piensa que con mayor potencia logra un mejor desempeño de su equipo, normalmente esto no es tan así.

Como bien mencionábamos antes, las ondas electromagnéticas no se comportan de la misma manera en unas frecuencias que en otras.

Normalmente, el desempeño, alcance o posibilidad de lograr una buena comunicación, depende mucho más de las antenas que de la potencia empleada. Esto se debe a que en las frecuencias que más vamos a utilizar, la potencia es solo uno de los factores que inciden en extender el alcance o lograr una mejor comunicación. Esto es tan así, que el mero hecho de multiplicar la potencia de un equipo emisor, simplemente incrementa el alcance en un minúscula parte de lo esperado, debido en gran medida a la manera en que se propagan las señales de radio, dependiendo también de la frecuencia, medio ambiente, polarización, antenas, clima, etc. También hay que destacar que a mayor frecuencia, mayor es la posibilidad de incorporar información a la onda portadora de señal, es por esto que en transmisión de datos usualmente se usan frecuencias como 900 Mhz, 2,4 Ghz o 5,8 Ghz.



## SECCIÓN DE LAS BANDAS DEL ESPECTRO DE ONDAS DE RADIO UTILIZADAS EN TELECOMUNICACIONES

**Radios AM:** Frecuencia Media (MF) entre los 530 kHz y los 1710 kHz

**Canales 2-6 de señal analógica de TV por aire:** Frecuencias de la Banda I de VHF entre 50 Mhz - 88 Mhz

**Radios FM:** Frecuencias VHF entre los 88 Mhz y los 108 Mhz.

**Comunicaciones de aviación civil:** Frecuencias VHF entre los 108 Mhz y 137 Mhz

**Satélites meteorológicos:** Frecuencias VHF entre 137 Mhz y 138 Mhz

**Canales 7-13 de señal analógica de TV por aire:** Frecuencias de la Banda II de VHF entre 174 Mhz y 216 Mhz

**Canales de televisión digital terrestre:** Frecuencias UHF entre 512 Mhz y 806 Mhz

**Telefonía Móvil:** Frecuencias UHF entre 824 Mhz-900 Mhz y entre 1850 Mhz-2000 Mhz

**WiFi:** Frecuencias UHF alrededor de 2.4 Ghz

Por lo tanto, usualmente se usan las bajas frecuencias para transmisión de radio, las medias y altas frecuencias para transmisión de radio y televisión, y las frecuencias más altas aún se emplean generalmente para la transmisión de datos, (ya sea de telefonía celular, GPS, enlaces, radares, etc).

Es importante destacar, que usualmente el uso de equipos de radiocomunicaciones en cualquiera de las bandas establecidas, acarrea la obligación de adquirir el permiso correspondiente de cada entidad reguladora de telecomunicaciones.

En Uruguay, dicha unidad es la **URSEC**, Unidad Reguladora de los Servicios de Comunicaciones.

## Emisión y recepción aplicada a drones

### Características

Las frecuencias más utilizadas para el enlace de radio entre los drones y el control remoto, son 2,4 Ghz y/o 5,8 Ghz.

Si bien normalmente se dice que son frecuencias de uso libre, esto no es tan así, ya que en realidad son bandas licenciadas de uso regulado, previamente acordado su uso en determinados equipos y bajo determinadas circunstancias.

Esto quiere decir, que se pueden emplear estas bandas de radiofrecuencia, sin la necesidad de registrar nuestro equipamiento o nosotros mismos como operadores, ya que previamente cada entidad reguladora de telecomunicaciones, previó su uso y/o implementación en el espectro radioeléctrico, siempre y cuando cumplan con determinadas condiciones, como ser potencia, estabilidad, ancho de banda, emisiones de espurias, etc.

Usualmente, en las marcas más vendidas se emplean los 2,4 Ghz para el enlace uni o bidireccional entre el control y el drone, y se emplean los 5,8 Ghz para la transmisión de datos de telemetría y FPV o video en vivo. También hay diferentes tipos de transmisión de datos, analógicos y digitales.

Cada banda tiene su pro y sus contras a la hora de ser implementadas, y las características son muy variadas.

### Tipos de antenas

Aquí entramos en un campo muy extenso, ya que es un tema muy amplio y variado.

Por definición, una antena es parte de un circuito oscilante, cuyo principal propósito es irradiar o recibir las ondas electromagnéticas.

En función de su diseño, estas están construidas para lograr irradiar o recibir la mayor cantidad de energía posible en una frecuencia determinada.

Es por esto que para cada frecuencia, se emplea una antena diferente, ya sea en tamaño como en diseño, logrando una antena resonante cuando esta es eficiente en todas sus características eléctricas en una frecuencia determinada. Cada antena transmisora, genera un campo electromagnético que dependerá en gran medida de su longitud y de la magnitud de la corriente que circula por la misma.

Es así que cada antena tiene sus propios usos, y su desempeño o ganancia se mide en dBm.

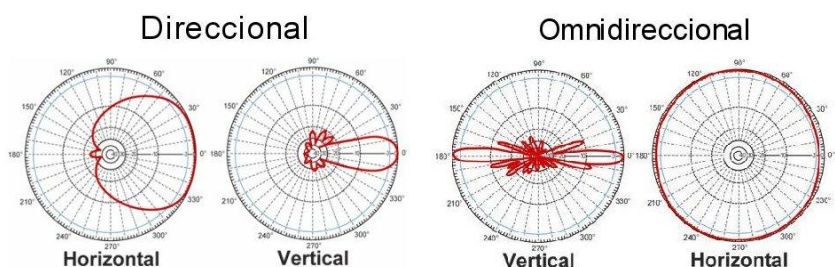
Otro tema de vital importancia en las antenas, es su polaridad y directividad.

Tenemos antenas de polaridad vertical, horizontal y circular, y en cuanto a su directividad tenemos antenas direccionales, bidireccionales y omnidireccionales...., esto que significa...?

Una antena de polaridad vertical, tiene su elemento radiador en posición vertical o perpendicular al suelo, mientras que una antena horizontal lo tiene en forma paralela al suelo, por otro lado, una antena de polaridad circular, está diseñada para usar una mezcla de ambas tecnologías, logrando ambas polaridades pero un menor desempeño.

Una antena direccional, es aquella que tiene la capacidad de dirigir su campo de radiación electromagnética en una determinada dirección,

mientras que una antena omnidireccional dirige su campo electromagnético en todas direcciones de igual manera.



### Prestaciones y aplicaciones

Si bien cada banda tiene similares aplicaciones, y las antenas empleadas pueden parecer similares, hay determinadas características que se destacan unas de otras.

Por ejemplo, a mayor frecuencia se logra menor desempeño para atravesar obstáculos, y a menor frecuencia es más factible sortear los mismos.

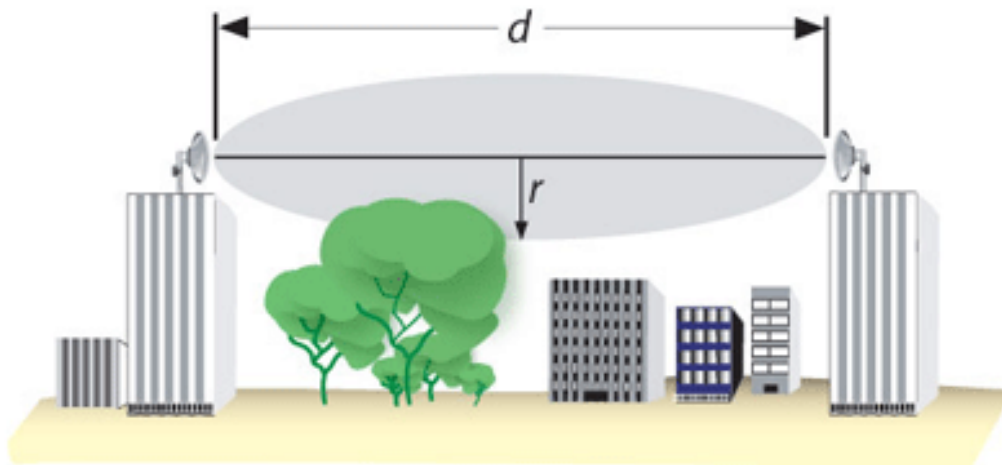
Es por esto que en 2.4 Ghz se logra menos problemas que en 5.8 Ghz a la hora de sortear diferentes tipos de obstáculos entre el dron y nuestro control remoto, llámese edificios, árboles, vallas, etc.

Pero en 5.8 Ghz, lograremos más distancia con una potencia similar en cuanto a alcance, pero seremos más propensos a los problemas antes mencionados.

También juega un papel muy importante la zona de Fresnel, ya que comúnmente se interpreta que las ondas electromagnéticas se propagan como una línea recta por el espacio abierto, cuando en realidad no es así. A la hora de propagarse, las ondas electromagnéticas forman un campo, el cual puede ser como un globo (en el caso de ser omnidireccional la antena), o algo similar a una gota de agua (en el caso de una antena direccional), tal como lo vimos en el anterior gráfico de propagación.

La zona de Fresnel, es el campo en tres dimensiones que teóricamente se establece entre el punto irradiante y el receptor, mediante el cual se propagan las ondas electromagnéticas.

Esto es tan importante, que si afectamos parte de esta zona de propagación, podemos no establecer una correcta comunicación, así tengamos visibilidad punto a punto entre transmisor y receptor.



En nuestro caso, los factores más importantes a evitar son los edificios, árboles, cerros y montañas, personas delante del control remoto, etc. Por lo tanto, es el factor más importante a destacar, ya que al restar parte del campo electromagnético dentro de la zona de Fresnel, estamos reduciendo drásticamente la distancia y capacidad de controlar nuestra aeronave.

Otro tema no menos importante, son las interferencias producidas por equipos tan comunes como routers y/o puntos de acceso WiFi, teléfonos inalámbricos, enlaces de microondas, impresoras con WiFi, hornos microondas, diversos equipos electrónicos, otros drones en las cercanías, etc.

Siempre es oportuno chequear este tipo de interferencias antes de volar, lleva muy poco tiempo y nos evita un montón de irregularidades que nos hacen perder el tiempo y/o pueden llegar a generar un imprevisto.

# Meteorología y navegación

## Definición, información y prevención meteorológica.

Nuestro planeta está constituido por tres partes fundamentales: una parte sólida llamada **litósfera**, (continentes, islas, etc), una parte líquida llamada **hidrósfera** (lagos, mares océanos, etc), y una capa gaseosa llamada **atmósfera**. Estas capas se relacionan entre sí, produciendo en todo momento modificaciones profundas en sus características. La ciencia que estudia estas características, las propiedades y los movimientos de las tres capas fundamentales de la Tierra, se llama Geofísica. Así que en ese sentido, la meteorología es una rama de la geofísica que tiene por objetivo el estudio detallado de la envoltura gaseosa de la Tierra y sus fenómenos.

Es muy importante distinguir entre las condiciones actuales y su evolución llamado tiempo atmosférico, y las condiciones medias durante un largo período que se conoce como clima del lugar o región.

Por lo tanto, a corto plazo hablamos de **tiempo atmosférico**, y a largo plazo hablamos de **clima**.

En este sentido, la meteorología es una ciencia auxiliar de la climatología, ya que los datos atmosféricos obtenidos en múltiples estaciones meteorológicas durante largo tiempo se usan para definir el clima, predecir el tiempo, comprender la interacción de la atmósfera con otros subsistemas, etc.

El conocimiento de las variaciones meteorológicas y el impacto de las mismas sobre el clima, ha sido siempre de suma importancia para el desarrollo de la agricultura, la navegación, las operaciones militares y la vida en general.

Hoy en día es muy sencillo obtener información meteorológica, ya sea desde una computadora, o un simple teléfono celular. Esto nos permite estar al día con el estado del tiempo (tiempo atmosférico), y saber de antemano las condiciones climáticas que ocurrirán en determinado punto, para, entre otras cosas, poder planificar determinado vuelo en condiciones seguras.

Para esto es muy importante tener en cuenta la **humedad**, la **presión**, la **temperatura**, los **vientos**, la **visibilidad**, la **actividad solar**, los **frentes**, las **tormentas** y el **englamamiento**.

Todos estos factores, inciden profundamente en el vuelo, y es muy importante conocerlos, entenderlos y poder planificar un vuelo seguro en función de toda esta información.

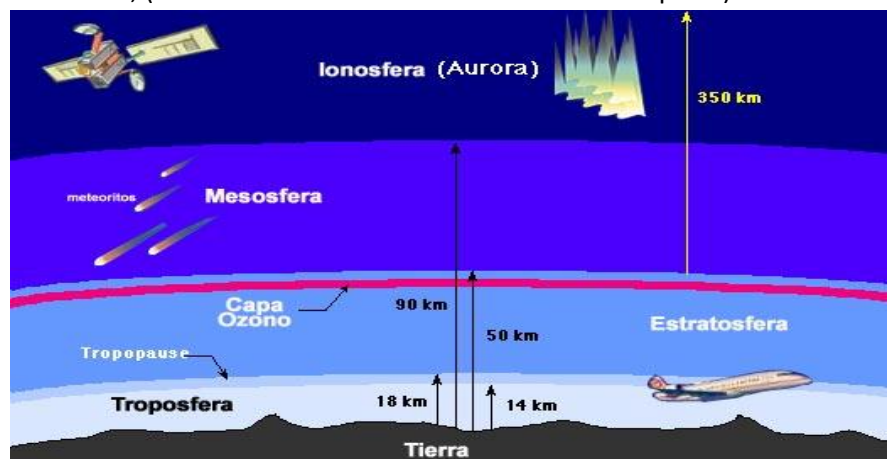
## La atmósfera

Es una capa gaseosa muy delgada que envuelve nuestro planeta, está dividida en varias secciones llamadas troposfera, estratosfera, mesosfera e ionosfera, (en orden desde el nivel del mar hacia el espacio).

Nosotros nos concentraremos en la **troposfera**, ya que aquí es donde se originan y se llevan a cabo la mayor parte de los fenómenos atmosféricos.

Por ende, la troposfera es la capa donde la temperatura decrece gradualmente con la altura, contiene las  $\frac{3}{4}$  partes del peso total de la atmósfera, y tiene una altura de entre 16 km (en el ecuador), y 8 km en los polos. Por definición, es la capa de la

atmósfera que llega a una temperatura de  $-56,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (por ende en el ecuador es más alta y en los polos más baja), a esta temperatura es donde se igualan las características en cualquier latitud. La línea imaginaria que marca el fin de la troposfera se llama **tropopausa**, y su altitud varía con la estación del año y la hora del día.



## La humedad

La humedad o aire húmedo, está definido como la mezcla de aire seco con vapor de agua, y su porcentaje puede variar entre 0.2 y 2.7% dependiendo de la temperatura.

Es el mayor gas de efecto invernadero, es el responsable de transporte energético dentro de la atmósfera y es el principal causante de nubes, precipitaciones, nieblas, engelamiento, etc, por eso es muy importante para la aviación.

Las fuentes de humedad son las masas de agua de la tierra, en mayor grado los océanos y en menor grado los ríos, lagos, etc.

Para medir el factor de la proporción de agua en la atmósfera, tenemos la humedad absoluta ( $H_a$ ), la humedad relativa ( $H_r$ ) y el punto de rocío ( $T_d$ ).

**La humedad absoluta** o densidad de vapor, se define como la cantidad de gramos de agua contenidos en el volumen de aire ( $g/m^3$ ).

**La humedad relativa**, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la cantidad que contendría si estuviera completamente saturado, así que, cuanto más se aproxima al 100% más húmedo está. Normalmente la humedad relativa aumenta cuando manteniendo la temperatura constante aumenta la cantidad de vapor de agua en el aire, también suele aumentar al disminuir la temperatura.

**El punto de rocío** es la temperatura a la cual el aire se satura de vapor de agua y esta se condensa.

Si esta temperatura está por encima del punto de congelación, se formará rocío pero si está por debajo se formará escarcha. Hay dos maneras de alcanzar el punto de rocío y que una determinada masa de aire comience a condensar, y es enfriando el volumen de aire o añadiendo vapor de agua.

### Como afecta la humedad a la densidad del aire

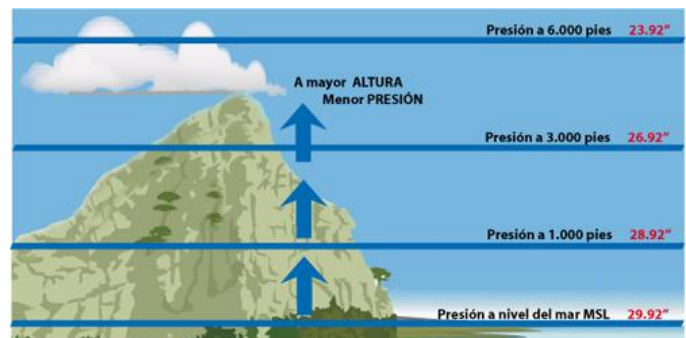
La densidad del aire húmedo, es menor que la densidad del aire seco en las mismas condiciones de temperatura y presión.

