

A silhouette of a helicopter is shown on a field at sunset. The helicopter is positioned in the center-left of the frame, facing right. The background is a bright orange and yellow sky, with a dark treeline visible in the distance. The ground is a flat, open field.

# **AERONÁUTICA Y TIPOS DE AERONAVES**

# PRINCIPIOS DEL VUELO

Un helicóptero es una aeronave que es sustentada y propulsada por 1 ó 2 rotores horizontales, cada uno formado por dos o más palas. Están clasificados como aeronaves de ala giratoria pues los helicópteros crean su sustentación con las palas que rotan alrededor de un eje vertical

La principal ventaja de los helicópteros viene dada por el rotor, que proporciona sustentación sin que la aeronave se esté desplazando, lo que le permite realizar despegues y aterrizajes verticales sin necesidad de pista. Por esta razón, los helicópteros se pueden usar en zonas congestionadas o aisladas.

La sustentación del rotor hace posible que pueda mantenerse volando en una zona de forma mucho más eficiente y pudiendo realizar tareas que una aeronave de ala fija no podría.

# PRINCIPIOS DEL VUELO

La sustentación de las máquinas capaces de volar se realiza por medio de superficies llamadas alas. La capacidad de las alas para generar una sustentación se basa en el principio de Bernoulli y el efecto Venturi.

- **Bernoulli:** Estudió los fluidos y llegó a la conclusión de que su energía es constante, y a mayor velocidad, menor presión.
- **Efecto Venturi:** Al hacer pasar un fluido por un estrechamiento, la velocidad aumenta y la presión disminuye.

# PRINCIPIOS DEL VUELO



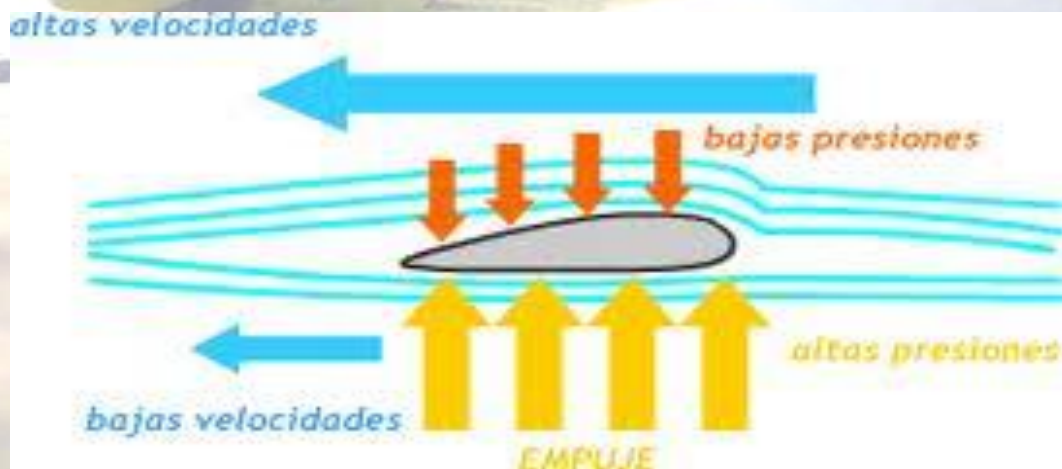
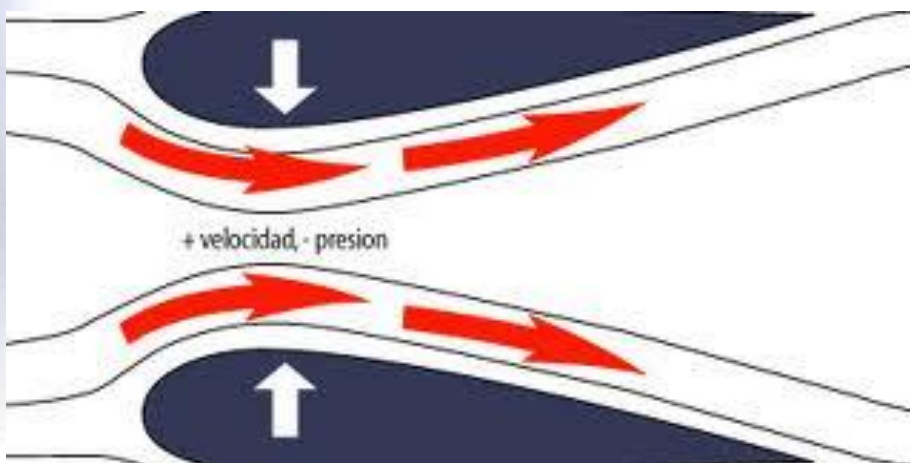
PERFILES. TERMINOLOGÍA



# PRINCIPIOS DEL VUELO



# PRINCIPIOS DEL VUELO



# PRINCIPIOS DEL VUELO

- ALA: Cuerpo aerodinámico que al desplazarse por el aire a una velocidad ( $V$ ) genera una diferencia de presión entre el intradós y extradós, produciendo así un empuje vertical y hacia arriba opuesto al peso de la aeronave. Esta fuerza aerodinámica se denomina sustentación ( $F_n$ )