Hay que tomar en cuenta, que la variación de la humedad relativa durante el día, se debe a que al aumentar la temperatura la humedad relativa disminuye porque la máxima cantidad de vapor que el aire puede contener aumenta con la temperatura. Usualmente, luego de las 15 hs, la temperatura comienza a disminuir, y la cantidad de calor que el aire puede contener también, por lo tanto la humedad relativa aumenta. Es así que si la humedad relativa es menor a 100% el aire se considera seco.

## La presión

La definición de presión atmosférica, es la fuerza ejercida por unidad de área ( $m^2$ ), por la atmósfera que tiene encima.

Por lo tanto, como la densidad del aire disminuye al aumentar la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire en función de la altitud o de la presión, además, tanto la temperatura como la presión del aire, están variando continuamente en una escala temporal como espacial. Se puede obtener una medida de la presión atmosférica en un lugar determinado, pero de ella no se pueden sacar muchas conclusiones ya que usualmente experimenta variaciones asociadas con los cambios meteorológicos.





## Temperatura

Por definición, la temperatura es la medida de la energía cinética media de las moléculas.

El choque entre átomos produce energía calorífica y dependiendo de la velocidad obtendremos más o menos choques, y por lo tanto más o menos temperatura.

Existen tres escalas usadas hoy en día para medir la temperatura, ellos son los grados Celsius, grados Fahrenheit y grados Kelvin.

### Grados Celsius (°C)

Define el 0° como el punto de congelación del agua y los 100° como el punto de ebullición, entre estas dos marcas se divide la medida entre 100 partes iguales y por debajo del 0° se emplean medidas negativas, es la forma de medida empleada en la aeronáutica.

Anders Celsius definió su escala en 1742, y hoy el grado Celsius (o centígrado), pertenece al Sistema Internacional de Unidades, con carácter de unidad accesoria.

### Grados Fahrenheit (°F)

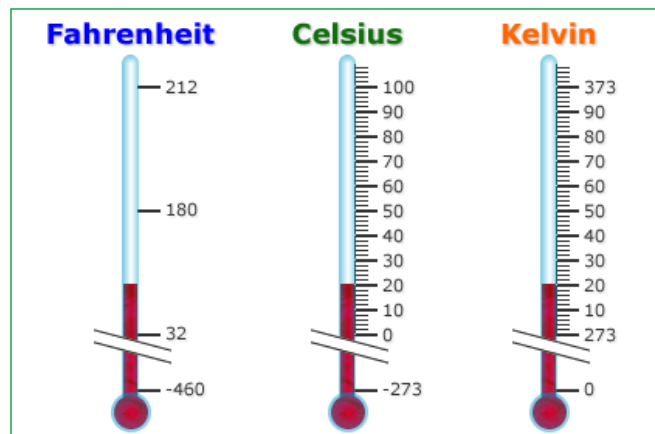
Define los 32° como el punto de congelación del agua y los 212° como el punto de ebullición.

Fue propuesto en 1724 por Daniel Gabriel Fahrenheit, y en algunos países aún se emplea esta unidad de medida, por ejemplo EEUU.

### Grados Kelvin (°K)

El grado Kelvin, es la unidad de temperatura creada por William Thomson (Lord Kelvin), en el año 1848 sobre la base del grado Celsius, estableciendo el punto cero en el cero absoluto ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y conservando la misma dimensión que el Celsius.

Su importancia radica en el 0 de la escala, ya que la temperatura de 0°K es denominada 'cero absoluto' y corresponde al punto en el que las moléculas y átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible. Ningún sistema macroscópico puede tener una temperatura inferior. A la temperatura medida en Kelvin se le llama "temperatura absoluta", y es la escala de temperaturas que se usa en ciencia, especialmente en trabajos de física o química, es por esto que muchas cosas se miden en °K, como la temperatura de los colores de la luz, etc.



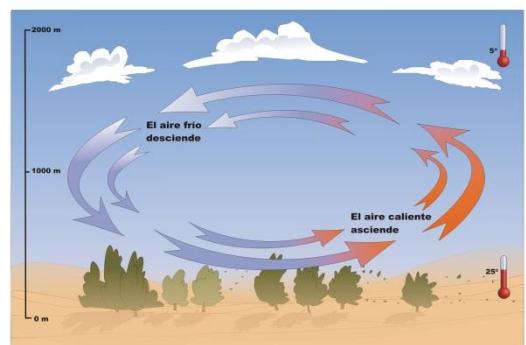
## Convección

La variación de temperatura, proviene del calentamiento desigual de la superficie de la tierra por parte del sol.

Un cambio en la temperatura del aire, causa un cambio en la densidad del mismo, ya que el aire más caliente se expande al ser menos denso que el aire frío.

Es así que el aire más frío (con mayor densidad), se mueve hacia el suelo, y el aire más caliente se eleva hacia arriba hasta que finalmente se enfría y desciende, mientras que el aire más frío por debajo se calienta y se eleva.

Esto se llama convección y es el principal sistema de calentamiento de la atmósfera.



Los cambios en la densidad del aire, afectan el rendimiento de las aeronaves.

Sin cambiar la fuerza de empuje, la disminución de la densidad del aire dará lugar a un menor número de moléculas, esto disminuirá la fuerza de sustentación porque hay menos moléculas para generar elevación. Un cambio en la temperatura, del aire, también puede crear vientos locales, los cuales si no se tienen en cuenta desviarán la aeronave fuera de su curso.

**Procesos adiabáticos y no adiabáticos**

Adiabático es el proceso sin intercambio de calor entre un sistema y su entorno.

Por lo tanto, cuando una columna de aire cambia su temperatura exclusivamente por variaciones de presión, estaremos hablando de un proceso adiabático.

Si tenemos una masa de aire a una determinada temperatura y altitud y la masa de aire baja, la presión aumenta y se va comprimiendo de forma adiabática (o sea sin ceder ni absorber calor de su entorno), su temperatura aumentará.

Por lo tanto, si la misma masa de aire sube, la presión irá disminuyendo, la masa de aire se expansionará adiabáticamente y su temperatura disminuirá.

Un ejemplo de esto es cuando una parcela de aire se expande debido a que la presión externa disminuye, las moléculas emplean parte de su energía interna en el proceso de expansión, la parcela de aire se enfría porque la energía interna de las moléculas es proporcional a la temperatura de la parcela.

Este fenómeno (enfriamiento por expansión adiabática), está presente en el proceso de la mayoría de las formaciones nubosas, y se encuentra ligado al ascenso del aire por medio de una o varias de las siguientes vías:

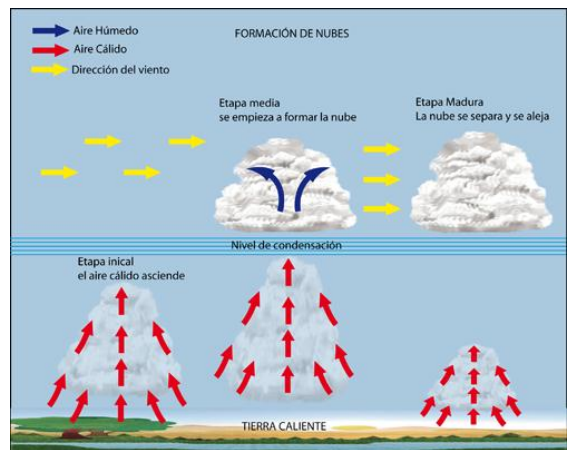
Libre convección, debido al calentamiento de la superficie por el sol.

Convección forzada, debido a la influencia de la orografía del terreno (ascendencia orográfica).

Aire forzado a ascender en la proximidad de frentes cálidos o fríos, producido por el movimiento horizontal de una masa de aire frío que fuerza a una de aire más cálido a ascender.

Convergencia de una masa de aire hacia un área de baja presión, que fuerza el aire a ascender para mantener el equilibrio entre masas. Es decir, cuando horizontalmente, en una zona entra más aire del que sale, como ocurre con la convergencia del viento a nivel del terreno hacia el centro de una baja presión, el exceso de aire es obligado a ascender.

Podemos decir que el movimiento de una parcela de aire puede ser **estable** cuando la misma tiende a volver a su nivel inicial, **inestable** cuando continúa subiendo o **neutro** cuando se mantiene al mismo nivel.



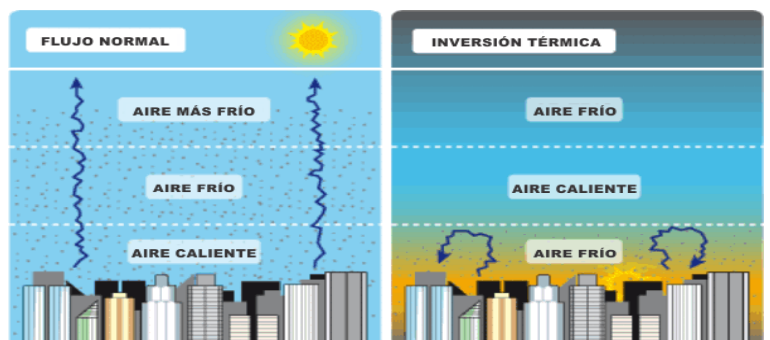
**Inversión térmica**

Como antes hemos citado, la temperatura en la troposfera suele disminuir proporcionalmente a medida que ascendemos, pero con cierta frecuencia, en determinados lugares, la temperatura aumenta por capas y no proporcionalmente.

Esto se llama inversión de temperatura (o inversión térmica), y es un fenómeno natural que se puede presentar en cualquier día del año y a cualquier hora del día.

Tenemos 4 tipos de inversión térmica:

- De superficie o radiación
- De altura o subsidencia
- Por advección
- Fenómenos frontales.



### Inversión térmica de superficie

Se produce muy cerca de la superficie, y corresponde a situaciones meteorológicas de cielo despejado y viento suave, con fuerte pérdida nocturna de calor.

El aire en contacto con la superficie terrestre, está más frío que el aire de las capas superiores, por lo tanto es más denso, pesa más y dificulta los movimientos verticales entre estratos.

Esto favorece la formación de nieblas, heladas moderadas a fuertes en invierno y a la acumulación de aire contaminado (smog) en las grandes ciudades.

### Inversión térmica de altura

Se debe al descenso de grandes masas de aire frío, provocado por sistemas de altas presiones.

Cuando se forman entre los 600 y los 1500 mts de altura, se producen situaciones de altas presiones por el descenso de aire, el cual se irá comprimiendo y secando desde arriba hacia abajo, impidiendo de forma más duradera los movimientos verticales de aire.

### Inversión térmica por advección

La advección es el transporte horizontal de aire frío en superficie, y es más común en superficies líquidas. También se le denomina advección al transporte de aire caliente, pero en altura.

### Inversión térmica por fenómenos frontales

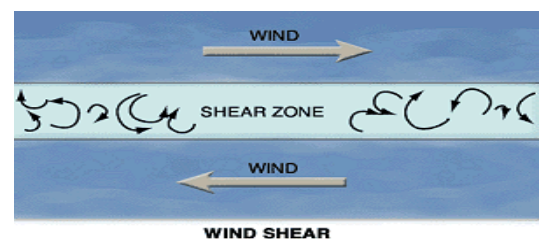
Es el choque de dos (o más), masas de aire con diferente temperatura.

### Efectos de la inversión térmica

Los movimientos de aire verticales son frenados, lo cual también es indicio de estabilidad atmosférica de la capa de aire, y suele causar concentraciones de contaminantes como el smog.

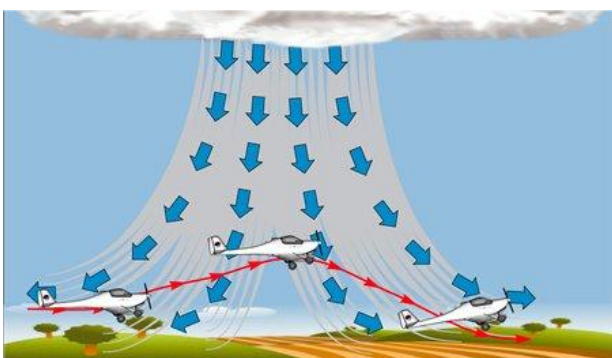
**Cizalladura del aire**, la cual genera posible turbulencia por el desacople de dos capas de aire con diferente densidad.

También se llama **cizalladura del viento**, al efecto que se genera cuando dos vientos que se mueven en direcciones contrarias se rozan o se encuentran, esto genera pequeños remolinos y torbellinos de masas de aire que se mueven en varias direcciones, causando turbulencia.



Para la aeronáutica, es muy importante la cizalladura, ya que algunas pueden ser predecibles y otras pueden ocurrir inesperadamente, y son especialmente peligrosas cuando estas ocurren cerca del suelo.

Muchos aeropuertos están equipados con alarmas de cizalladura del viento, que advierten a los controladores y pilotos de la potencial existencia de cizalladura en los corredores de despegue y aterrizaje de la pista.



## Viento

Se define por viento, al movimiento del aire en relación a la rotación de la tierra.

Su origen, se debe a las diferencias de presión originadas por las diferencias de temperatura.

El viento siempre intenta compensar estas diferencias para llegar al equilibrio.

La radiación solar, es la que provoca el movimiento de en la atmósfera, debido al calentamiento y enfriamiento (expansión y contracción), del aire, provocando variaciones en la presión de las masas de aire, y de la dirección e intensidad del viento.

De este "aire en movimiento", es muy importante conocer su velocidad y su dirección.

**La velocidad del viento**, habitualmente se mide en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h) y/o nudos (kt).

El nudo es la medida anglosajona que representa las millas marinas por hora, y su equivalencia es 1 nudo = 1,852 km/h = 0,515 m/s.

**La dirección del viento**, que es desde donde procede el mismo, se expresa en grados ( $^{\circ}$ ), contados en el sentido de las agujas del reloj a partir del Norte geográfico. A ese punto se le asigna el valor de  $0^{\circ}$  (o  $360^{\circ}$ ), por lo tanto el Este estaría a  $90^{\circ}$ , el Sur a  $180^{\circ}$  y el Oeste a  $270^{\circ}$ .

Las fuerzas que afectan a los movimientos de aire en la atmósfera, tanto vertical como horizontalmente son: Gradiente de presión, efecto Coriolis, fuerza centrípeta/centrífuga, fricción y gravedad.

### Fuerza de gradiente de presión

Es la fuerza originada por las variaciones de presión, estas diferencias crean una fuerza que dirige el viento y se desarrollan tanto vertical como horizontalmente.

Un gradiente vertical es una característica permanente de la atmósfera, y va disminuyendo con la altura.

Un gradiente horizontal hace referencia a cambios de presión a lo largo de una superficie de altitud constante.

### Efecto Coriolis

Es una pseudo fuerza causada por la rotación de la tierra, es perpendicular a la velocidad de la partícula y provoca una desviación lateral hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el hemisferio Sur, respecto al sentido del movimiento del aire.

Esta fuerza no existe en la realidad y depende del sistema de referencia giratorio de la tierra.

### Fricción o viscosidad

La fricción es la resistencia que hace un objeto sólido al moverse en contacto con otros objetos sólidos.

En la mecánica de fluidos se llama viscosidad, y es la resistencia hecha por la capa de un fluido por la superficie donde se mueve y al revés. Hay dos tipos, turbulenta y lineal.

La viscosidad turbulenta es la fricción que viene causada por movimientos mayores y más irregulares, llamados remolinos.

La viscosidad lineal es el movimiento al azar de las moléculas de aire que forman un gas o un líquido.

En el caso del viento, los obstáculos de la superficie terrestre (árboles, casas, edificios, montañas, etc), interceptan el movimiento lineal del fluido y como consecuencia se forman remolinos en el lado protegido del viento.

El movimiento irregular del fluido que se origina de esta forma, se conoce como turbulencia mecánica.

Cuanto más rugosa es una superficie, mayor es la viscosidad, esto produce un mayor freno al viento.

La fricción turbulenta disminuye rápidamente con la altura, por lo tanto, la velocidad del viento aumenta con la altura, y por encima de 1 KM no tiene prácticamente efecto.

Los remolinos también se pueden generar en el aire por calentamiento solar del suelo, estos remolinos se llaman turbulencia térmica.

### Vientos de superficie

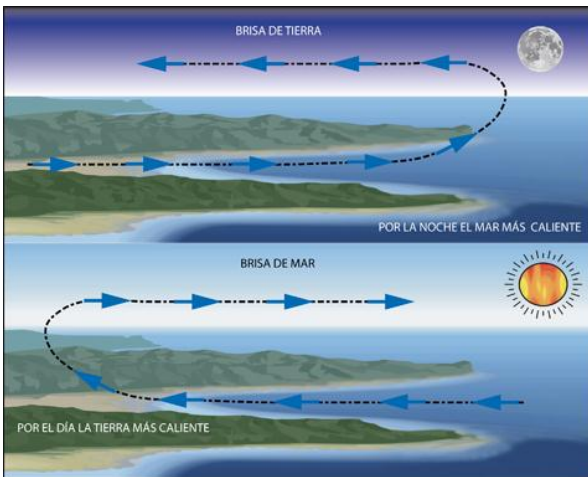
Es el viento que se desarrolla dentro de la capa de fricción, la cual normalmente está situada hasta a 1 km de altura, pero también depende de la estabilidad de la atmósfera, la velocidad del viento y la rugosidad de la superficie.

El viento de superficie puede presentarse encima de la tierra o encima del mar, y reduce su velocidad un 50% y un 30 % respectivamente.