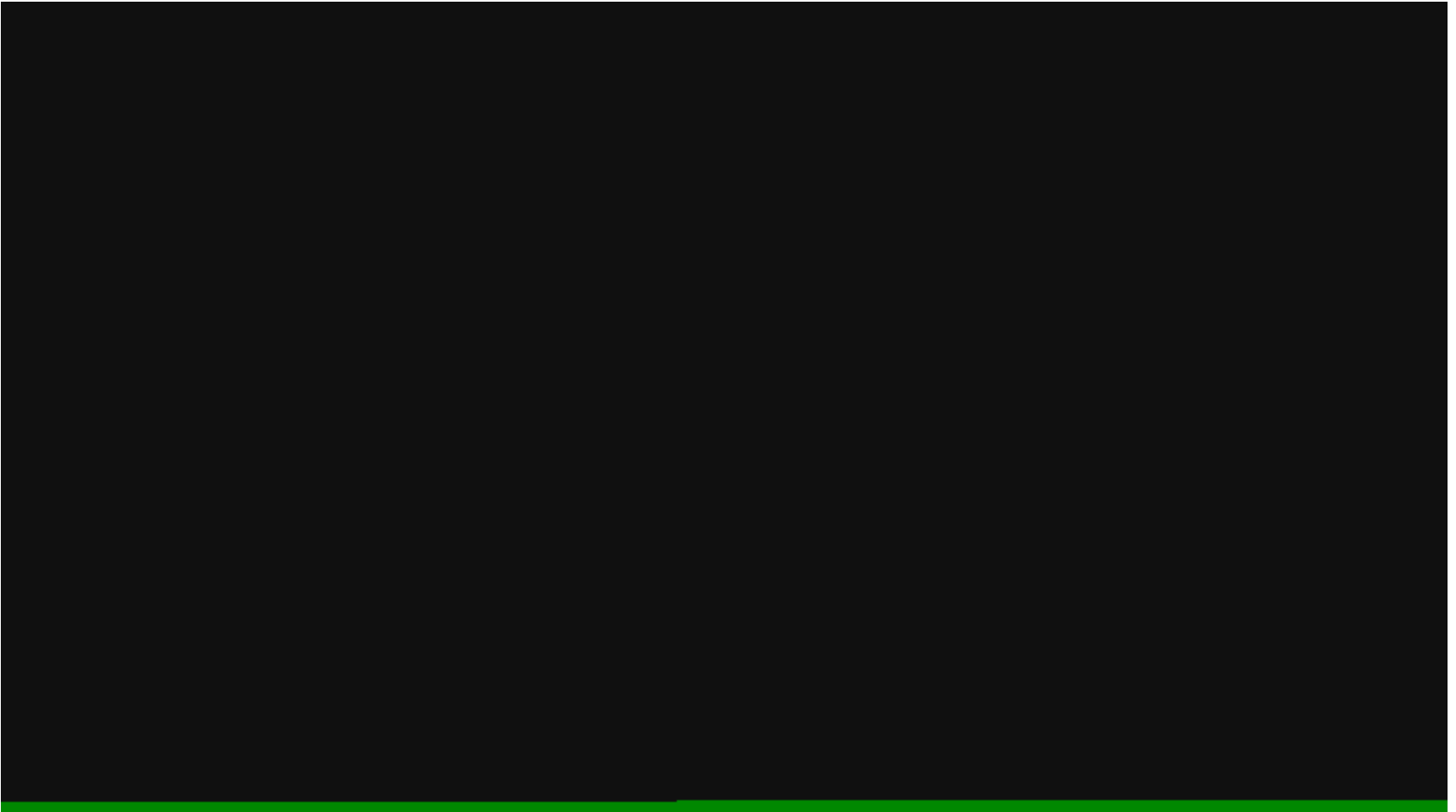
# PRINCIPIOS DEL VUELO

- El aire al desplazarse por el extradós (plano superior del ala) aumenta su velocidad generando así una disminución de la presión y al desplazarse por el intradós plano inferior del ala su velocidad disminuye y aumenta la presión.





# VIDEO T2-1

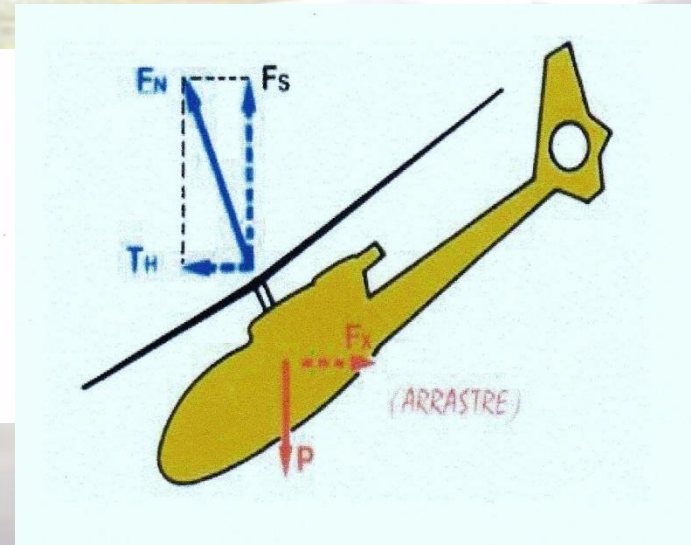
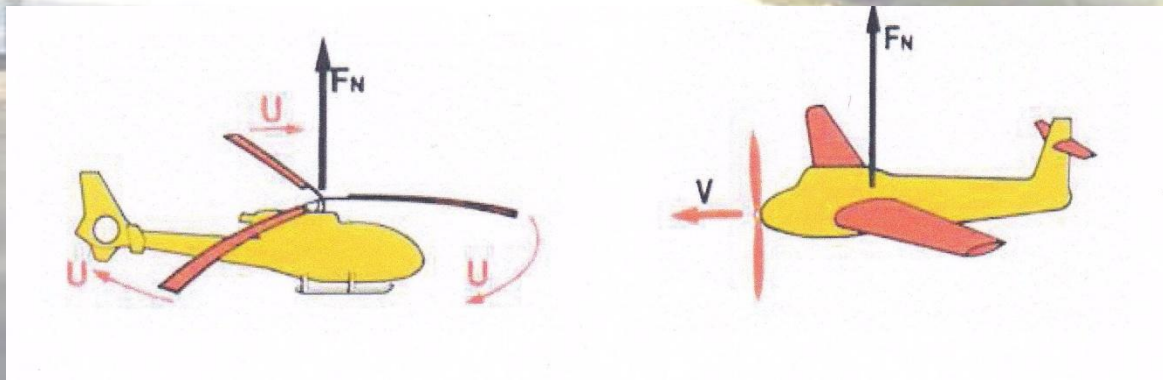


# PRINCIPIOS DEL VUELO

- La diferencia de presión entre ambas superficies del ala es la que genera la sustentación.
- La velocidad constituye el elemento esencial que engendra un perfil de FUERZAS AERODINÁMICAS DE SUSTENTACION
- En los helicópteros la velocidad se consigue mediante la rotación de las palas accionadas por un motor que genera una velocidad (U). Sin embargo, en los aviones la velocidad (V) se consigue mediante las hélices o los reactores.
- Fuerza de sustentación ( $F_s$ ) es la que compensa el peso del aparato
- Fuerza de propulsión ( $T_h$ ) es la que equilibra el arrastre del helicóptero y a su vez proporciona la traslación.

# PRINCIPIOS DEL VUELO

- Por lo tanto, para mantenerse en el aire, el avión necesita una velocidad de traslación, mientras que el helicóptero no precisa dicha velocidad porque la obtiene con el giro del rotor. Pero el rotor también proporciona la propulsión del helicóptero. Para ello basta con inclinar el plano de rotación y la fuerza de sustentación  $F_N$  se descompone en dos fuerzas:



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## AERODINÁMICA

El helicóptero es una aeronave que es sustentada y propulsada por “el resultado de unas fuerzas que se oponen a otras fuerzas, que pocos comprenden y mucho menos saben explicar”.

En ese juego de fuerzas residen las formas de vuelo del helicóptero que resultan imposibles para otros tipos de aeronaves. Como su estudio es muy complejo sólo abordaremos conceptos básicos.



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ Centro de Gravedad

Durante el diseño de un helicóptero se estudia el reparto de pesos para conseguir que el centro de gravedad se halle en la vertical del centro del rotor.

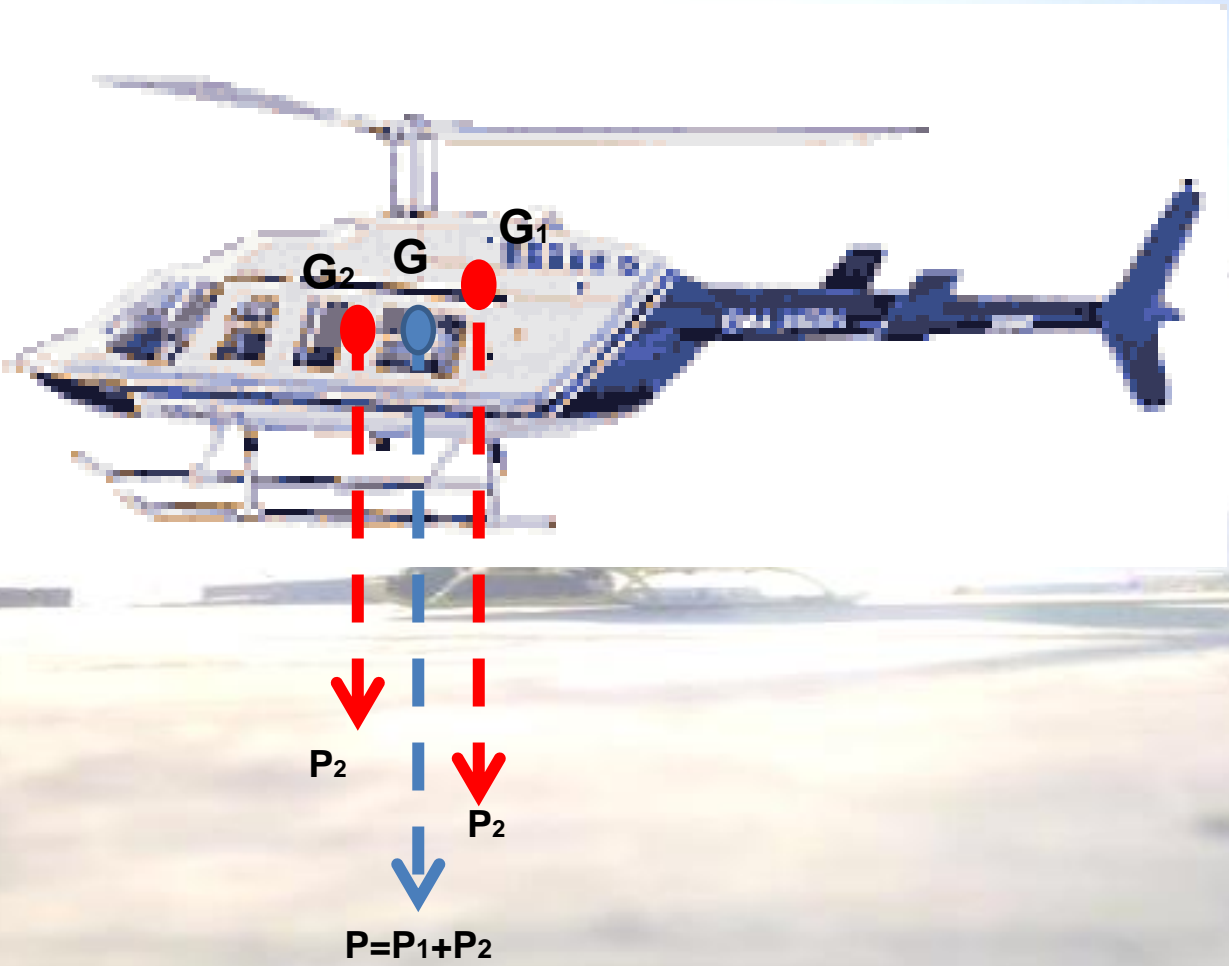
El peso total del aparato es la resultante de 2 pesos:

- **P1** es el peso del helicóptero en vacío que está aplicado en **G1**
- **P2** es el peso de la carga que está aplicado en **G2** es móvil; puede variar en intensidad y posición en función de la carga.

**G** en donde está aplicada la resultante **P=P1+P2** (peso total del helicóptero) se mueve con arreglo al valor y a la posición de la carga.

# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## Centro de Gravedad



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## Centro de Gravedad

El desplazamiento del centro de gravedad afecta al vuelo, creando un momento de picado o encabritado. Estos movimientos resultan desfavorables para el confort y pueden resultar peligrosos, en lo relativo al pilotaje.

Todos los helicópteros tienen definidos unos límites de centrado que no se deben rebasar en ningún momento.

Cuando se equipa un helicóptero para funciones HEMS es necesario calcular con precisión el reparto de los pesos, y hay que considerar en esta distribución a la tripulación sanitaria y a los pacientes, para no rebasar los límites de centrado.

Por esta misma razón durante el vuelo, **no cambiaremos de posición sin autorización del piloto**

# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## Centro de Gravedad





# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ VUELO VERTICAL

Los helicópteros basan su vuelo en la velocidad (U) que se genera en las palas del rotor mediante una fuerza transmitida desde uno o dos motores. Las palas tienen un perfil aerodinámico y como consecuencia de la velocidad generan una **FUERZA DE SUSTENTACIÓN (FN)**.

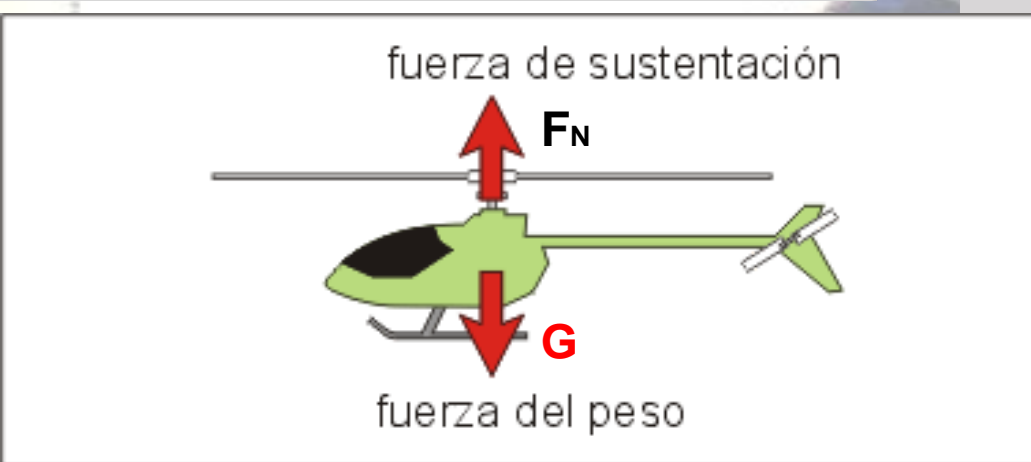
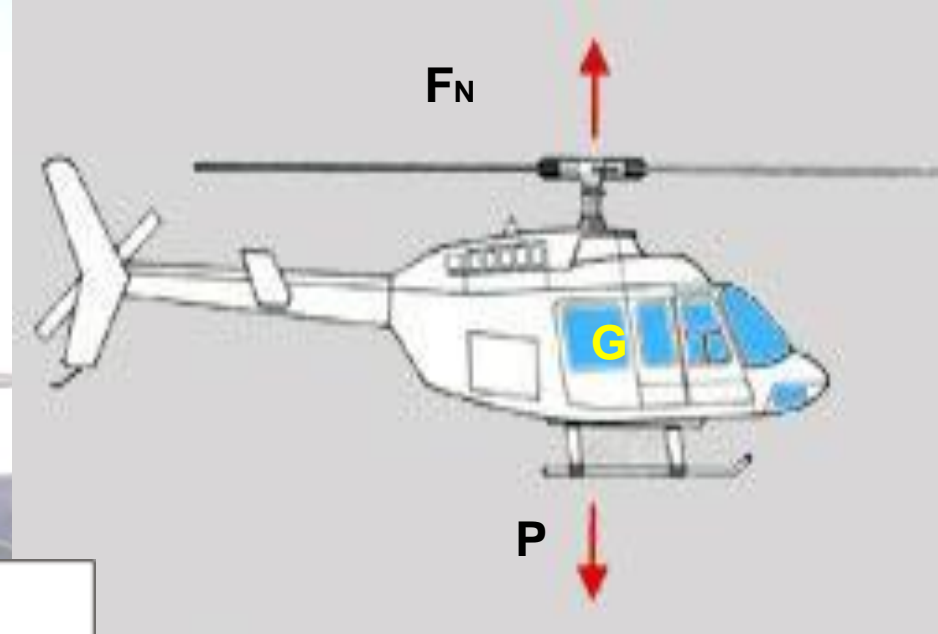
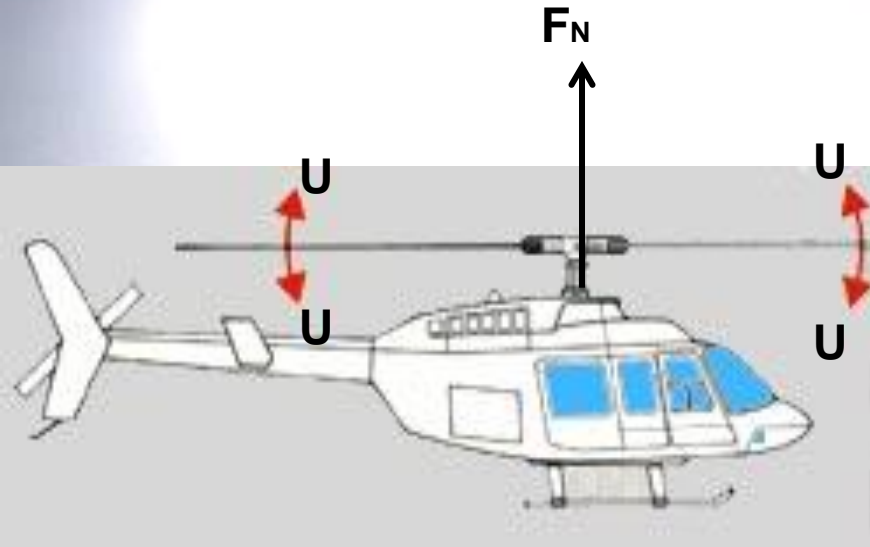
Para que el helicóptero pueda ascender hay que superar una fuerza que se opone a ello, el **PESO (P)**.