Tiene variación diurna debido al calentamiento desigual de la superficie, genera convección, y mezcla de aire.

### Vientos locales

Se denomina viento local al que circula por determinadas irregularidades del terreno, el cual hace que el viento no siga las reglas generales, al igual que en casos de calentamiento diferenciales por radiación. Pueden ser brisas de mar y de tierra, brisas de valle o montaña y viento Foehn.



La brisa de mar normalmente se da por el hecho de que el sol ha calentado la tierra y el aire asciende y se dilata, al moverse hacia el mar por diferencia de presiones desciende y se enfría y nuevamente vuelve hacia tierra, penetrando hasta los 40 kms a una altura máxima de 300 mts y con una velocidad inferior a los 14 nudos.

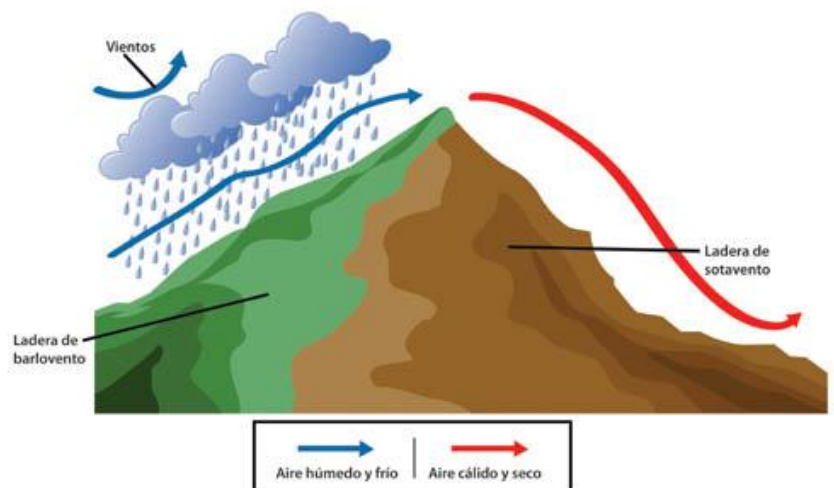
La brisa de tierra es un proceso análogo pero inverso, se da por la noche y en este caso el mar está más cálido que la tierra.

La presencia de brisas de mar y de tierra, es signo de buen tiempo.

El viento orográfico (o de valle o montaña), se debe a que el viento cruza un valle o montaña y es desviado según la forma del obstáculo.

En dos paredes laterales el viento fluye a lo largo del valle, y en dos montañas muy juntas, el viento pasa por un paso estrecho aumentando su velocidad.

El viento Foehn, se da cuando una masa de aire húmedo llega a una montaña y asciende hasta la cima, allí se condensa y llueve, liberando parte de su humedad, al descender es un aire más seco y cálido.



## Visibilidad

Es la distancia horizontal máxima, a la que un observador puede distinguir claramente algunos objetos de referencia en el horizonte.

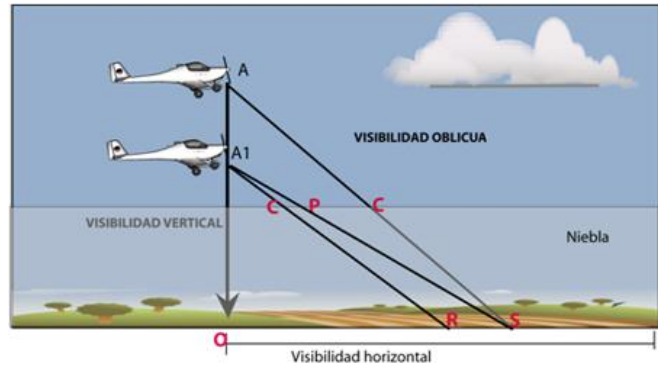
Por lo tanto, la visibilidad meteorológica, es una medida de transparencia atmosférica en una dirección horizontal sobre la superficie terrestre relativa a la visión humana.

En el caso de las aeronaves también se habla de visibilidad vertical y oblicua.

Esta última es la distancia medida desde el avión hasta el punto M que es el objeto visible más lejano que puede verse desde el avión

Visibilidad aire-tierra.

Capa de niebla alto o niebla, cuyo espesor disminuye de arriba abajo



La visibilidad se ve reducida por la suspensión de partículas en el aire, y si además estas partículas capturan con facilidad moléculas de vapor de agua forman pequeñísimas gotículas y la visibilidad disminuirá notablemente. Si llega a ser inferior a un kilómetro es lo que en Meteorología se llama niebla.

Este meteoro provoca sensación de frío, es pegajosa y húmeda, tiene un color blanquecino o gris y cuando tiene poco espesor vertical, será más o menos visible el cielo sobre el observador.

Al reducir considerablemente la visibilidad, este fenómeno puede afectar seriamente el desarrollo de la vida cotidiana y producir situaciones de alto riesgo para la aeronáutica.

La niebla tiene una constitución idéntica a las nubes acuosas, de las cuales se diferencia en su formación, mientras estas últimas lo hacen por elevación y enfriamiento del aire hasta alcanzar el nivel de condensación, la niebla se forma por aumento del vapor de agua o por su enfriamiento hasta llegar a la saturación, y en el lugar de su creación, están, más o menos, en contacto con el suelo.

Por ejemplo, un observador situado en el llano puede indicar la presencia de nubes bajas en las cercanías de una montaña, mientras que otro situado en ella puede estar inmerso en una niebla más o menos densa.

Para que se produzca este meteoro, es imprescindible la existencia de tres factores: una inversión de temperatura (aumento del valor térmico con la altura) que dificulte los movimientos verticales del aire, poco viento y una humedad relativa próxima al 100%.

CLAVE	LIMITES	DESIGNACION
00	De 0 a 25 m.	Niebla densísima, sin visibilidad.
0	De 25 a 50 m.	Niebla muy densa, sin visibilidad.
1	De 50 a 100 m.	Niebla espesa, muy poca visibilidad.
2	De 100 a 500 m.	Niebla, muy poca visibilidad.
3	De 500 a 1.000 m.	Niebla, poca visibilidad.
4	De 1.000 a 2.000 m.	Neblina o calima, escasa visibilidad.
5	De 2.000 a 4.000 m.	Neblina o calima, poca visibilidad.
6	De 4.000 a 10.000 m.	Neblina o calima, visibilidad moderada.
7	De 10.000 a 20.000 m.	Atmósfera diáfana, buena visibilidad.
8	De 20.000 a 50.000 m.	Atmósfera diáfana, muy buena visibilidad.
9	Más de 50.000 m.	Atmósfera diáfana, excelente visibilidad.

También hay otros factores de reducción de la visibilidad, como los son el humo, el polvo, la arena y las precipitaciones.

## Actividad solar

La actividad solar (o clima espacial), se puede definir como los sucesos que se llevan a cabo en la superficie del sol, y que afectan en mayor o menor medida a la tierra y el sistema solar.

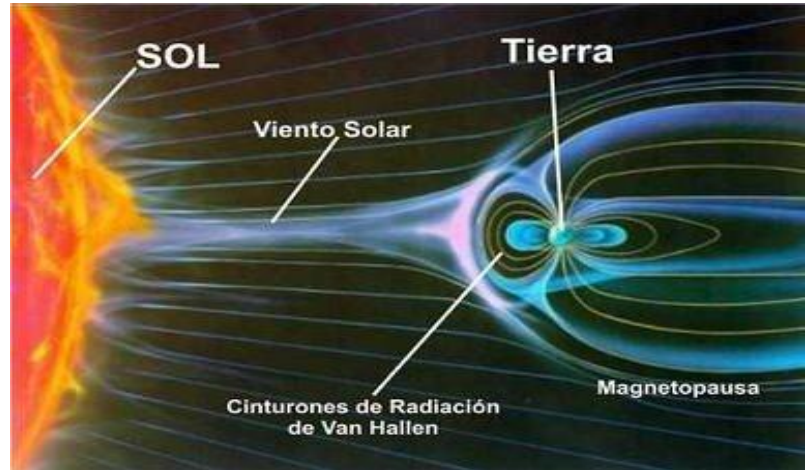
Dentro de estos sucesos se cuentan las manchas solares, eyecciones de masa coronal, viento solar, etc. Nosotros nos concentraremos en el viento solar y en las eyecciones de masa coronal, ya que son estos fenómenos los que afectan muchísimo las comunicaciones y por ende el vuelo de equipos como los drones.

### Viento solar

Se trata de un flujo continuo de partículas cargadas, que escapan de la atmósfera externa del sol a altas velocidades y penetran en el Sistema Solar.

Está compuesto principalmente de electrones y protones, pero tiene también trazas de núcleos de helio y otros elementos. El viento solar puede considerarse como la parte más exterior de la corona, que es expulsada violentamente hacia el espacio interplanetario por los procesos energéticos en actividad en las regiones subyacentes del Sol. Estas partículas

cargadas, alcanzan velocidades comprendidas entre los 350 y los 800 km por segundo en la proximidad de la órbita terrestre, tiene una densidad de 5 unidades por centímetro cúbico.



Los efectos del viento solar sobre el ambiente que rodea a la Tierra son notables. Entrando en contacto con el campo magnético terrestre, las partículas permanecen interpoladas en las líneas del propio campo y dan lugar a los cinturones de Van Allen. Por otra parte, chocando con los estratos más exteriores de la atmósfera, generan fenómenos como las Auroras boreales y las tempestades magnéticas, que tanto influyen en las comunicaciones de radio.

### Eyecciones de masa coronal

Se denomina eyección de masa coronal o CME (por sus siglas en inglés: Coronal Mass Ejection) a una onda de radiación y viento solar que se desprende del Sol y envía billones de toneladas de partículas hacia el espacio, usualmente en el período llamado Actividad Máxima Solar

Esta onda es muy peligrosa, ya que si llega a la Tierra y su campo magnético está orientado al Sur, puede dañar los circuitos eléctricos, los transformadores y los sistemas de comunicación, además de reducir el campo magnético de la Tierra por un determinado período. Cuando esto ocurre, se dice que hay una tormenta solar. Sin embargo, si está orientado al Norte, rebotará inofensivamente en la magnetosfera.

La magnetosfera (o magnetósfera), es una región alrededor de un planeta en la que el campo magnético de éste, desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol.

Sin embargo, en nuestro planeta, existe una zona llamada Anomalía del Atlántico Sur, la cual es una depresión en el campo magnético. En esta zona se registra una mayor radiación que en otros sectores. Y afecta solamente a satélites que pasen por esta zona.



### **Tormenta geomagnética**

Una tormenta geomagnética es una perturbación temporal de la magnetosfera terrestre. Asociada a una eyección de masa coronal (CME), un agujero en la corona o una llamarada solar, es una onda de choque de viento solar que llega 52 horas después del suceso. Esto solamente ocurre si la onda de choque viaja hacia la Tierra. La presión del viento solar sobre la magnetosfera aumentará o disminuirá en función de la actividad solar. La presión del viento solar modifica las corrientes eléctricas en la ionosfera. Las tormentas magnéticas duran de 24 a 48 horas, aunque pueden prolongarse varios días.

De estas definiciones, se desprende que durante una tormenta solar el sol emite masivas cantidades de plasma y partículas cargadas, junto con una gran cantidad de rayos X y rayos gamma (la radiación más potente y nociva que existe).

Esta radiación alcanza la tierra en unos 8 minutos (ya que viaja a la velocidad de la luz), pero nuestra atmósfera nos protege casi en su totalidad.

Las millones de toneladas de partículas cargadas en cambio, demoran entre unas pocas horas a tres días en alcanzarnos, estas chocan con el campo magnético de la tierra, lo comprimen y pasan a las capas altas de la atmósfera, cargando la misma con millones de watts, generando sobrecarga en las redes eléctricas, apagones, averías en satélites y equipos de telecomunicaciones, perturbaciones en el tráfico aéreo, etc. Entre los principales efectos y consecuencias que pueden causar estos fenómenos solares se encuentran:

#### **Alteración de la órbita de satélites**

Las capas superiores de la atmósfera se expanden como consecuencia de la ionización, lo cual puede interferir con la órbita de satélites de baja altura.

Comportamiento errático del equipo electrónico a bordo de satélites, ya que las cargas eléctricas pueden acumularse en la superficie de los mismos provocando falsas señales, errores e iniciando procedimientos correctivos innecesarios, sacando de curso los satélites.

#### **Mala comunicación con satélites**

Aún en el caso de satélites militares y otros equipos más modernos (los cuales fueron diseñados para resistir grandes cantidades de radiación y fenómenos de este tipo), la transmisión y recepción de información desde y hacia la tierra, puede verse afectada o incluso interrumpida, en momentos en que una llamarada o tormenta solar afecte a la tierra. El uso componentes más diminutos y la modernización de los equipos, los hace más susceptibles a estos efectos.

#### **Problemas en radares**

Los radares tanto de tierra, mar o aire, pueden ver afectado su rendimiento debido al ruido provocado por una tormenta solar, dejando sus sistemas totalmente carentes de funcionamiento o incluso generar datos e información errónea.

#### **Interrupción del servicio de posicionamiento satelital**

Con la creciente proliferación de equipos que emplean sistemas de navegación y posicionamiento por satélite (tanto a nivel civil como militar), nos hacemos más dependientes de esta tecnología, la cual puede ser severamente afectada o incluso interrumpida por estos fenómenos solares.

Ya sea el sistema GPS, Glonass, Galileo o Beidou, estos se basan en una constelación de satélites que giran en torno a la tierra a un ritmo constante, cuyas señales se combinan para calcular y determinar un punto preciso en un determinado momento, rumbos, cálculo de distancias y períodos de travesía.

Si estos sistemas fallaran, o dejaran de funcionar, veríamos nuestros equipos electrónicos de uso común, volverse totalmente inservibles, lo cual afectaría todo tipo de actividad.



**Interrupción de señales de radio y equipos móviles**

Las señales de radio de larga y mediana distancia pueden verse interrumpidas o afectadas como consecuencia de cambios en la ionosfera, también se verían afectados los teléfonos móviles, las transmisiones televisivas, la radio, y demás equipos de radiocomunicaciones.

**Interrupciones eléctricas en redes**

Los pulsos electromagnéticos, pueden sobrecargar los tendidos de energía y suministro eléctrico de todo el planeta.

Así fue el caso de la tormenta solar que afectó a Canadá en 1989, la que dejó sin energía eléctrica a más de 7 millones de personas en Quebec y registró las mayores pérdidas económicas de la historia.

También fue el caso de la mayor tormenta solar registrada hasta ahora, la cual afectó a la tierra en el año 1859 y se conoce como el efecto Carrington.

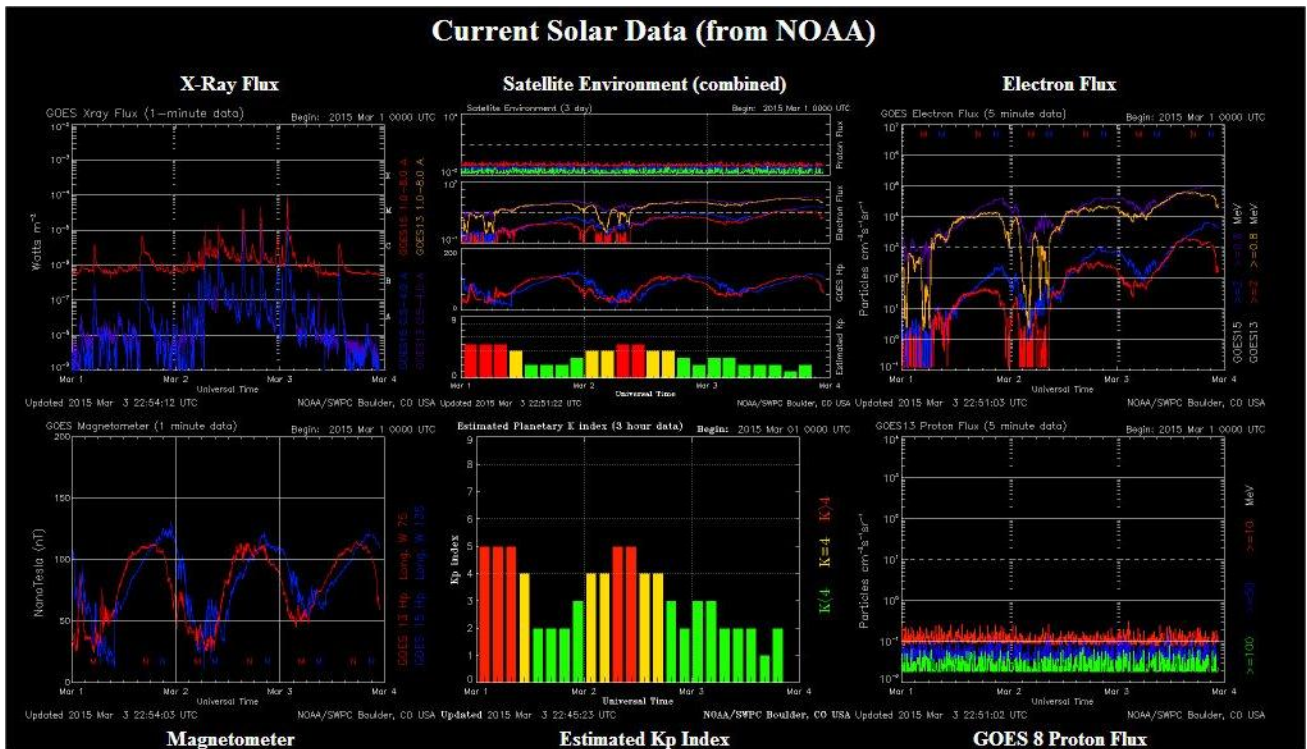
Esta tormenta, destrozó las líneas de telégrafo de la época, produjo auroras boreales en lugares tan alejados de los polos como Cuba y España, y marcó un antes y un después en el estudio de este tipo de fenómenos solares.