El peso es la fuerza resultante de la actuación de la **FUERZA DE GRAVEDAD (g)** sobre la **MASA DE LOS CUERPOS (M)**. Se define como un vector, tiene magnitud y dirección, hacia el centro de la tierra.

Los efectos de la gravedad se calculan siempre respecto del **CENTRO DE GRAVEDAD (G)**.

El PESO es la fuerza con que es atraído cualquier objeto hacia el centro de la tierra por efecto de la gravedad, según la segunda ley de Newton:  $P=M \cdot g$ ;  $9.81 \text{ m/s}^2$

# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO



$$P=Mg$$

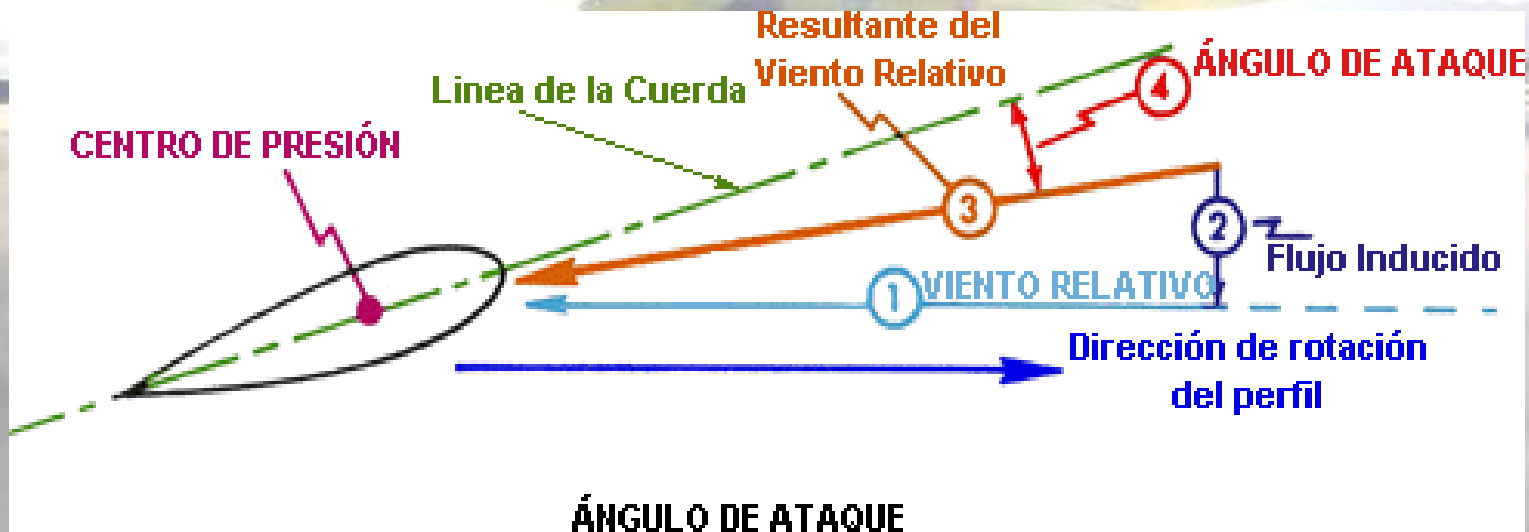
- $F_N > P =$  ASCENDERÁ
- $F_N < P =$  DESCENDERÁ
- $F_N = P =$  ESTACIONARIO

# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ ÁNGULO DE INCIDENCIA O ÁNGULO DE PASO

Para modificar la sustentación se actúa sobre el ángulo de inclinación de las palas del rotor.

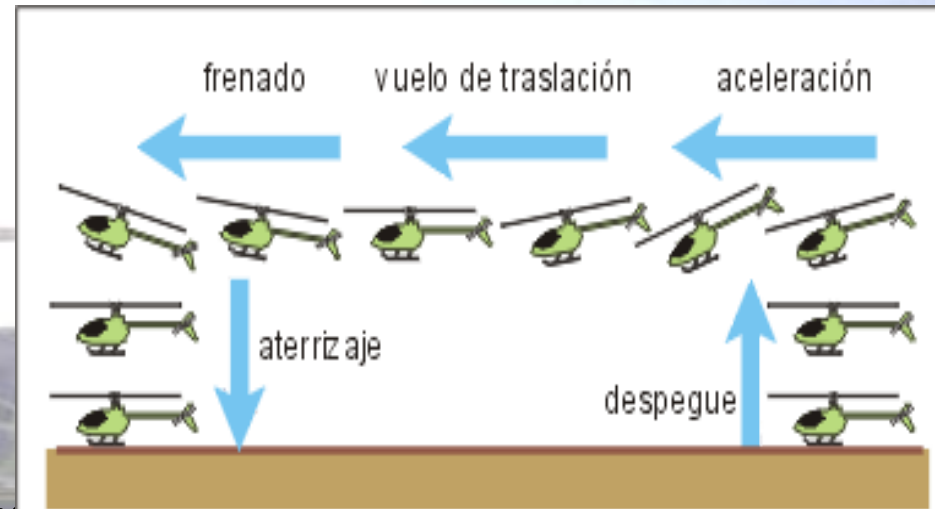
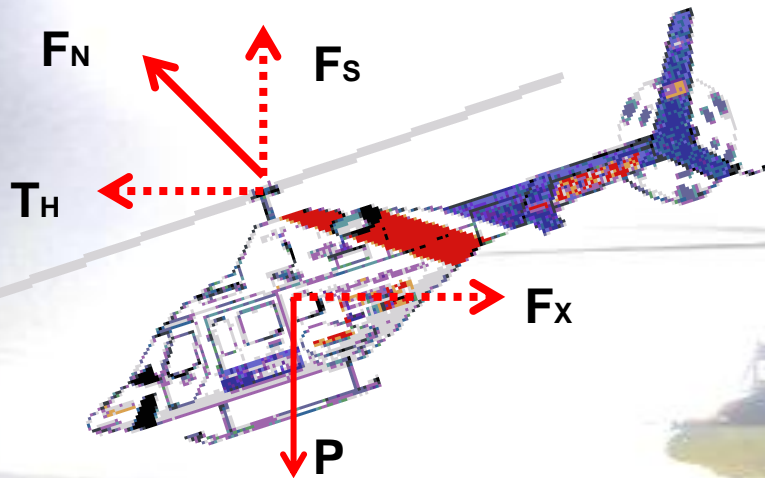
El aumento de la sustentación se consigue modificando el ángulo de paso, lo que tiene sus limitaciones ya que a partir de un determinado ángulo, la sustentación disminuye y se puede entrar en pérdida. La velocidad del rotor y la de traslación tampoco deben rebasar ciertos límites, a partir de los cuales se desarrollan en las palas perturbaciones de orden aerodinámico que causan vibraciones y elevados esfuerzos mecánicos.



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## ☐ VUELO TRASLACIONAL Y LATERAL

Para que un helicóptero se desplace en vuelo de traslación hay que convertir fuerza de sustentación en propulsión y ello se consigue inclinando el plano de rotación.



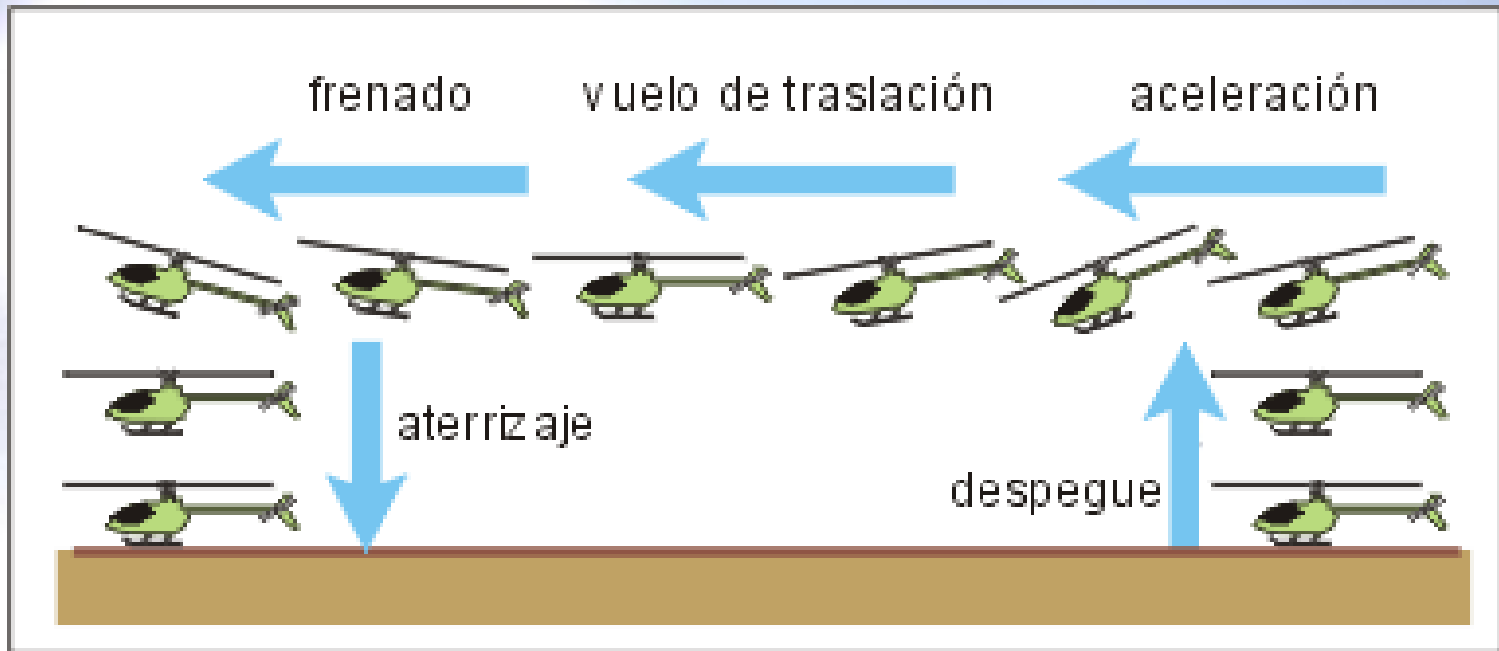
El rotor tiene un diseño que permite modificar el plano en relación al eje longitudinal y transversal, lo que permite generar inclinaciones en estos dos ángulos y cualquier combinación de ellos.

- ( $F_s$ ) fuerza que asegura la sustentación y equilibra el peso.
- ( $T_H$ ) fuerza que genera la traslación y equilibra el arrastre (resistencia al avance)

Modificando la intensidad y el ángulo de estas fuerzas modificamos la trayectoria del helicóptero



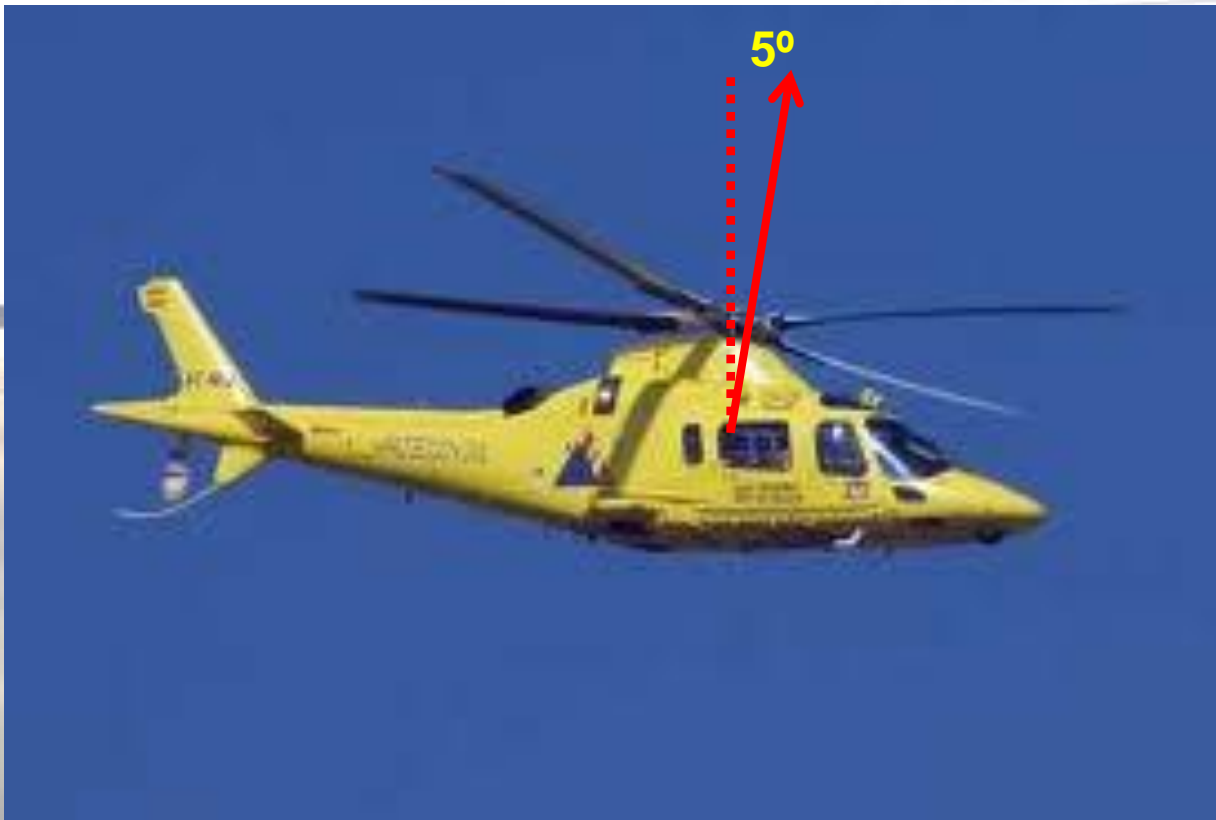
# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO



La posición en vuelo del helicóptero sigue la inclinación del plano de rotación, lo que puede resultar incómodo para la tripulación, sobre todo a velocidades elevadas donde se aumenta más la inclinación a fin de aumentar la propulsión **TH**.

# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

- El mástil del rotor está inclinado unos  $5^\circ$ , lo que permite en el vuelo de crucero mantener la propulsión en una posición casi horizontal.