**Prevención y análisis**

Hoy en día disponemos de varios elementos y tecnologías para advertir con determinada antelación estos fenómenos, y es muy importante conocerlos y saber usarlos.

Diversos satélites captan estas perturbaciones solares y pueden incluso medirlas, facilitándonos información para evitar problemas.

Es así que existen diversas aplicaciones que nos informan de la actividad solar, el índice KP, predicciones de tormentas severas y demás datos.



Esta información está disponible para teléfonos celulares, computadoras y diferentes páginas web.

## Los frentes

Un frente es una masa de aire que ocupa una gran porción de la atmósfera, la cual posee características uniformes, extendiéndose cientos de kms sobre la superficie de la tierra pero solo unos pocos kms verticalmente.

Pueden tener entre 500 y 5000 kms de extensión horizontal y entre 0,5 y 20 kms de altura.

Poseen características uniformes de presión, temperatura y humedad.

### Frente cálido

El aire cálido reemplaza al aire frío, lo cual origina que el aire más caliente avance mientras el frío se retira. La superficie frontal tiene una pendiente de 0,66% y es por donde asciende el aire caliente. A nivel de superficie la fricción genera una forma cóncava.

El aire húmedo al ascender, se enfría y se condensa, originando una masa nubosa por encima de la rampa de la pendiente antes mencionada.

Delante del frente cálido el viento aumenta su velocidad y cambia de dirección, las nubes suelen ser cirrus a 800 kms del frente y 10 kms de altura, altostratos y nimbostratos a 300 kms del frente con base baja y mucha extensión vertical. Visibilidad buena pero disminuyendo, punto de rocío bajo, presión baja continuamente y temperatura baja o sube muy poco.

Dentro del frente cálido el viento gira bruscamente y disminuye su velocidad, las nubes suelen ser stratus y nimbostratos con base muy baja, las precipitaciones moderadas o fuertes pero continuas. Visibilidad mala o niebla, punto de rocío sube de golpe, la presión tiende a bajar y la temperatura sube súbitamente.

### Frente frío

En un frente frío, el aire frío avanza y desplaza al aire caliente hacia arriba.

La superficie frontal tiene mayor pendiente (más de 2%), debido a la fricción con la superficie, la velocidad de las capas es menor y la superficie frontal tiene la típica forma de nariz.

Dentro del frente frío las nubes suelen ser altocúmulos, altostratus y cirrus, con grandes alturas de hasta 70 km de anchura, sobre el frente suelen aparecer cumulonimbus. La precipitación puede ser tormenta, lluvia fuerte o nieve, la visibilidad buena fuera de las precipitaciones, el punto de rocío baja bruscamente, el viento gira con rachas, la temperatura baja de golpe y la presión comienza a aumentar.

Detrás del frente frío las nubes pueden ser cúmulos o cumulonimbus a cierta distancia, las precipitaciones cesan, la visibilidad es buena y el punto de rocío se mantiene bajo. El viento puede virar un poco y cesan las rachas, la presión aumenta suavemente y la temperatura se mantiene baja.

### Nubes

Una nube, es un fenómeno hidrometeoro consistente en partículas diminutas de agua líquida o hielo (o de ambas), suspendidas en la atmósfera y que en general no tocan el suelo.

*Se clasifican en primer lugar por familias, y son las siguientes:*

Nubes altas, entre 5 y 13 km de altura, comienzan con **Cirr**.

Nubes medias, entre 2 y 7 kms de altura y comienzan con **Alto**.

Nubes bajas, entre el suelo y los 2 kms de altura, no tienen prefijo.

Nubes interpuestas entre un nivel y otro, ocupan más de un nivel vertical y comienzan con **Nimb**.

*En segundo lugar tenemos el género:*

**Stratus**

**Cumulos**

**Cirrus**

## Nimbos

Cuando un estrato o un cúmulo da lugar a precipitaciones (ya sea lluvia, granizo o nieve), se combina el nombre básico de la nube con el término nimbus, (nube de lluvia o tempestad).

## Nubes altas

### Cirros

Se encuentran generalmente entre 6 y 10 kms de altura, están constituidas por cristales de hielo y éstos son transparentes. Están separadas en forma de filamentos blancos y delicados, o en forma de bancos o bandas estrechas blancas o casi blancas.



### Cirrocúmulos

Normalmente son blancos, aunque a veces pueden ser grises. Se componen de cristales de hielo y se forman entre 5 y los 13 kms de altura. Parecen pequeñas bolas de algodón que normalmente se alinean en largas hileras. Cuando estas nubes cubren la mayoría del cielo, se suele llamar cielo escamado.



### Cirroestratos

Son como un velo nuboso, transparente y blanquecino, están constituidas por cristales de hielo y pueden ser de aspecto fibroso o completamente liso, pueden cubrir total o parcialmente el cielo. Suelen aparecer a unos 8 kms de altura, no suelen ocultar el sol o la luna y a veces generan un efecto de halo alrededor de estos astros.



### Altostratos

Lámina o capa de nubes gris o azulada, de aspecto estriado, fibroso o uniforme, que cubre parcial o enteramente el cielo. Tienen partes lo suficientemente delgadas como para distinguir vagamente el sol, no producen halos y son de espesor variable.



### Altocúmulos

Con base a 3 kms de altura, constituidas por diminutas gotas de agua, aunque a muy bajas temperaturas también pueden formarse cristales de hielo. Pueden originar fenómenos ópticos como halos, columnas luminosas y parhelios. Son nubes blancas o grises, en forma de bancos, fibrosas y pueden estar unidas o no.



### Estratos

Son nubes bajas de poco espesor, se presentan en forma de largas fajas horizontales color humo o gris. Son mantos uniformes, parecidos a la niebla y su altitud es siempre baja, estando entre el suelo y los 800 mts de altura. Es considerada nube de buen tiempo y está compuesta por gotitas de agua, ocasionalmente puede producir una fina llovizna. A veces tienen forma de jirones debajo de otras nubes, y se forman cuando las corrientes de aire verticales son muy suaves, lo que hace que este tipo de nube quede flotando sobre una capa de aire frío y cubierta por una capa de aire más caliente al producirse una inversión de temperatura.



### Estratocúmulos

La base se encuentra a unos 1500 mts de altura, se presentan en capas o bancos de color gris o blanco, con límites bien definidos. Están constituidas por gotitas de agua y normalmente forman fajas paralelas de gran extensión.



### Nimbostratos

Son mantos nubosos particulares de tiempos de lluvia, son de color gris y muy oscuro. Su espesor es el suficiente para ocultar el sol y su aspecto queda oculto por la caída de lluvia o nieve.



### Nubes de desarrollo vertical

#### Cúmulos

Son nubes que generalmente tiene una base llana y horizontal, a una altitud de entre 800 y 1000 metros y se presentan como conglomerados sueltos que recuerdan a un bollo de algodón, de color blanco y brillante cuando son iluminados por el sol. Usualmente este tipo de nubes son asociadas con inestabilidad atmosférica. Están compuestas por agua líquida o helada según la altura y no suelen acarrear precipitaciones a no ser que sean muy desarrollados.



#### Cumulonimbus

Son nubes bajas de gran desarrollo vertical, con base a escasa altitud (800 mts), y con alturas que llegan a los 10 kms. Su parte superior generalmente es aplanada y en forma de yunque, su aspecto amenazador y debido a que producen grandes tormentas de lluvia y granizo, acompañadas de rayos y truenos hace que se las llame comúnmente "nubes de tormenta".



Otros tipos de nubes son menos usuales como las lenticulares u hongos, pero suelen aparecer en determinadas circunstancias y/o lugares.



## Tormentas

Una tormenta, es un fenómeno meteorológico caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire de diferentes temperaturas. Este contraste asociado a los efectos físicos implicados desemboca en una inestabilidad caracterizada por lluvias, vientos, relámpagos, truenos, rayos y ocasionalmente granizo.

Las tormentas se crean cuando un centro de baja presión se desarrolla con un sistema de alta presión que lo rodea. Esta combinación de fuerzas opuestas puede crear vientos y resultar en la formación de nubes de tormenta, como el cumulonimbus.

El contraste térmico y otras propiedades de las masas de aire húmedo, dan origen al desarrollo de fuertes movimientos ascendentes y descendentes (convección), produciendo una serie de efectos característicos como fuertes lluvias y vientos en la superficie e intensas descargas eléctricas. Esta actividad eléctrica se pone de manifiesto cuando se alcanza la



tensión de ruptura del aire, momento en el que se genera el rayo que da origen a los fenómenos característicos de relámpago y trueno. La aparición de relámpagos depende de factores tales como el grado de ionización atmosférico, además del tipo y la concentración de la precipitación

### Tipos de tormenta

#### De convección

Es la más común, estadísticamente se dan más en verano, cuando el calentamiento de la superficie es mayor. Son más usuales durante el día y también pueden darse en primavera y otoño, por la mejor combinación de humedad y calentamiento.

#### De advección

Estas pueden ocurrir durante el día o la noche, en verano o en invierno. Son más comunes cuando una masa de aire frío y húmedo se mueve a través de un mar más cálido, usualmente en invierno, aunque en verano puede ser causada por el aire marítimo frío que se calienta desde la base.

#### De ascenso orográfico

El aire obligado a ascender, puede generar tormenta a barlovento, sobre todo cuando la masa de aire ascendente tiene mucha cantidad de vapor de agua y es muy inestable. Puede ocurrir en cualquier estación y a cualquier hora del día.

#### De convergencia

Son asociadas a bajas presiones o surcos no frontales. Pueden generar tormentas en línea.

### Características generales de una tormenta

La nube típica de tormenta es el cumulonimbus, en forma de yunque. Delante de la nube se pueden observar mammatus o depresiones continuas, se desarrollan hasta la tropopausa y el yunque está avanzado respecto a la base, indicando la dirección en la cual se mueve.

## Ciclo de vida

### Estado inicial

La combinación de diferentes células de entre 6 y 9 kms horizontales y su condensación, libera calor el cual refuerza las corrientes ascendentes de 5 a 10 m/s. Las gotas líquidas o nieve siguen las corrientes ascendentes aumentando su tamaño.

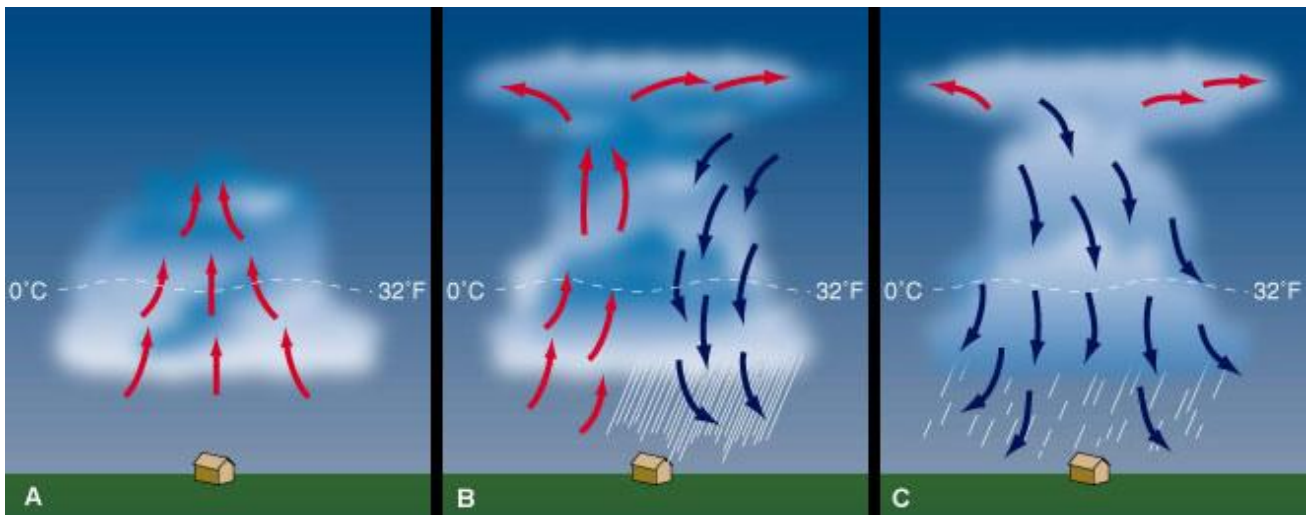
### Madurez

Se da cuando comienza la precipitación, con corrientes descendentes de unos 12 m/s las cuales arrastran las gotas de agua o hielo. Se presentan micro ráfagas, que son corrientes descendentes muy fuertes que también se mueven hacia afuera de la nube al reaccionar con el suelo.

Se generan también macro ráfagas, que son similares pero afectan superficies mayores, de entre 5 y 9 kms. Se generan cambios bruscos en la intensidad y dirección del viento, con turbulencias y produciendo electricidad estática, la cual al desplazar las cargas positivas hacia arriba y las cargas negativas hacia abajo producen los relámpagos.

### Disipación

Turbulencia extrema y fuerte precipitación, desaparecen las corrientes ascendentes y sólo predominan las corrientes descendentes, luego cesan las lluvias y la nube llega hasta la tropopausa donde es esparcida por el viento de altura.



Las tormentas también pueden organizarse por unicelulares, multicelulares, súper células y sistemas convectivos mesoescalares.



Un tipo de fenómeno asociado es la turbonada, la cual es una línea de intensa convergencia de viento acompañada por una gran convección y turbulencia. Se desplazan de Este a Oeste a velocidades de entre 15 y 35 nudos, con barreras de tormenta de entre 400 a 600 kms de longitud y una anchura de hasta 80 kms. Es un fenómeno de muy alta peligrosidad aeronáutica, y los aviones no despegan ni aterrizan en estas condiciones.

## Engelamiento

Es la congelación de las gotas de agua subfundidas que impactan sobre la estructura de una aeronave en vuelo. El impacto en el borde de ataque de los perfiles alares, hélices o antenas, puede llegar a generar ruptura por vibración, como así también al ingresar dentro de alguno de los componentes contacto con el aire exterior, como los tubos pitot, etc.

Se da en condiciones en la que el agua de las nubes o precipitaciones están superenfriadas, la temperatura exterior de la aeronave es menor a cero grado centígrado, y tiene diversos factores como el tamaño de las gotas de agua, la concentración de la misma y la forma y velocidad de la aeronave.

Dentro de las clases de engelamiento, tenemos el hielo claro, el hielo granular, la lluvia helada y la escarcha.



Este fenómeno es muy peligroso, ya que al afectar la superficie alar, modifica su sustentación, ángulo de ataque, peso y demás condiciones, las cuales pueden llegar a provocar que la aeronave entre en pérdida. La interrupción de equipos de medición como el tubo pitot, puede ocasionar graves problemas o incluso graves accidentes, al impedir medir la velocidad del viento.

## Navegación

La navegación aérea, se puede definir como el conjunto de técnicas y procedimientos, que permiten conducir eficientemente una aeronave de un lugar geográfico a otro, a través de una ruta establecida y monitorizando su posición a lo largo de la misma, asegurando la integridad de los tripulantes, pasajeros, carga y a su vez de los que están en tierra. La navegación aérea se basa en la observación del cielo, del terreno, y de los datos aportados por los instrumentos de vuelo.

La navegación aérea se podría dividir en dos tipos (dependiendo si la aeronave necesita de instalaciones exteriores para poder guiarse):

### Navegación aérea autónoma

### Navegación aérea no autónoma

**La navegación aérea autónoma** es aquella que no necesita de ninguna infraestructura o información exterior para poder completar con éxito el vuelo.

A su vez, ésta se divide en:

**Navegación observada:** se basa en la observación directa de las referencias necesarias en la superficie terrestre y reconociéndolas sobre la carta parte del navegante o piloto. Estas referencias usualmente corresponden a los aspectos más relevantes del terreno (ríos, carreteras, lagos, vías de ferrocarril, etc.), con tal de conocer la posición de la aeronave.

**Navegación a estima:** el navegante o piloto calculando el tiempo transcurrido volando en una determinada dirección y la velocidad respecto al suelo (tiempo y distancia), "estima" la posición actual y calcula la dirección a seguir.

**Navegación por fijación de la posición:** ésta a su vez se subdivide en navegación aérea astronómica, navegación aérea Doppler, navegación aérea inercial (INS).

**La navegación aérea no autónoma**, al contrario, sí necesita de instalaciones exteriores para poder realizar el vuelo, ya que por sí sola la aeronave no es capaz de navegar. Las instalaciones necesarias para su guiado durante el vuelo reciben el nombre de ayudas a la navegación. Estas ayudas se pueden dividir a su vez dependiendo del tipo de información que transmiten, así como del canal a través del cual lo hacen.