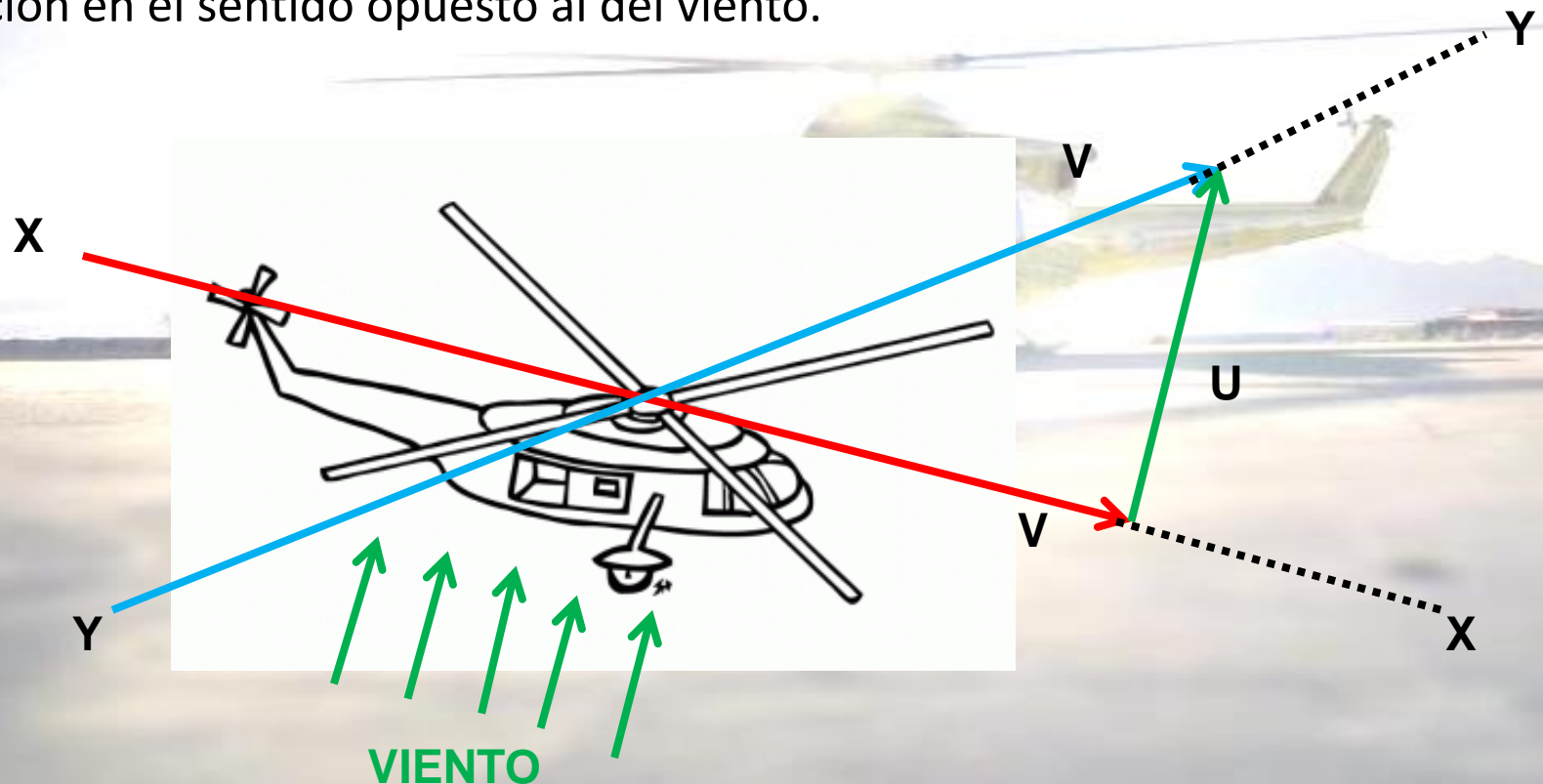


# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ DERIVA

Durante el vuelo las aeronaves se ven influidas por el viento, pudiendo este modificar su velocidad o desviarlas de su trayectoria (**DERIVA**).

Para mantener el vuelo y anular la deriva hay que inclinar el plano de rotación en el sentido opuesto al del viento.



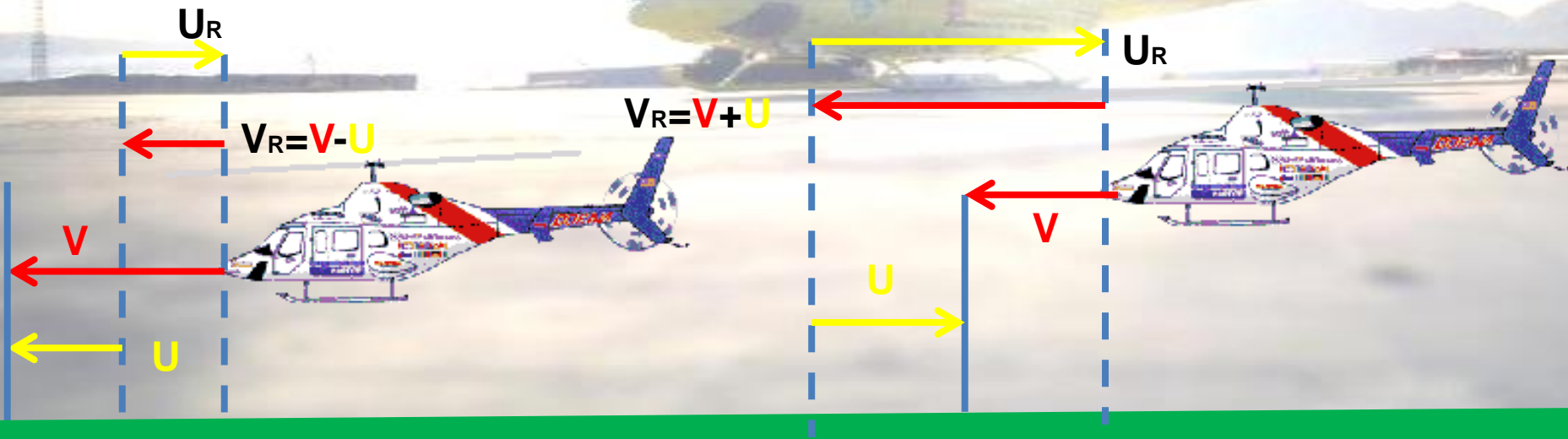
# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ VELOCIDAD ABSOLUTA Y VELOCIDAD RELATIVA

Para poder estudiar el comportamiento aerodinámico de un cuerpo, no se puede considerar su movimiento en relación al suelo (movimiento absoluto) sino con relación al aire que lo rodea, ya que es en este medio donde se desplazan las aeronaves (movimiento relativo).

VELOCIDAD RELATIVA: es la velocidad de un cuerpo con relación al aire o la velocidad del aire en relación al cuerpo, siendo estas dos magnitudes iguales y opuestas.

$V$  = Velocidad del helicóptero con relación al suelo     $U$  = velocidad del viento con relación al suelo  
 $V_R$  = Velocidad relativa del helicóptero     $U_R$  = Velocidad relativa del viento