Así, las radioayudas pueden ser:

Navegación por satélite, (GPS, Inmarsat, etc)

Ayudas visuales al aterrizaje, (como instalaciones que proporcionan señales visuales durante la etapa de aterrizaje de la aeronave).

Radioayudas, (las cuales son señales radioeléctricas recibidas a bordo, generalmente emitidas en instalaciones terrestres como VOR).

Dependiendo de las condiciones de visibilidad, la distancia de las nubes, y del tipo de espacio aéreo atravesado, existen dos conjuntos de reglas de obligado cumplimiento, estas se llaman reglas de vuelo visual o **VFR** (Visual Flight Rules por sus siglas en inglés) y las reglas de vuelo instrumental o **IFR** (Instrument Flight Rules por sus siglas en inglés).

Si las condiciones de visibilidad y distancia de las nubes son iguales o superiores a los mínimos establecidos por el Reglamento de Circulación Aérea, estaremos en condiciones **VMC** (Visual Meteorological Conditions) y se puede volar indistintamente en VFR o IFR.

Por otro lado, si esas condiciones mínimas no se cumplen, estaremos en condiciones **IMC** (Instrument Meteorological Conditions) y el vuelo ha de ser obligatoriamente IFR.

*Un ejemplo de esto último, son los aviones de línea, los cuales por razones de seguridad, operan solamente bajo las reglas de vuelo instrumental (IFR), independientemente de las condiciones meteorológicas.*

*El elemento en tierra, responsable de la navegación aérea, es el **control de tráfico aéreo**, apoyado en la información proporcionada por los pilotos, sistemas de radar y sistemas meteorológicos.*

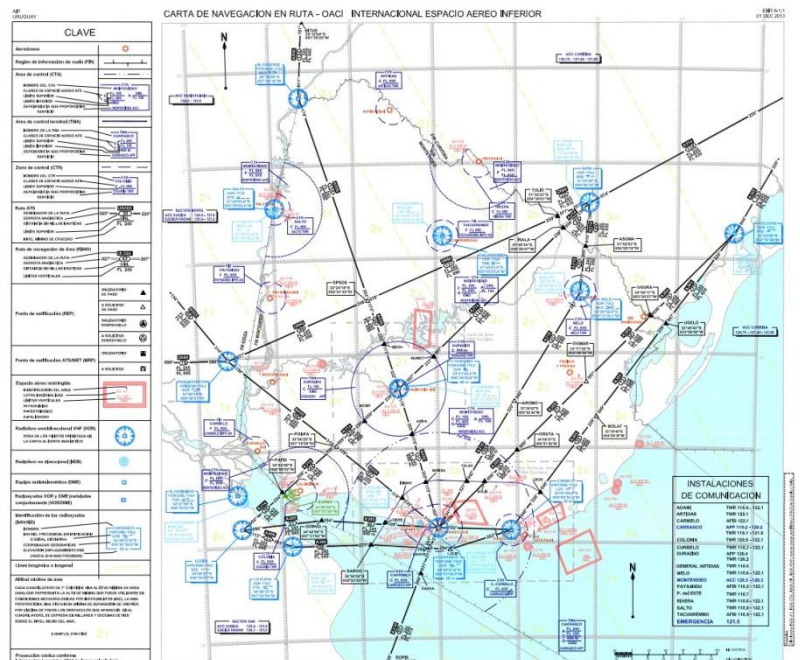


## Cartas aeronáuticas

Una carta aeronáutica, se define como la representación de una porción de la tierra, su relieve y construcciones, diseñada especialmente para satisfacer los requisitos de la navegación aérea. Se trata de un mapa en el que se reflejan las rutas que deben seguir las aeronaves, y se facilitan las ayudas, los procedimientos y otros datos imprescindibles para el piloto.

Las cartas aeronáuticas, contienen muchísima información de muy diversa complejidad y aplicación. Se integran abreviaturas derivadas del idioma inglés, se emplea simbología de uso internacional, indicadores de lugares, designadores de zona, rutas de vuelo, limitaciones de altura (alta y baja), datos de aeródromos, tipos de proyección, migración de aves, se aplica el uso de diferentes unidades de medida, etc.

Podemos dividir las en 4 grandes grupos, los cuales serían:  
 Cartas de aeródromo  
 Cartas visuales  
 Cartas instrumentales  
 Otras cartas



### Cartas de aeródromo

Son las cartas aeronáuticas que nos proporcionan información exclusiva de cada aeródromo, y pueden dividirse en:

- Plano de aeródromo/heliportuario – OACI
- Plano de aeródromo para movimientos de tierra – OACI
- Plano de estacionamiento y atraque de aeronaves – OACI
- Plano de obstáculos de aeródromo – OACI
- Carta topográfica para aproximaciones de precisión – OACI

### Cartas visuales

Son aquellas cartas necesarias para poder operar en condiciones de vuelo visual o VMC.

Este tipo de carta deberá proporcionar información que satisfaga las necesidades de la navegación aérea visual en vuelos a baja velocidad, a distancias cortas y medias, y a altitudes bajas e intermedias y tenemos y pueden ser con escala 1:1.000.000 a escala 1:1.500.000

### Cartas instrumentales

Son las utilizadas para poder volar en condiciones instrumentales o IMC, normalmente indican líneas de costa de las áreas de mar abierto, grandes lagos y ríos y emplean escalas 1:2.000.000 y pueden ser:

- Carta de radionavegación
- Carta aérea
- Cartas de salida-llegada normalizada – vuelo por instrumentos - SID/STAR – OACI
- Carta de aproximación por instrumentos

### Otras cartas

Un ejemplo de este tipo de cartas, son las cartas para guía vectorial radar

Resumiendo muchísimo este tema, y si bien es de vital importancia saber leer e interpretar las cartas aeronáuticas, cabe destacar que en el caso en particular de pequeños drones de escasa altura de vuelo, lo más importante es entender (entre otras cosas), los designadores de zona de dichas cartas. Entre estos designadores, tenemos lo que se llama zonas prohibidas, zonas restringidas y zonas peligrosas. También tenemos zonas de maniobras e instrucción militar, zonas de vuelo recreativo para parapentes, paramotores, ala delta, paracaidismo, etc. También tenemos rutas de vuelo y corredores migratorios de aves, así como zonas y áreas de fauna sensible.

### Zona prohibida (P)

Es el espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales adyacentes de un Estado, dentro del cual está prohibido el vuelo de las aeronaves.

Esta expresión, se usa únicamente cuando el vuelo de las aeronaves civiles dentro del espacio aéreo designado no se permite en ningún momento en circunstancia alguna.

### Zona restringida (R)

Es el espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales adyacentes de un Estado dentro del cual está restringido el vuelo de las aeronaves, de acuerdo con determinadas condiciones especificadas.

Se usa esta expresión cuando el vuelo de una aeronave civil dentro del Espacio Aéreo designado no está absolutamente prohibido pero se puede llevar a cabo únicamente si se cumple con determinadas condiciones.

### Zona peligrosa (D)

Es el espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales adyacentes de un Estado, en el cual pueden desplegarse en determinado momento actividades peligrosas para el vuelo de las aeronaves.

Se usa esta expresión únicamente cuando el peligro potencial para la aeronave no ha llevado a la designación del espacio aéreo como restringido o prohibido.

El objeto de crear una zona peligrosa es la de advertir a los operadores, o pilotos de las aeronaves de que es necesario que evalúen los peligros en relación con sus responsabilidades respecto a la seguridad de sus aeronaves.

Cada zona está numerada y se usa una serie única de números para todas las zonas independientemente de su tipo, a fin de asegurar que nunca se duplique un número, cada zona es tan pequeña como sea posible y está contenida dentro de límites geográficos sencillos.

El tipo de zona en cuestión, se indica en las cartas mediante el uso de la letra correspondiente al idioma inglés.

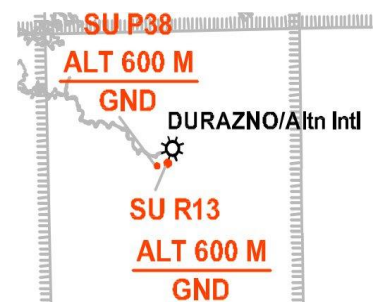
Es así que la letra **P** se usa para indicar zona prohibida, la letra **R** para zona restringida y la letra **D** para zona peligrosa, precedida siempre por las letras de la nacionalidad, (en Uruguay SU).

Por ejemplo se asignan números y letras a las áreas en la forma siguiente: SU P1, SU R2, SU D3, etc.

También se indican los límites verticales (superior e inferior), y pueden indicar o no los límites laterales, horarios, etc.

Toda esta información está disponible en la web de DINACIA, en la web de la AUD, y por supuesto en el AIP. El AIP, es el documento básico de aviación, destinado primordialmente a satisfacer las necesidades internacionales de intercambio de información aeronáutica permanente, y de las modificaciones transitorias de larga duración indispensables para la navegación aérea.

Se publica en un formato de hojas sueltas con texto en español solamente para utilizarla en las operaciones internacionales y nacionales, ya se trate de un vuelo comercial o privado.



También es muy importante mencionar, que dentro del uso e interpretación de cartas, se aplica mucha terminología que nos es muy útil aprender, como rumbos, rutas, techos, coordenadas, etc.

### Rumbo

En navegación, se define el rumbo como el ángulo medido en el plano horizontal entre el Norte y la dirección de avance de la aeronave, medido en círculo, es decir, de 0º a 360º.

El rumbo se expresa siempre con tres dígitos y, si es necesario, se añaden ceros a la izquierda.

De esta manera, al decir "rumbo 028º" se evitan errores de interpretación, evitando la confusión con rumbo 128º o 228º.

### Ruta

En aviación, una ruta, ruta aérea, o aerovía, es por donde circulan las aeronaves comprendiendo una ruta nominal y un área de protección. Podemos entonces decir que es el camino virtual predefinido (tanto en altura como en trazado, que sigue una aeronave que sale desde un punto A hasta un punto B).

Es la sucesión de puntos de escala regular o auxiliar, comprendidos en la ruta aérea.

Pueden ser de baja o alta altitud, tienen una determinada altura de vuelo y se llaman por un conjunto de letras y números.

### Techo

En aeronáutica, el techo de vuelo es la altitud máxima que una aeronave pueden alcanzar en un conjunto de condiciones, ya sean técnicas o administrativas.

Un ejemplo es el techo absoluto, el cual es la mayor altitud a la que un avión puede mantener el vuelo nivelado, o la altura sobre la que el sistema de presurización de la cabina ya no puede mantener un nivel suficiente de oxígeno para los pasajeros y tripulantes, y donde la diferencia de presión es tan grande como para poner a gran presión la cabina presurizada de la aeronave.

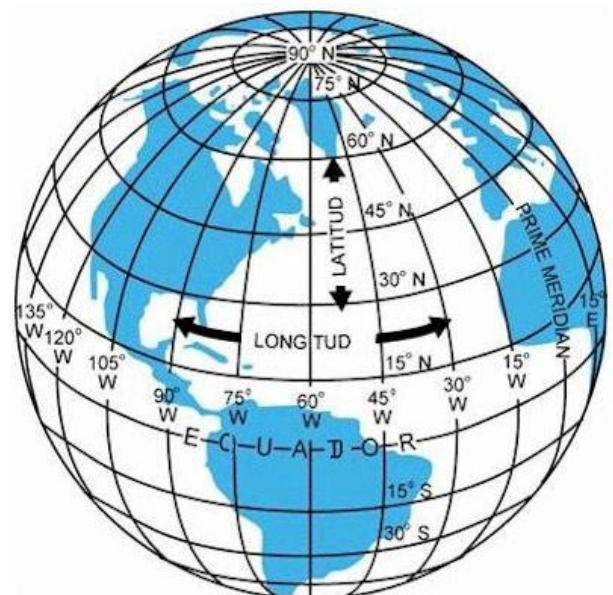
La mayoría de los aviones comerciales tienen un techo que ronda los 12.800 metros (42.000 pies) mientras que algunos jets particulares pueden alcanzar los 15.850 metros (52.000 pies).

### Coordenadas

Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares, latitud (Norte y Sur) y longitud (Este y Oeste) y sirve para determinar los laterales de la superficie terrestre.

**La latitud** mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se denominan paralelos. La latitud es el ángulo que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

**La longitud** mide el ángulo a lo largo del Ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.



Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra.

*Por ejemplo, Montevideo - Uruguay, tiene latitud 34,5 grados Sur, y longitud 56,1 grados Oeste.*

## Sistemas de posicionamiento y navegación vía satélite

Un sistema global de navegación por satélite (o GNSS por sus siglas en inglés), consiste en una constelación de satélites que transmite señales que son utilizadas para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire.

Un sistema de navegación basado en satélites artificiales, puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora (cuatro dimensiones X Y Z + T), con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas, ya sea para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, u otras actividades afines.

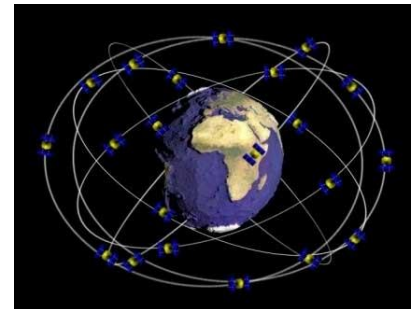


La radionavegación vía satélite, se basa en el cálculo de una posición sobre la superficie terrestre, midiendo las distancias de un mínimo de tres satélites de posición conocida, y un cuarto satélite, aportará además, la altitud. La precisión de las mediciones de distancia, determina la exactitud de la ubicación final.

En la práctica, un receptor capta las señales de sincronización emitida por los satélites, la cual contiene la posición del satélite y el tiempo exacto en que ésta fue transmitida. La posición del satélite se transmite en un mensaje de datos que se superpone en un código que sirve como referencia de la sincronización.

La precisión de esta posición, depende de la exactitud de la información de tiempo, (sólo los relojes atómicos disponen de esta precisión del orden de nanosegundos).

Es por esto, que los satélites utilizan un reloj atómico para estar sincronizado con todos los satélites en la constelación. El receptor compara el tiempo de la difusión, que está codificada en la transmisión, con el tiempo de la recepción, medida por un reloj interno, de forma que se mide el "tiempo de vuelo" de la señal desde el satélite. Estos cronómetros, constituyen un elemento tecnológico fundamental a bordo de los satélites que conforman las constelaciones GNSS, y pueden contribuir a definir patrones de tiempo internacionales.



La sincronización se mejorará con la suma de la señal emitida por un cuarto satélite.

En el diseño de la constelación de satélites se presta atención especial a la selección del número de estos y a sus órbitas, para que siempre estén visibles en cantidad suficiente desde cualquier lugar del mundo y así asegurar la disponibilidad de señal y la precisión. Es por esto que es necesario estar en lugares despejados y con buena vista del cielo para obtener mejores señales.

Actualmente tenemos sistemas operativos, cuasi operativos y en desarrollo.

### Cuasi operativos y en desarrollo:

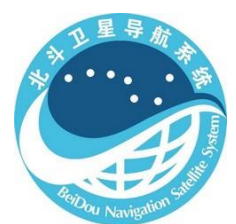
**Galileo**, el cual es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) desarrollado por la Unión Europea (UE), con el objeto de evitar la dependencia de los sistemas GPS y GLONASS.

Al contrario de estos dos, será de uso civil y se espera poner en marcha en 2020, después de sufrir una serie de reveses técnicos y políticos para su puesta en marcha.



**Beidou**, el cual es un proyecto desarrollado por la República Popular de China para obtener un sistema de navegación por satélite. La primera generación ya está operativa desde el 2000 y es un sistema de posicionamiento por satélite local dando servicio a China y a sus países vecinos.

La segunda generación, también llamada Compass o BeiDou-2, será un sistema de posicionamiento global con un funcionamiento similar al GPS, ofrecerá dos tipos de servicios, uno abierto con un margen de 10 mts y 0,2 m/s de velocidad y 0,000005 segundos de tiempo, y otro para determinados clientes y ofrecerá servicios más precisos y con mayores medidas de seguridad.



**Operativos:**

**NAVSTAR-GPS** (NAVigation System and Ranging - Global Position System), conocido simplemente como GPS, operado para el Gobierno de los Estados Unidos.

**GLONASS** (Sistema Mundial de Navegación por Satélites), operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa, el cual sido utilizado como reserva por algunos receptores comerciales de GPS.

**GPS**

El sistema está formado por una constelación de 24 a 27 satélites, que se mueven en una órbita de 20.000 km de altura aproximadamente, alrededor de seis planos con una inclinación de 55 grados y tarda aproximadamente 11 horas y 58 minutos en completar una órbita.

El número de satélites varía en función de los que se reemplazan cuando ha transcurrido su vida útil. Posee un error nominal en el cálculo de la posición de aproximadamente 15 m, el cual los receptores actuales mejoran utilizando corrección diferencial.

**GLONASS**

Este sistema proporciona determinaciones tridimensionales de posición y velocidad basadas en las mediciones del tiempo de tránsito y de desviación Doppler de las señales de radio frecuencia (RF) transmitidas por los satélites.