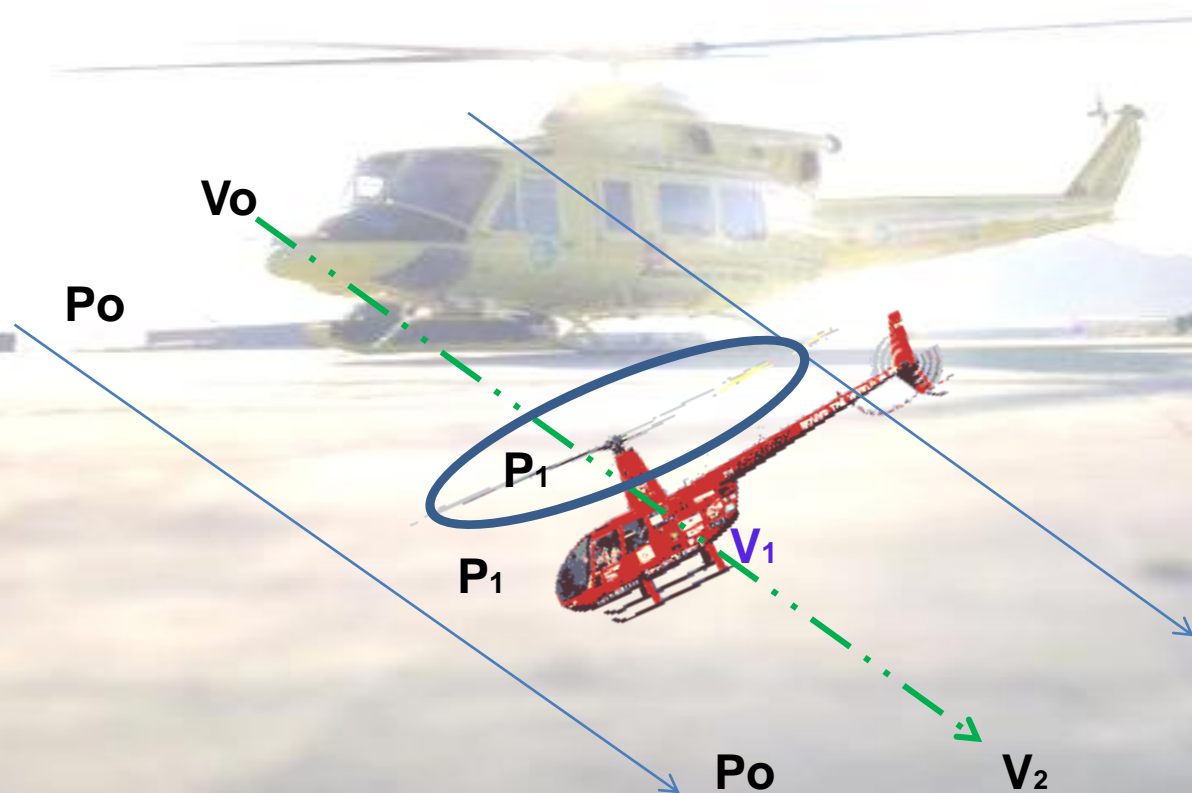


# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ EFECTO SUELO

Si tenemos presente que las palas del rotor funcionan como una hélice y un ala, comprendemos sus efectos; como hélice aceleran la masa de aire que la atraviesa (propulsión) y como alas provocan la deflexión de la corriente de aire (sustentación).

El rotor aspira el aire en su parte superior y lo rechaza hacia abajo. En  $P_0$  la presión del aire es la atmosférica y la velocidad  $V_0$  a nivel del disco el aire aumenta su velocidad  $V_1$  ( $V_1 > V_0$ ) y la presión disminuye ( $P_1 < P_0$ ). Bajo la cara inferior del disco la velocidad del aire sigue aumentada  $V_2$  y la presión próxima a la atmosférica  $P_0$ . Este aumento de la velocidad del aire por el rotor se conoce como **VELOCIDAD DE FROUNDE O VELOCIDAD INDUCIDA**

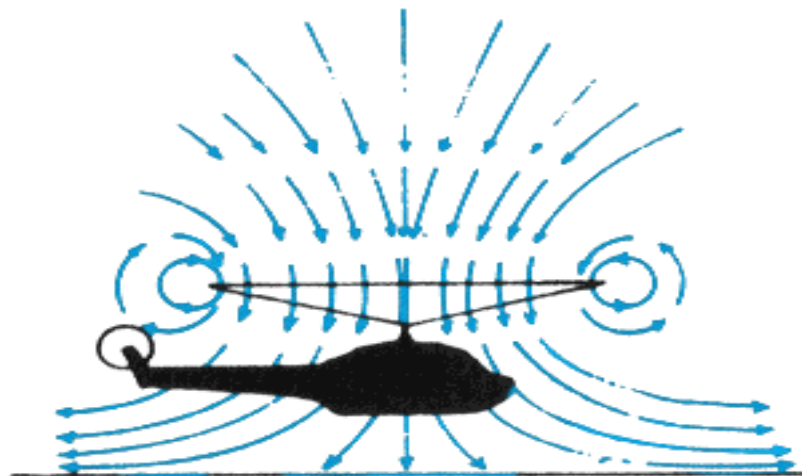


# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

Cuando el helicóptero está en vuelo estacionario y próximo al suelo (aproximadamente a una altura similar al diámetro del rotor), la energía cinética imprimida al aire por el rotor (velocidad inducida) se anula al contactar con la superficie transformándose en energía de presión, salvo en la zona periférica, donde el flujo de aire es desviado.

Este aumento de presión se manifiesta en el intradós de las palas y genera un aumento de la sustentación  $F_N$  del rotor. Este aumento de sustentación es el denominado efecto suelo.

**Todo lo que esté en el suelo debajo del helicóptero durante el aterrizaje soportará un aumento de presión y lo que esté próximo a la periferia del disco sufrirá el aumento de velocidad del aire.**



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

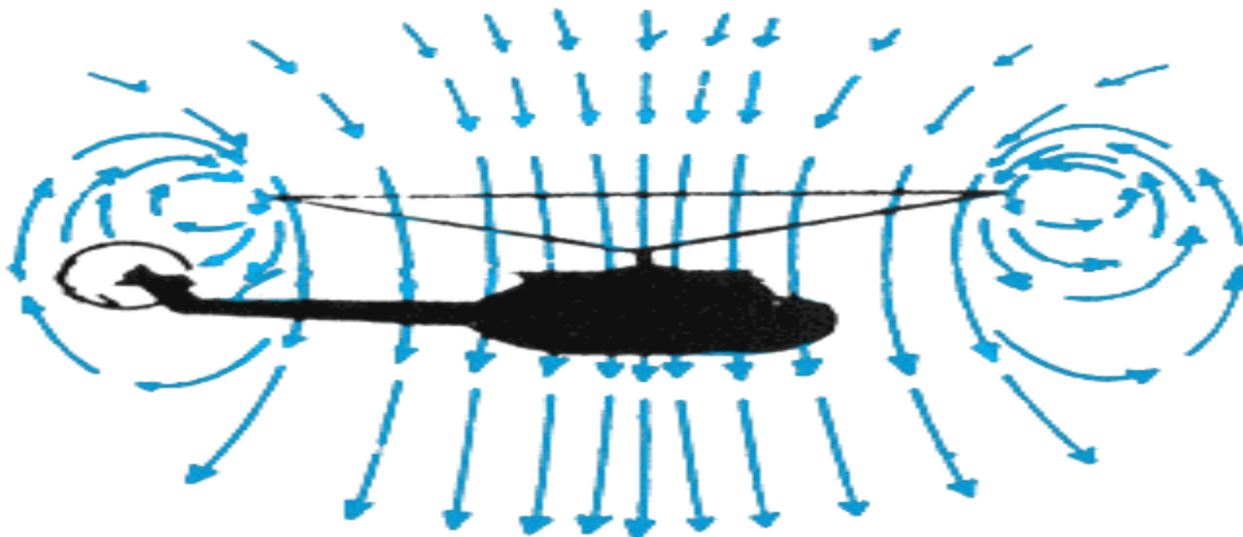
El efecto suelo no se genera a la misma altura para todo el helicóptero porque está en relación con el diámetro del rotor (**D**) y la altura (**h**).

**Cuando  $h=1/3 D$  =máximo efecto (20%  $F_N$ )**

Cuando  $h=D$  o próximo, el aumento de sustentación es despreciable y el helicóptero ya no está sometido al efecto suelo.

En el vuelo de traslación, el efecto suelo disminuye a medida que aumenta la velocidad de traslación.

**RÉGIMEN DE TRANSICIÓN:** es el paso de vuelo vertical a vuelo de traslación, en el que los flujos de aire en las palas provocan una turbulencia que es generadora de vibraciones y esfuerzos elevados en las palas.