Consta de una constelación de 31 satélites (24 activos, 3 de repuesto, 2 en mantenimiento, uno en servicio y otro en pruebas), situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de 64,8° y un radio de 25.510 km a una altitud de 19.100 km (algo más bajo que el GPS) y tarda aproximadamente 11 horas y 15 minutos en completar una órbita.

**Vulnerabilidades**

La vulnerabilidad más notable de los GNSS es la posibilidad de que la señal sea interferida, esto se debe a la potencia relativamente baja de la señal recibida, pues provienen de satélites y cada señal cubre una fracción significativamente grande de la superficie terrestre. La interferencia existe en todas las bandas de radio y puede ser intencional o involuntaria.

Dentro de las interferencias involuntarias tenemos las fuentes terrestres que incluyen las comunicaciones móviles y fijas, enlaces de radio punto a punto en la banda de frecuencias GNSS, armónicas de estaciones de televisión, ciertos sistemas de radar, sistemas de comunicaciones móviles por satélite y sistemas militares. Las grandes ciudades también pueden ser fuentes considerables de interferencia de radiofrecuencias (RF), los sitios industriales por ejemplo, son más propensos a la interferencia involuntaria que las regiones remotas, donde esta interferencia es muy poco factible.

Las intencionales se aprovechan de su escasa potencia, ya que las señales de los GNSS pueden bloquearse con transmisores de baja potencia.

Otro tipo de interferencia intencional es la simulación de señales (spoofing), la cual consiste en la corrupción intencional de señales de navegación, para que la aeronave se desvíe y siga una trayectoria de vuelo falsa.

Otro tipo de vulnerabilidad, viene dado por los efectos atmosféricos como las precipitaciones fuertes, que en teoría sólo deberían atenuar las señales de satélite GNSS una pequeña fracción y no afectar las operaciones. Las tormentas geomagnéticas, también pueden afectar los receptores e interferir las señales de estos satélites.

Por último, hay que tener en cuenta que estos servicios pueden ser suspendidos sin previo aviso por parte de cada país operador, como puede ser en caso de emergencias, guerras, etc.

## Limitaciones de vuelo

La distancia entre la aeronave no pilotada y su operador, puede variar entre decenas de metros hasta cientos de kilómetros.

Internacionalmente se aplican 3 tipos de distancia de vuelo para aeronaves no tripuladas:

**VLOS** (Visual Line Of Sight), o vuelo de línea visual.

**EVLOS** (Extended Visual Line Of Sight), o línea de vuelo visual extendida.

**BVLOS** (Beyond Visual Line Of Sight), vuelo más allá de la línea de vista.

### VLOS o línea de vuelo visual

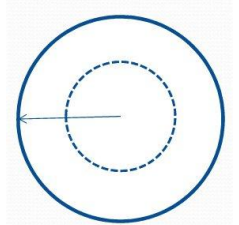
La aeronave tiene que estar siempre a la vista del operador

No se puede volar a través de nieblas, nubes, detrás de árboles o edificios.

No se pueden emplear telescopios, binoculares o cualquier otro equipo que incremente el rango visual del operador.

La distancia máxima vertical es de 120 m AGL (Above Ground Level), o sobre el nivel de tierra.

La distancia máxima horizontal es de 500 m.



### EVLOS o línea de vuelo extendida.

La aeronave puede estar o no a la vista del operador.

Al no estar a la vista del operador, este puede ayudarse por la vista de terceras personas en todo momento.

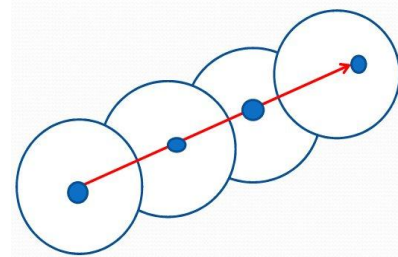
Cada tercera persona no puede estar alejada del otro más de 1000 mts.

Estas personas informarán en todo momento al operador de la situación de la aeronave vía radio.

La distancia máxima vertical es de 120 m AGL (Above Ground Level), o sobre el nivel de tierra.

Sólo vuelos sobre terreno despoblado y sin riesgo de impacto contra personas.

Sólo se puede volar cuando no haya tráfico aéreo de ningún tipo en la zona prevista para el vuelo.



### BVLOS o vuelo más allá de la línea de vista.

La aeronave puede estar o no a la vista del operador.

Al no estar a la vista del operador, este no necesita de terceras personas.

Debe volar por instrumentos desde una estación remota o RPS, (Remote Pilot Station).

Normalmente, estos pilotos (u operadores), requieren de gran calificación y experiencia para efectuar esta clase de vuelo.

Con permisos especiales, pueden volar sobre los 120 m de altura AGL.

Usualmente se emplean sistemas de FPV, (First Person View).



*En Uruguay sólo se emplea el vuelo visual o VLOS, y salvo muy contadas excepciones (debido a autorizaciones expresas de la autoridad aeronáutica), queda totalmente prohibido otra clase de vuelo sobre el territorio nacional por parte de aeronaves no tripuladas.*

# Teoría y planificación de vuelo

## Performance de la aeronave

Cada aeronave posee características particulares, y de ello depende en gran medida la planificación, la operativa, el control de riesgos y demás acciones aplicables al vuelo de la misma.

### Despegue

Dependiendo de si nuestra aeronave es un multirotor o un ala fija, tendremos diferentes tipos de operativa a implementar en el despegue.

En el caso de los multirrotores, el despegue puede ser manual o automático, con o sin planificación de vuelo y generalmente se hace de manera vertical hasta una determinada altura.

Las alas fijas generalmente despegan de manera automática, desde el suelo o una rampa, aunque también se pueden despegar de manera manual. Usualmente, ya despegan con la ruta de vuelo precargada, así de esta manera se evitan accidentes, desperfectos y se incrementa la eficiencia del tiempo de vuelo.

Al no despegar de manera vertical, estos equipos necesitan más espacio para el despegue.



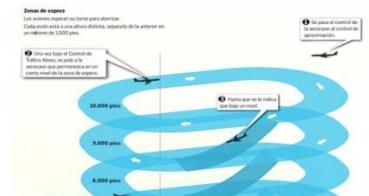
### Ascenso

En el caso de un multirotor, el ascenso dependerá en mayor medida de la aceleración que el operador le confiera al equipo, como así también de la potencia, la dirección y el rumbo.

La velocidad de ascenso normalmente se mide en metros por segundo (m/s), y dependiendo o no de si el equipo empleado recibe telemetría, podemos controlar esto más precisamente.

Si bien lo más común es ascender de manera vertical, también se puede ascender con determinado ángulo, o inclinación.

Las alas fijas, usualmente ascienden como cualquier aeronave conocida, ya sea en círculos o mediante el dibujo de hipódromos de ascenso, utilizando los alerones y timones y generando la sustentación necesaria en función del vuelo programado.



### Descenso

Un multirotor, desciende desacelerando sus hélices y perdiendo sustentación, puede hacerlo de manera vertical o en ángulo, pero lo más seguro es hacerlo verticalmente.

Un ala fija, desciende en círculos o describiendo hipódromos para perder sustentación paulatinamente y aproximarse a tierra. También puede hacerlo en forma lineal en grandes extensiones de superficie.

### Aterrizaje

Los multirrotores, usualmente se posan suavemente sobre la tierra una vez que la pérdida de sustentación logró disminuir la altura vertical, apagando o no sus motores luego de dicho proceso.

Un ala fija, puede aterrizar sobre su "panza" una vez que toca tierra, o puede ser capturada en el aire por parte del piloto u operador si esta es de pequeño porte. Si bien el aterrizaje es más violento que el de un multirotor, estos equipos están diseñados para tal fin.

### Vuelo estático

Este tipo de performance, solo es aplicable a los multirrotores, ya que se encuentra entre sus ventajas y características de vuelo.

Puede realizarse de manera manual o automática, con o sin asistencia por satélite, con o sin asistencia por sensores de ultrasonido, y usualmente se trata de mantener una altura determinada y una posición horizontal estática.

Se emplea generalmente para fotografía aérea o filmaciones, aunque los fines y aplicaciones son casi infinitos.

## Planificación de vuelo

La correcta planificación de vuelo, es parte fundamental a la hora de realizar tareas con aeronaves no tripuladas. Hay que tomar en cuenta diversos factores como la legislación, meteorología, la zona de vuelo elegida, los escenarios presentes dentro de esta zona, los obstáculos existentes para realizar la tarea y la autonomía de vuelo necesaria y la determinación de los riesgos que haya.

### Legislación

En Uruguay, hay una reglamentación vigente y específica para el vuelo de aeronaves no tripuladas. No tiene lugar a interpretaciones y hay que aplicarla rigurosamente, ya que esto nos permite seguridad y tranquilidad, para nosotros y para terceros. Previo a toda planificación, hay que tomar muy en cuenta la legislación, las normas aplicadas, los límites establecidos y las características de cada aeronave a emplear para dicha tarea.

### Meteorología

Previo a todo vuelo, es crucial poder conocer el estado del tiempo previsto para la zona elegida. Para cumplir con las reglamentaciones aplicadas al uso de drones, usualmente hay que conocer la visibilidad, presencia de tormentas, intensidad duración y sentido del viento, temperatura y humedad ambiente, etc. No menos importante, es conocer de manera precisa el estado del tiempo espacial, ya que una tormenta solar afectará gravemente las condiciones normales de vuelo.

### Zona de vuelo

La zona (o área de vuelo), es determinante a la hora de la planificación, ya que hay que saber de antemano diversas características de este lugar, como el hecho de saber si está dentro de las zonas prohibidas-restringidas-peligrosas, si está poblada o no, la topografía del lugar, estar al tanto de cualquier vuelo por parte de otros operadores de drones, si no hay notam emitidos por la autoridad aeronáutica, etc.

### Escenarios

Dentro de la zona de vuelo, se pueden presentar diversos escenarios, los cuales requieren un determinado análisis para realizar una correcta planificación. Es así que hay que tomar en cuenta bosques, colinas, cursos de agua, lagos, plantaciones, desniveles del terreno y demás. Esto hace una gran diferencia para el tipo de vuelo planificado, ya que las densidades de aire son diferentes, el viento se comporta muy distinto entre un escenario y otro, y la temperatura y humedad, así como las corrientes de aire pueden variar muchísimo.

### Obstáculos

En el punto o los escenarios previstos para la planificación, a veces se presenta una serie de obstáculos al vuelo que ponen en riesgo la seguridad de la aeronave, de terceros o del operador mismo.

Es clave determinar de antemano cuales son, que riesgos suponen, cual es la manera más práctica y segura de sortearlos y si son factor determinante para llevar a cabo la tarea prevista. Pueden ser generadores eólicos, columnas, edificaciones, árboles de gran porte, líneas de alta tensión, etc.

### Determinación de riesgos

La determinación y gestión de riesgos, es la parte más importante dentro de la planificación y seguridad de vuelo de un operador de drones. Es fundamental, saber captar y valorar los riesgos inherentes al vuelo en determinado momento y lugar, para de esta manera poder solventar las situaciones que se puedan generar en caso de problemas o eventualidades. Los riesgos pueden ser clasificados como intolerables, tolerables y aceptables, y el piloto (u operador), debe planificar el vuelo y/o tomar las acciones necesarias para que los riesgos se mantengan dentro del marco de lo aceptable. Dentro de esta planificación y/o acciones a tomar, hay que analizar diversos factores como que podría llegar a ocurrir, que probabilidades existen de que ocurra, cuales son las consecuencias, como se puede mitigar o reducir esto, y si es aceptable o no el riesgo residual luego de aplicar todas estas acciones o planificación.



# Operativa de vuelo

## Procedimientos

Dentro de la operativa de vuelo de aeronaves no tripuladas, los procedimientos a llevar a cabo juegan un rol preponderante a la hora de gestionar un vuelo correcto, seguro y exitoso.

Como vimos anteriormente, la planificación es fundamental para prevenir riesgos, mejorar el desempeño, cumplir con las normativas vigentes y desarrollar la tarea de manera que no afecte a nadie.

No menos importante, es gestionar una operativa de vuelo correcta y eficaz, saber nuestras limitaciones y la de nuestra aeronave, cumplir con los requisitos de seguridad y no exceder las restricciones aplicadas al vuelo.

## Operativa

Dentro de lo que denominamos operativa de vuelo, entran varios factores que no solo se dan en el vuelo propiamente dicho, si no que se dan en tierra, antes, durante y luego de vuelo.

Un correcto y responsable operador de drones, debe haber planificado el vuelo antes siquiera de haber cargado las baterías a emplear. Una vez en el escenario previsto, debe de elegir el mejor lugar para el despegue de su aeronave, elegir el mejor lugar para establecer su RPS (Remote Pilot Station), delimitar el área de trabajo, desplegar el equipamiento necesario y previsto para el vuelo, observar nuevamente cualquier modificación del escenario elegido, prestar especial atención a los obstáculos y observar el estado del tiempo para estar tranquilo ante cualquier eventualidad.

Luego recién de cumplir con todo esto, se entiende que uno puede comenzar con la operativa de volar, propiamente dicha. Una vez desarmada nuestra aeronave, hay que corroborar su correcto armado, el chequeo de su funcionamiento y en función de las características, ver que todo esté listo para el vuelo.

Una vez en el aire, hay que atender con sumo cuidado el vuelo de nuestra aeronave, estar atentos en todo momento a cualquier tipo de falla, ya sea observando la aeronave o atendiendo los datos de telemetría y/o FPV. Cualquier indicio de falla, vuelo errático, pérdida de potencia o similar, debe ser atendido con las medidas de mitigación necesarias y de manera inmediata.

También hay que observar el estado de las baterías, no exigir las al límite, cuidar de no perder comunicación entre el control remoto y la aeronave, etc.

Siempre que nuestra aeronave (y nosotros), se esté comportando como estaba previsto, nos dispondremos a cumplir con el objetivo fijado y realizar el vuelo correspondiente.

## Limitaciones y restricciones

Como ya citamos anteriormente, si bien existen 3 tipos básicos de vuelo para aeronaves no tripuladas (VLOS, EVLOS y BVLOS), en Uruguay, salvo expresa autorización de la autoridad y organismo regulador aeronáutico (DINACIA), sólo se puede volar en modo VLOS, (vuelo de línea de vista).

Esto significa que no podemos exceder los 500 mts de distancia horizontal, ni los 120 mts de distancia vertical AGL.

Dentro de las limitaciones, también tenemos el tipo y peso de la aeronave, las zonas de vuelo, el tráfico aéreo, la legislación vigente y los riesgos aplicados al vuelo.

## Seguridad

En el tema seguridad, inciden varios factores como la planificación, la valoración y determinación de riesgos, las acciones a tomar para mitigarlos, la seguridad del piloto y la de terceras personas, la seguridad de la aeronave y del equipamiento empleado, el estado de salud de las personas involucradas en la tarea, el respeto por las áreas y lugares que no permiten el vuelo de drones, el respeto por la propiedad ajena y las personas, el cuidado del medio ambiente y cuidado y respeto por los animales y plantas.

## Factores humanos

Al principio de este manual, decíamos que *dentro de los errores y fallas más comunes, se encuentra en primer lugar el factor humano, y que esto se debe a que los operadores y/o pilotos, usualmente incurren en determinadas situaciones y comportamientos de vuelo que facilitan la generación de accidentes o comportamientos no deseados de la aeronave.*

Si bien muchos equipos empleados hoy en día, evitan y/o corrigen estos comportamientos en la medida de lo posible, lo ideal es directamente no incurrir en ellos.

De aquí se desprenden varios puntos a tener en cuenta, como son la conciencia situacional, la carga de trabajo, el estado de salud, los errores y la buena comunicación.

### Conciencia situacional

Ante toda tarea, es condición determinante tener una buena conciencia situacional, en el caso del vuelo de una aeronave, es más importante aún.

Esto se da por el simple hecho de que no sólo hay que tener en cuenta la situación en la que uno se encuentra, sino que también hay que estar conciente de la situación de la aeronave en movimiento.

No menos importante, es tener en cuenta a la gente que nos rodea, ya sea alrededor del piloto, como en las cercanías de la aeronave.

### Carga de trabajo

Como en todo trabajo o tarea, el ser humano tiene límites de carga horaria, esto se rige en función de la tarea a desempeñar, los riesgos implicados, la tarea específica, etc.

En el caso de un piloto de aeronave no tripulada, hay que hacer especial énfasis en todo esto, ya que es fundamental estar descansado, con la mente despejada y en condiciones óptimas para poder desempeñar un vuelo correcto, seguro y en cumplimiento con todas las normas.

### Estado de salud

Si bien aún no hay un examen de salud específico para un piloto de aeronaves no tripuladas, es coherente contar con el carné de salud básico de trabajo.

Este nos asegura que no padecemos de enfermedades o anomalías de salud, que puedan interferir o impedir, el correcto desempeño como piloto u operador de aeronaves no tripuladas, y nos brinda a su vez, la seguridad de que durante el vuelo, sean mínimos los riesgos de padecer cualquier clase de problema que deje la aeronave sin control.

También dentro de este punto, es obvio destacar que no es posible realizar vuelos estando deteriorados de salud, ya sea por enfermedades o accidentes, o estando en recuperación por diferentes motivos.

### Errores y comunicación

Como todo ser humano, el piloto de aeronaves no tripuladas está proclive a cometer algún error en algún momento de la operativa de vuelo.

Para minimizar este riesgo, hay diversas acciones a llevar adelante, ya sea algo tan sencillo como no distraerse, a algo más complejo como entrenar y volar seguido la aeronave.

También se pueden llevar adelante procedimientos para mitigar posibles errores, como anotar las pautas de vuelo, ensayar previamente el recorrido previsto, utilizar checklist, no volar solo, estar atento a los factores externos a la aeronave, etc.

No menos importante, es mantener una buena comunicación entre el piloto y posibles acompañantes y/ ayudantes. A su vez, las vías de comunicación deben ser eficientes y claras, no dando lugar a dudas ni malas interpretaciones. Por ejemplo, algo tan sencillo como imprimir los checklist y planificaciones, y no escribir a mano, facilita la tarea y evita errores por parte de terceros.

## Prevención de accidentes

Dentro de la prevención de accidentes, tenemos varios puntos a estudiar, ya que para prevenir y evitar accidentes hay que llevar adelante diversos procedimientos, tales como el estudio del medioambiente, la valoración de riesgos, la prevención propiamente dicha, procedimientos atenuantes y medidas a tomar en caso de emergencia.

### Estudio del medioambiente

Dentro de la planificación de vuelo, habíamos visto que la zona de vuelo, los escenarios y los obstáculos, incidían firmemente en la determinación de riesgos.

Dentro de la seguridad también vimos que el cuidado y respeto por los animales y vegetación son muy importantes, como así también las plantaciones, cultivos y propiedad ajena.

Ahora, dentro del cuidado y respeto por el medio ambiente, veremos que es primordial entender, que existen lugares para la cría de aves, corredores de aves migratorias, pantanales y lagunas que son muy importantes para diversas especies, y que hay que respetar e intentar no alterar o interrumpir.

Así como hay lugares que son reservas de flora y fauna (y su acceso es restringido), también hay lugares que no son reservas pero deben ser cuidados y mantenidos de la misma manera, ya que la diversidad de especies es lo que mantiene sano un ecosistema y el medio ambiente.

A veces, los vuelos a escasa altura en estos lugares, interrumpen el normal desarrollo de la vida de las especies que allí residen, como así también el simple hecho de trasladarnos nosotros y nuestros equipos hasta esos lugares. Es fundamental estudiar e informarnos previamente, antes de asistir a estas zonas, ya que de esta manera, podremos reducir drásticamente el impacto sobre la flora y fauna autóctona del lugar. No menos importante, es mantener el lugar en las mismas condiciones en la que llegamos, sin dejar rastros de suciedad, desperdicios, y menos que menos baterías y/o algún otro contaminante.

### Valoración de riesgos y prevención

La valoración de riesgos, va de la mano de la planificación y la operativa de vuelo, y saber captar y valorar los mismos, hace la diferencia en la implementación de procedimientos atenuantes.

Como vimos anteriormente, los riesgos pueden ser clasificados como intolerables, tolerables y aceptables, y la idea básica, es mantener los mismos dentro de lo aceptable.

Para poder lograr esto, hay que saber valorar los incidentes que podrían llegar a ocurrir en determinados escenarios, que probabilidades existen que ocurra algo inesperado durante el vuelo, que consecuencias tendrían y cómo podríamos solucionar (o en el peor de los casos), mitigar estas situaciones.

La prevención de estos riesgos, nos genera la seguridad y confianza necesarias para poder volar tranquilos, con la conciencia situacional enfocada en el vuelo y su operativa, y realizando las tareas planificadas.

Dentro de la prevención podemos destacar acciones como no exigir las baterías, cargarlas adecuadamente, volar en condiciones normales, estar atentos a la aeronave y su telemetría, ser conscientes de la geografía y el medioambiente, prestar atención a la tarea específica, recordar los principios básicos de la aerodinámica, conocer las debilidades de nuestra aeronave, estar al tanto de la meteorología, respetar los procedimientos aeronáuticos, cumplir con la legislación vigente, contar con botiquín de primeros auxilios, etc.

### Procedimientos atenuantes

Son procedimientos específicos, para llevar a cabo ante un percance, una falla o un accidente, y nos permiten evitar problemas mayores a que si no los implementáramos.

Un claro ejemplo de este tipo de procedimientos, es estar atentos a una falla de batería en vuelo, caso en el cual una de las celdas de una batería de LiPo falla y la aeronave experimenta una fuerte pérdida de potencia y tiempo de vuelo. Si tenemos una conciencia situacional correcta, sabremos cual es el lugar más cercano y seguro para aterrizar nuestra aeronave, o en el caso de que se pueda, hacerla retornar al punto de partida.

Otro ejemplo de esta clase de medidas, es cuando por motivos ajenos a nosotros, se pierde contacto entre el control remoto y la aeronave, si fuimos prevenidos, ya marcamos el RTH previamente, y en el mejor de los casos, intentaremos mejorar el contacto subiéndola rápidamente a un punto más elevado, o intentando elevar la aeronave o disminuyendo su distancia entre ella y el control.

### **Medidas de emergencia**

Una emergencia, acapara una multitud de hechos que pueden ser más o menos graves para nosotros, terceros o la aeronave en sí. Va en la prevención, la valoración de riesgos, la conciencia situacional, los procedimientos atenuantes y la seguridad del piloto, llevar a cabo medidas de emergencia para solventar estos incidentes. Si bien hay emergencias catastróficas como la falla total de una batería en vuelo, estas no son para nada usuales y aún así se pueden prevenir dentro de ciertos parámetros.

Un caso típico de emergencia, es cuando nuestra aeronave incurre en un “Fly away” (o deriva incontrolable), por la cual pareciera que no responde a nuestros mandos y el desenlace usualmente es el choque o pérdida. En estos casos se pueden llevar a cabo medidas de emergencia, como volar en modo manual, elevar la aeronave, intentar contrarrestar la deriva, descender lentamente, describir círculos o reaccionar más concretamente. Este tipo de fallas, usualmente se da por problemas en la interpretación de datos de la brújula, la IMU, o más sensores de la aeronave por parte de la controladora de vuelo.

Otro ejemplo de emergencia, ocurre cuando nuestra aeronave ingresa a una inversión térmica, siendo arrastrada si control por el viento de altura (el cual supera las características del equipo), o teniendo serias dificultades por turbulencias o cizalladura del viento.

En estos casos, medidas de emergencia como descender rápidamente, elevarse aún más, o en algunos casos alejar la aeronave rápidamente, mitigan rápidamente estas situaciones, salvando la aeronave y el vuelo.

También pueden ocurrir situaciones tales, que más allá de haber cumplido con la prevención y valoración de riesgos, se den aunque no hayamos cometido ningún error. Un caso puede ser que por más que hubiésemos prestado atención a la meteorología, se dé un cambio repentino en la dirección e intensidad del viento, impidiendo a nuestra aeronave retornar o peor aún, alejándola sin posibilidad de retorno.

En estos casos la planificación y la conciencia situacional juegan un gran papel, ya que si estudiamos previamente la zona de vuelo, sabremos donde poder descender nuestra aeronave de forma segura, para luego poder ir a recuperarla. En el mejor de los casos, también podremos corregir esta situación si tenemos claro a qué se debe el cambio en el viento, si es pasajero o no, y si cambiando de rumbo o altura, podemos salir de este problema.

# Reglamentación actual

En Uruguay, existen varias reglamentaciones, legislaciones y normativas vigentes, que regulan el uso de aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo nacional, (RAU 91).

Dentro del código aeronáutico, se aplican los artículos 122, 200, 202, 207 y 211 a 216.

También el decreto 291/14, y de acuerdo a lo que dice, también hay que dar cumplimiento a los decretos 39/977 de 31 de enero de 1977 y 314/994 de 5 de julio de 1994.

**Artículo 122.** (Concepto). Servicio de trabajo aéreo es aquel efectuado mediante utilización de aeronaves con carácter remunerado y no comprendido en el capítulo anterior. Para la prestación de estos servicios se estará a lo que establezca la reglamentación.

**Artículo 200.** (Peligro para el hecho aviatorio y extremos vinculados a éste).- El que de cualquier manera realizara actos que engendraren peligro para la seguridad de una aeronave, aeródromo o aeropuerto o pudiera detener o entorpecer la circulación aérea, será castigado con la pena de diez meses de prisión a seis años de penitenciaría. Cuando del hecho derivara un accidente, la pena será de dos a ocho años de penitenciaría. Si se causare lesión a una o varias personas la pena será de tres a quince años de penitenciaría; y si se ocasionare la muerte de una o varias personas, la pena será de diez a veinticinco años de penitenciaría. La misma pena se aplicará en supuestos en que el mismo hecho causare como resultado uno o varios lesionados o muertos.

**Artículo 202.** (Ilegitimidades en la conducta aviatoria).- Comete delito el que:

1º Condujere una aeronave a la que no se hubiera extendido el certificado de aeronavegabilidad correspondiente.

2º Condujere una aeronave, transcurridos seis meses desde el vencimiento de su certificado de aeronavegabilidad.

3º Condujere una aeronave que se encontrara inhabilitada por no reunir los requisitos mínimos de seguridad.

4º Eliminare o adulterare marcas de nacionalidad o de matrícula de una aeronave y el que a sabiendas la condujere luego de su eliminación o adulteración.

5º A sabiendas, transportare o hiciere transportar cosas peligrosas para la seguridad de la navegación en una aeronave, sin cumplir las disposiciones reglamentarias; y lo cometiere igualmente, el comandante o las personas a cargo del control de los vuelos que a sabiendas, condujeren una aeronave o autorizaren el vuelo en dichas circunstancias. Los hechos descriptos en los numerales 1º, 2º y 3º serán castigados con pena de multa de \$ 50.000 (cincuenta mil pesos) a \$ 5.000. (cinco millones de pesos) y los restantes con pena de tres a veinticuatro meses de prisión. Si a consecuencia de cualesquiera de los hechos descriptos, sobrevinieran accidentes a la aeronave o daños materiales, la pena será de seis meses de prisión a cuatro años de penitenciaría. Si resultare lesión de una o varias personas, la pena será de veinticuatro meses de prisión a seis años de penitenciaría; si se ocasionara la muerte de una o varias personas, la pena será de cinco a quince años de penitenciaría. Idéntica pena se aplicará en supuestos en que el mismo hecho causara uno o varios resultados conjuntos de lesión y muerte.

**Artículo 207.** (Vuelo en zonas prohibidas).- El que con una aeronave, atravesare en forma clandestina o fraudulenta la frontera por lugares distintos a los establecidos por la autoridad aeronáutica o intencionalmente se desviare de las rutas aéreas fijadas para entrar y salir del país, será castigado con la pena de seis a veinticuatro meses de prisión.

**Artículo 211.** (Gastos de inspección).- Los gastos que demande a la autoridad aeronáutica la inspección, habilitación, examen, peritaje y demás verificaciones que realice a requerimiento de personas de derecho público o privado, serán de cargo del requirente. Este deberá anticipar las sumas que determine el arancel aprobado por el Poder Ejecutivo a propuesta de la autoridad aeronáutica.

**Artículo 212.** (Aeronave utilizada para cometer presuntas infracciones aduaneras).- En caso de detención, incautación o hallazgo de una aeronave utilizada para cometer una presunta infracción fiscal aduanera, el Juez competente ordenará, en la providencia inicial del proceso, se libre comunicación sin más trámite, al Comando General de la Fuerza Aérea.

**Artículo 213.** (Procedimiento).- Dentro de los treinta días de recibida la comunicación a que refiere el artículo precedente, el Comando General de la Fuerza Aérea dictaminará sobre el estado de la aeronave, las posibilidades de su eventual utilización y en caso afirmativo, si la misma sería destinada a sus servicios o a los de la Dirección General de Aviación Civil. Si del mencionado dictamen resultare la necesidad o conveniencia públicas de la conservación y empleo de la aeronave, el Juez ordenará su entrega inmediata a la autoridad destinataria. Cumplida la diligencia a que se refiere el párrafo anterior, el Juez decretará la tasación de la aeronave, designando a tales fines perito único, con noticia de las partes.

**Artículo 214.** (Utilización y tratamiento de la aeronave incautada).- El Comando General de la Fuerza Aérea o la Dirección General de Aviación Civil en su caso, podrá utilizar la aeronave y adoptar todas las medidas necesarias para su utilización y mantenimiento hasta que quede ejecutoriada la sentencia definitiva en el proceso aduanero correspondiente.

## Decreto 291/14

### VISTO:

Que el avance de la tecnología ha dado lugar a la proliferación en el uso por parte de la población general de un conjunto heterogéneo de dispositivos aéreos operados a distancia para la realización actividades recreativas y/o comerciales bajo las más diversas denominaciones tales como "drones", UAV, etc.

### RESULTANDO:

- I) Que el uso indiscriminado de dichos dispositivos puede llegar a comprometer la seguridad de la actividad aeronáutica en nuestro país.
- II) Que compete a la Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica garantizar los niveles adecuados de Seguridad Operacional en la República Oriental del Uruguay.
- III) Que las actividades aéreas de carácter comercial o las que implican el uso de dispositivos de filmación, fotográfico u otro tipo de sensores se encuentran especialmente reguladas en nuestro país.

### CONSIDERANDO:

- I) Que la Organización de Aviación Civil Internacional tiene previsto emitir normas y métodos recomendados (SARPS) para este tipo de actividad a partir del año 2018.
- II) Que a nivel regional el LAR 91 Operación de Aeronaves, refiere única y concretamente a "Aeronave pilotada a distancia (RPA)", realizando referencias a los mismos en los Apéndices K y M respecto de los requisitos para utilizar estas aeronaves, no estando contemplados otros tipos de dispositivos.
- III) Que al tratarse de una tecnología nueva, en nuestro país no existe la experiencia ni antecedentes suficientes que permitan una regulación detallada de dicha actividad.
- IV) Que por tanto es necesario establecer un ordenamiento básico para esta actividad que garantice niveles aceptables de Seguridad Operacional en el territorio nacional, así también como un adecuado cumplimiento de la normativa vigente sobre aspectos administrativos, técnicos y comerciales que la misma involucra.

### ATENCIÓN:

A lo expuesto y a lo dispuesto en el Art. 122 de la ley 14305, Art. 4 de la ley 18619 y en los Decretos 39/977 y 314/994 y RAU 91.

## EL DIRECTOR NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA RESUELVE:

1. Los Dispositivos Aéreos Operados a Distancia, cualquiera sea su denominación comercial o común se clasifican en
  - a. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, de hasta 25 kg de peso de lanzamiento.
  - b. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos, de más de 25 kg de peso de lanzamiento y hasta 260 kg de peso vacío inclusive.
  - c. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Mayores, o Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), de más de 260 kg de peso vacío.
2. Para todos los dispositivos se prohíbe salvo autorización expresa de la Autoridad Aeronáutica:
  - a. el transporte de pasajeros.
  - b. las operaciones internacionales.
  - c. el vuelo en áreas prohibidas o restringidas
  - d. el vuelo sobre áreas pobladas o concentraciones de personas.
  - e. el vuelo en zonas de tráfico de aeropuertos y aeródromos.
3. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación
  - a. No requieren:
    - i. Registro.
    - ii. Certificado de Aeronavegabilidad.
    - iii. Licencia, autorización o permiso para el operador.
  - b. No podrán operar:
    - i. En espacios aéreos controlados o en la zona de tráfico de aeródromos, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).
    - ii. Por encima de 120 m AGL.
    - c. La operación se realizará en todos los casos en condiciones VMC y en línea directa de vista.

**4. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos dedicados exclusivamente al deporte o la recreación:**

- a. Deberán inscribirse en un registro técnico a ser llevado por la Dirección de Seguridad Operacional.
- b. No se les asignará matrícula, sino un número correlativo iniciando por el 1 (uno) el que deberá lucir visible en los laterales y en la superficie superior e inferior del dispositivo.
- c. No se extenderá Certificado de Aeronavegabilidad.
- d. Para su operación no se requerirá Licencia Aeronáutica. En su lugar el Departamento de Personal Aeronáutico Operado a Distancia" una vez que el interesado, mediante un examen teórico-práctico demuestre ante la DINACIA:
  - i. Conocimientos básicos de Normativa Aeronáutica, incluyendo, por lo menos la A.I.P. Uruguay y la presente Resolución,
  - ii. Pericia de vuelo; y
  - iii. Resolución de situaciones de emergencia.
- e. Podrán operar únicamente en condiciones VMC, no pudiendo hacerlo en espacios aéreos controlados o en zona de tráfico de aeródromos, ni por encima de 120 m. AGL, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo) y de acuerdo a las coordinaciones y procedimientos que se establezcan para el caso concreto

**5. Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) de más de 260 kg de peso vacío, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación.**

- a. Son aeronaves y deberán dar cumplimiento a la normativa nacional aplicable, además de lo expresamente previsto en la presente Resolución.
- b. Para su operación se deberá poseer licencia aeronáutica, además del "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia" el que será extendido una vez que el titular de una licencia aeronáutica y mediante un examen práctico, demuestre ante la DINACIA:
  - i. Pericia de vuelo; y
  - ii. Resolución de situaciones de emergencia.
- c. Podrá operar en aquellos espacios aéreos que le permita su equipamiento de a bordo, únicamente en condiciones VMC y siempre que el operador tenga enlace radial efectivo con la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).

**6. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos y Sistema de Aeronaves Pilotada a Distancia (RPAS) utilizados en actividades remuneradas.**

- a. La utilización de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos o de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), en actividades remuneradas de cualquier tipo se consideran incluidas en lo dispuesto en el Art. 122 "Trabajos Aéreos" del Código Aeronáutico Uruguayo, debiéndose dar cumplimiento a los Decretos Nros 39/977 de 31 de enero de 1977 y 314/994 de 5 de julio de 1994.
- b. El interesado deberá contar con seguro de responsabilidad civil o seguro aeronáutico en el caso que se trate de aeronaves.
- c. En este tipo de operación, incluso cuando la misma se realice únicamente con Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, los operadores deberán contar con el "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia"; sin perjuicio de la correspondiente licencia aeronáutica para el caso de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS).
- d. Hasta tanto se establezca la reglamentación definitiva y los procesos de certificación correspondientes, la Dirección de Seguridad Operacional determinará para cada caso concreto, las condiciones específicas de operación que garanticen niveles aceptables de Seguridad Operacional, las que serán debidamente notificadas al interesado previo al efectivo inicio de las actividades.

**7. El incumplimiento de lo dispuesto en la presente Resolución dará lugar a la intervención de la Junta de Infracciones y a la eventual aplicación de las sanciones administrativas aeronáuticas correspondientes.****8. Remítase copia de la presente al Director General de Aviación Civil, Dirección de Seguridad Operacional, Dirección de Transporte Aéreo Comercial para su conocimiento, cumplimiento y notificación en las áreas pertinentes****9. Remítase copia de la presente al Director General de Infraestructura Aeronáutica para su conocimiento y notificación a las áreas involucradas.****10. Remítase copia de la presente a la Junta de Infracciones y a la Asesoría de Normas Técnico-Aeronáuticas.****11. Cúrese comunicación de la presente a la Junta Nacional de Aviación Civil.****12. Por Secretaría Reguladora de Trámites efectúese la publicación de la presente en el Diario Oficial****13. Publíquese en el sitio web oficial [www.dinacia.gub.uy](http://www.dinacia.gub.uy).****14. Cumplido archívese.**

## Decreto 39/977 del 31 de enero de 1977

Artículo 13º. (Solicitud de empresas nacionales).-

Las empresas nacionales interesadas en la prestación de los servicios a que se refiere el presente Capítulo, deberán presentar su petición ante la Dirección General de Aviación Civil, ajustándose a las formalidades y requisitos establecidos por el artículo 100º y concordantes del decreto 640/973 de 8 de agosto de 1973, además serán establecidos los siguientes datos acompañándose los documentos que los acrediten:

**1) Individualización de la peticionante**

**A) Cuando se trate de personas físicas:**

- a) Nombre y apellidos, domicilio real y constituido al efecto, cédula de identidad y departamento de su expedición, credencial cívica o carta de ciudadanía en su caso;
- b) Nombre de la empresa
- c) Certificado de la matrícula de comerciante
- d) Nacionalidad, si es residente permanente, fecha de la autorización; si es ciudadano legal, fecha del otorgamiento de la ciudadanía y número de la carta así como ciudadanía anterior y tiempo de residencia en el país.

**B) Cuando se trate de sociedades personales:**

- a) Nombre y domicilio de la sociedad
- b) Copia certificada de la escritura de la constitución y de inscripción
- c) Certificado de la matrícula de comerciante
- d) Nombre y apellidos, estado civil y domicilio real de cada socio
- e) Nacionalidad de cada socio
- f) Capital con que cada socio participa en la empresa

**C) Cuando se trate de una sociedad de capital:**

- a) Nombre y domicilio de la sociedad
- b) Copia certificada de la escritura de la constitución y su inscripción
- c) Certificado de la matrícula de comerciante
- d) Nombre, apellidos, domicilios reales y nacionalidades del Presidente, Gerente o representante legal y demás miembros directivos;
- e) Capital autorizado, suscrito e integrado, certificado por la Inspección General de Hacienda, número y clase de las acciones emitida y por emitirse; formas y condiciones de la emisión de las acciones;
- f) Nombres, apellidos, nacionalidad, ocupación y domicilio real de cada una de las personas físicas poseedoras de acciones, indicando el número y clase de éstas y el capital que representan;
- g) Las sociedades de capital en formación podrán presentar su petición estableciendo los datos y acompañando los documentos que los acrediten exigidos en este literal en lo pertinente, y deberán complementarlos en su totalidad dentro del plazo establecido en el artículo 21º de esta Reglamentación.

**2) Relaciones financieras e intereses en otras empresas que realicen actividad comercial aeronáutica, (Artículo 2º) o estén vinculadas a éstas.**

**3) Situación financiera de la peticionante**

**4) Naturaleza del servicio propuesto (interno e internacional, regular o no regular, de pasajeros, carga, correo o mixto).**

**5) Alcance del servicio (puntos a servir; base o bases de operación).**

**6) Cuadro de rutas**

**7) Aeronaves a utilizarse (características técnicas, costos, régimen jurídico de utilización), formulario 136.**

**8) Tarifas propuestas (base en que se funda su determinación).**

**9) Constitución de la garantía en la forma y condiciones que establece el artículo 32º de esta Reglamentación.**



## Decreto 314/994 del 5 de julio de 1994

Montevideo, 5 de julio de 1994.

### VISTO:

Las normas sobre Procedimiento para el transporte y uso de aparatos fotográficos y filmadores sobre territorio nacional y sus aguas jurisdiccionales, así como las que controlan la revelación y la obtención de copias del mismo, aprobada por Decreto 21.409/952 de 4 de julio de 1952, con las modificaciones dispuestas por el Decreto 23.077/953 de 20 de noviembre de 1953 y el Decreto 23.851/955 de 20 de mayo de 1955.

### CONSIDERANDO:

Que el Comando General de la Fuerza Aérea estima necesario adecuar el Procedimiento referido en el VISTO a la normativa vigente, a la actual estructura orgánica de la Fuerza Aérea y a los medios técnicos actuales de registración para un más eficaz ejercicio del cometido de Policía Aérea Nacional.

### ATENTO:

A lo establecido por el artículo 35 del Decreto-Ley 14.157 de 21 de febrero de 1974, literal D) del artículo 5 y artículo 21 del Decreto-Ley 14.747 de 28 de diciembre de 1977, artículos 9, 17, 24 y 209 del Código Aeronáutico, aprobado por el Decreto-Ley 14.305 de 29 de noviembre de 1974 y a lo informado por la Asesoría Letrada del Ministerio de Defensa Nacional.

### EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DECRETA:

#### Artículo 1

El régimen para la obtención de los permisos para efectuar un registro con cualquier tipo de sensor aerotransportable, así como procesar dicho material en el territorio nacional y sus aguas jurisdiccionales se regulará por el siguiente procedimiento: "Procedimientos para el transporte y uso de sensores aerotransportables en el espacio aéreo en el territorio nacional y sus aguas jurisdiccionales".

### CAPITULO I ZONAS DE VUELO PROHIBIDO

#### Artículo 1-1

1º.- Para efectuar un registro con cualquier tipo de sensor aerotransportable en zonas de vuelo prohibido (artículo 24 del Código Aeronáutico, aprobado por el Decreto-Ley 14.305 de 29 de noviembre de 1974), deberá solicitarse y obtenerse la previa autorización del Ministerio de Defensa Nacional, por intermedio de la Dirección General de Aviación Civil.

#### Artículo 1-2

2º.- La solicitud se presentará por lo menos con cinco días de antelación a la fecha en que se proyecte efectuar el registro, salvo caso de emergencia debidamente justificado. La autorización tendrá vigencia por el término de cinco días a partir de la aprobación de la misma. La solicitud deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- A- Los establecidos por el artículo 119 del Decreto 500/991 de 27 de setiembre de 1991, en lo pertinente.
- B- Nombre y domicilio del gestionante, número de cédula de identidad o serie y número de credencial cívica.
- C- Finalidad del trabajo (propaganda, cinematografía, relevamiento, etc.).
- D- Para quien o quienes se efectuará el mismo (con indicación de nombre y domicilio).
- E- Fecha de iniciación de los vuelos y duración aproximada de los mismos.
- F- Aeronaves a utilizar, con indicación de matrícula.
- G- Tripulación completa de las mismas (Piloto, mecánico, fotógrafo, etc.), indicando los números de las licencias respectivas.
- H- Descripción de clase y tipo del sensor a utilizar, así como todo dato que permita su individualización y apreciación exacta.
- I- Zona, objeto o lugar a registrar, indicados en forma precisa y delimitada su ubicación exacta, adjuntándose un croquis aclaratorio de todo ello.
- J- Indicar tipo y escala del registro si correspondiere.

#### Artículo 1-3

3º.- Resuelta favorablemente la solicitud, previa anuencia del Comando General de la Fuerza Aérea, se remitirán los antecedentes a dicho Comando General, el que indicará el aeródromo de partida y llegada y adoptará las medidas que juzgue necesarias o convenientes para mantener durante el vuelo el control de la aeronave utilizada. Finalizado el vuelo el equipo empleado será conducido directamente al Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales de la Fuerza Aérea o al laboratorio que previamente haya sido autorizado para efectuar el proceso del material registrado, previo precintado del mismo.

**Artículo 1-4**

4º.- En todos los casos el Comando General de la Fuerza Aérea Uruguaya podrá designar un representante que acompañe al gestionante durante la realización del vuelo. El gestionante tendrá la obligación de facilitar todo lo necesario para el cumplimiento del contralor respectivo.

**Artículo 1-5**

5º.- En las escalas previstas o eventuales los equipos y el material de registro, quedarán a disposición exclusiva del representante de la Fuerza Aérea Uruguaya durante el tiempo que duren las mismas en su caso.

**Artículo 1-6**

6º.- El proceso del material registrado se hará en dependencias del Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales o en el que éste indique o autorice, con presencia de un representante de aquel órgano.

**Artículo 1-7**

7º.- Examinando el material registrado y ya procesado se actuará de la siguiente manera:

A- Se entregará al gestionante el material que no ofrezca observaciones.

B- En caso que el material ofrezca observaciones, será remitido al Comando General de la Fuerza Aérea para que dicte la Resolución que estime corresponder.

C- En todos los casos una reproducción de dichos registros quedarán en dependencias del Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales, como propiedad del Ministerio de Defensa Nacional.

**Artículo 1-8**

8º.- Cuando el Comando General de la Fuerza Aérea estime que no debe entregarse el material registrado (procesado o no) a los interesados, estos no tendrán derecho a reclamo o indemnización alguna.

**Artículo 1-9**

9º.- En la solicitud respectiva, el interesado debe dejar constancia de que conoce y acepta la presente reglamentación y que se obliga a proceder estrictamente de acuerdo a la misma.

**CAPITULO II ZONAS DE VUELO LIBRES**

**Artículo 1-10**

10º.- El transporte o utilización de equipos o material de registro a bordo de aeronaves, en las zonas de vuelo libre será regido por las disposiciones de este Capítulo.

**Artículo 1-11**

11º.- Las personas físicas o jurídicas podrán ejercer actividades de registro aéreo, previa inscripción en el "Registro de Operadores de Sensores Aeroespaciales", que llevará la Dirección General de Aviación Civil, la que otorgará las licencias correspondientes, que serán renovables anualmente, sin perjuicio de su suspensión o cancelación en cualquier momento, por causas fundadas.

Para inscribirse en dicho Registro, deberá cumplirse con los siguientes requisitos:

A- Las personas que intervengan en actividades de registro aéreo deben ser personas o empresas nacionales, incluso el Personal Navegante, Operadores y Técnicos, excepto en los casos en que expresamente se exima del cumplimiento de este requisito. Si se tratara de empresas, la mayoría de sus directores deberán poseer la calidad indicada en el párrafo anterior.

B- Poseer reconocida responsabilidad moral y capacidad técnica para desarrollar las actividades mencionadas a criterio de la Dirección General de Aviación Civil.

**Artículo 1-12**

12º.- Los permisos para la realización de los registros aéreos solicitados por las personas inscriptas en el Registro mencionado, deberán cumplir los siguientes requisitos:

A- Los establecidos por el artículo 119 del Decreto 500/991 de 27 de setiembre de 1991, en lo pertinente.

B- Número de cédula de identidad o serie y número de credencial cívica.

C- Finalidad del trabajo (propaganda, cinematografía, relevamiento, etc.).

D- Para quien o quienes se efectuará el mismo (con indicación de nombre y domicilio).

E- Fecha de iniciación de los vuelos y duración aproximada de los mismos.

F- Aeronaves a utilizar, con indicación de matrícula.

G- Tripulación completa de las mismas (Piloto, mecánico, fotógrafo, etc.), indicando los números de las licencias respectivas.

H- Descripción de clase y tipo del sensor a utilizar, así como todo dato que permita su individualización y apreciación exacta.

I- Zona, objeto o lugar a registrar, indicados en forma precisa y delimitada su ubicación exacta, adjuntándose un croquis aclaratorio de todo ello.

J- Indicar tipo y escala del registro si correspondiere.

K- Presentarse con antelación no menor de 5 días a la fecha en que se tenga el propósito de realizar el vuelo, salvo caso de emergencia debidamente justificado.

L- Indicación de la fecha de realización del vuelo. La autorización tendrá vigencia por el término de 5 días a contar de otorgada la misma

LL- Determinación de la zona del país en que el vuelo se realizará, objetivo a fotografiar y finalidad de los trabajos.

M- Matrícula de la aeronave, nómina del Personal Navegante, del Operario y del Personal Auxiliar.

Los permisos a que refiere este artículo serán tramitados y concedidos por la Dirección General de Aviación Civil.

Una vez otorgado el permiso y antes de realizarse los vuelos correspondientes, dicha Dirección pondrá en conocimiento del Comando General de la Fuerza Aérea sobre el otorgamiento de dicho permiso y sus condicionantes.

#### Artículo 1-13

13º.- La Fuerza Aérea Uruguaya en ejercicio del cometido de Policía Aérea, adoptará las medidas necesarias para fiscalizar que el vuelo se realice en las condiciones y dentro de las zonas autorizadas, pudiendo esta medida comprender el envío de un representante. El equipo a utilizarse será debidamente fiscalizado antes de la iniciación del vuelo, sellándose los almacenes que contengan el material de registro correspondiente. Si se comprobara que las imágenes o registros obtenidos no corresponden bajo algún aspecto a la autorización concedida o abarcan cualquiera de las zonas previstas en el artículo 24 del Código Aeronáutico se incautará del material de primera generación y se remitirá al Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales sin perjuicio de las responsabilidades emergentes. La Fuerza Aérea en ejercicio del cometido de Policía Aérea Nacional, tendrá competencia para efectuar las verificaciones y tomar las medidas necesarias a los efectos de lo establecido en el párrafo anterior.

Los decolajes y aterrizajes se efectuarán en los aeródromos que en cada caso determine la Dirección General de Aviación Civil.

#### Artículo 1-14

14º.- Cuando se trate de la ejecución de registros aéreos, que impongan la realización de vuelos en el país por personas inscriptas en el Registro respectivo y con la licencia en vigencia, la Dirección General de Aviación Civil queda facultada para otorgar las autorizaciones pertinentes, por intermedio de sus delegados en los aeródromos correspondientes, siempre que exista la posibilidad de cumplir los requisitos y las medidas de fiscalización determinados en los numerales anteriores.

#### Artículo 1-15

15º.- La Dirección General de Aviación Civil, podrá conceder autorizaciones precarias para la obtención de imágenes o registros en zonas de vuelo libre, a personas que soliciten los permisos respectivos y llenen las condiciones de carácter general establecidas en esta reglamentación.

### **CAPITULO III ARANCELES Y SANCIONES**

#### Artículo 1-16

16º.- El Poder Ejecutivo fijará a propuesta de la Dirección General de Aviación Civil, los aranceles a regir por concepto de inscripciones en el "Registro de Operadores de Sensores Aeroespaciales" y expedición de licencias.

#### Artículo 1-17

17º.- Las contravenciones a lo dispuesto por la presente Reglamentación serán sancionadas en la forma prevista en el Título XVI del Código Aeronáutico, sin perjuicio de dar la intervención correspondiente a la Justicia Ordinaria, en caso de que la infracción configure un delito.

#### Artículo 2

El Comando General de la Fuerza Aérea emitirá el respectivo Manual de Procedimiento Interno.

#### Artículo 3

Derógase el Decreto 21.409/952 del 4 de julio de 1952, y las modificaciones dispuestas por el Decreto 23.077/953 del 20 de noviembre de 1953 y el Decreto 23.851/955 del 20 de mayo de 1955.

#### Artículo 4

Comuníquese, publíquese y archívese.

Así mismo, también se aplican los capítulos 5º y 6º del AIP, el apéndice M del Reglamento Aeronáutico Latinoamericano (LAR 91), la circular 328 AN/190 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), referente específicamente a sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS por sus siglas en inglés), y el documento 10019 de la OACI de marzo de 2015.