# VIDEO T2-3



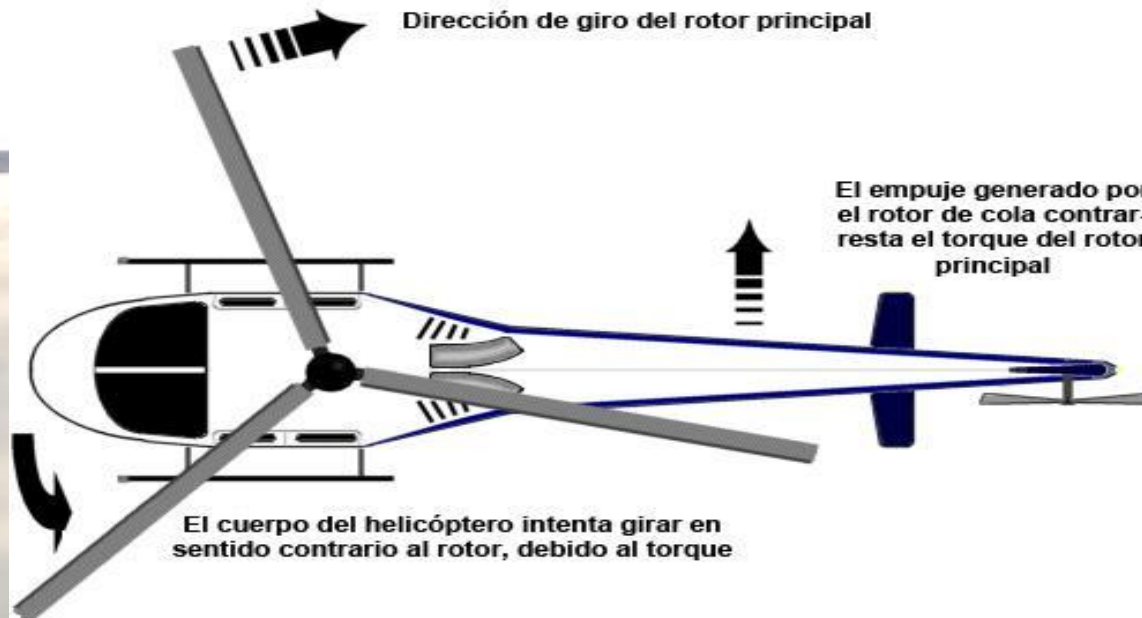


# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ PAR DE REACCIÓN Y ROTOR DE COLA

Cualquier fuerza para manifestarse se apoya en un soporte. Si el soporte puede moverse libremente, se desplaza en sentido de la fuerza que se apoya en él. La acción de la fuerza es igual y opuesta a la reacción del soporte.

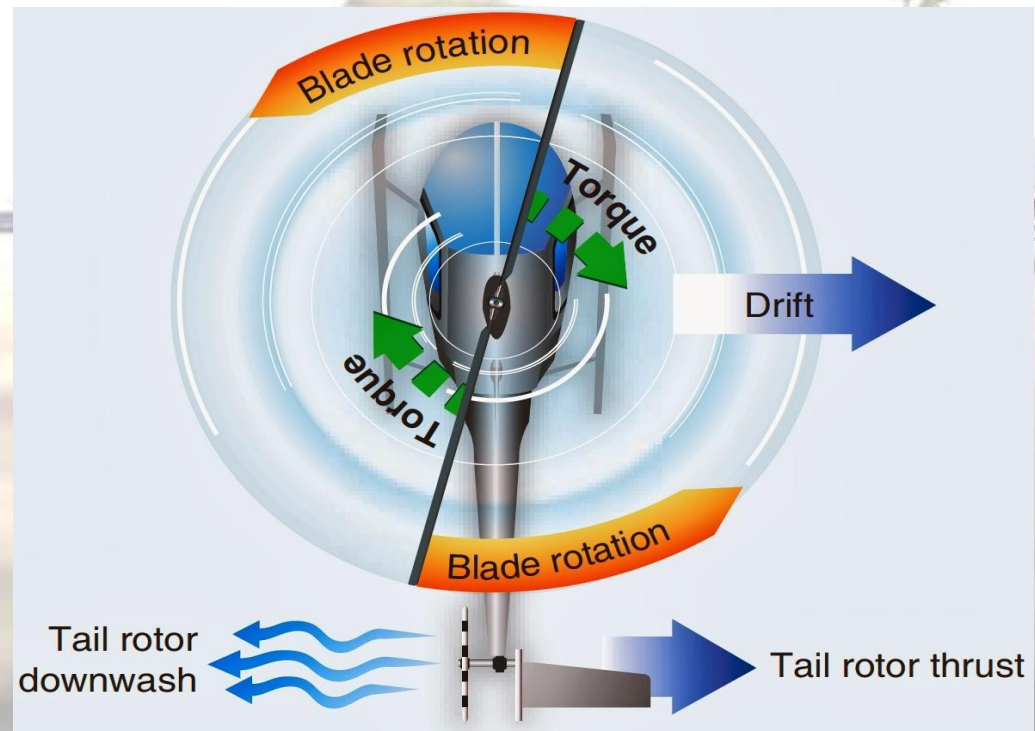
Lo mismo ocurre para el rotor de un helicóptero. Para girar, el mástil del rotor se apoya en la estructura del helicóptero. El par motor ( $C_M$ ) genera un par de reacción ( $C_R$ ) de igual intensidad pero sentido contrario.





# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

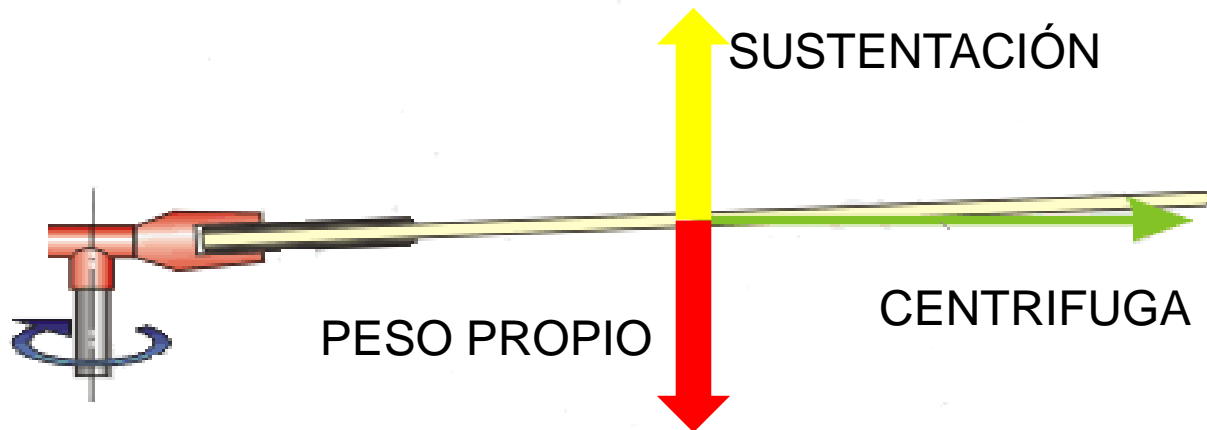
Como consecuencia, la estructura del helicóptero giraría en sentido contrario al que giran las palas, lo que haría imposible el vuelo si no fuese compensado. **El rotor de cola o rotor anti par.** Va colocado en la parte trasera del fuselaje y es accionado por el mismo motor que el principal. La fuerza aerodinámica resultante del rotor de cola (**EMPUJE**) se ejerce en un plano horizontal y en sentido opuesto al par de reacción del rotor principal, evitando que el helicóptero gire (**GUIÑADA**)



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

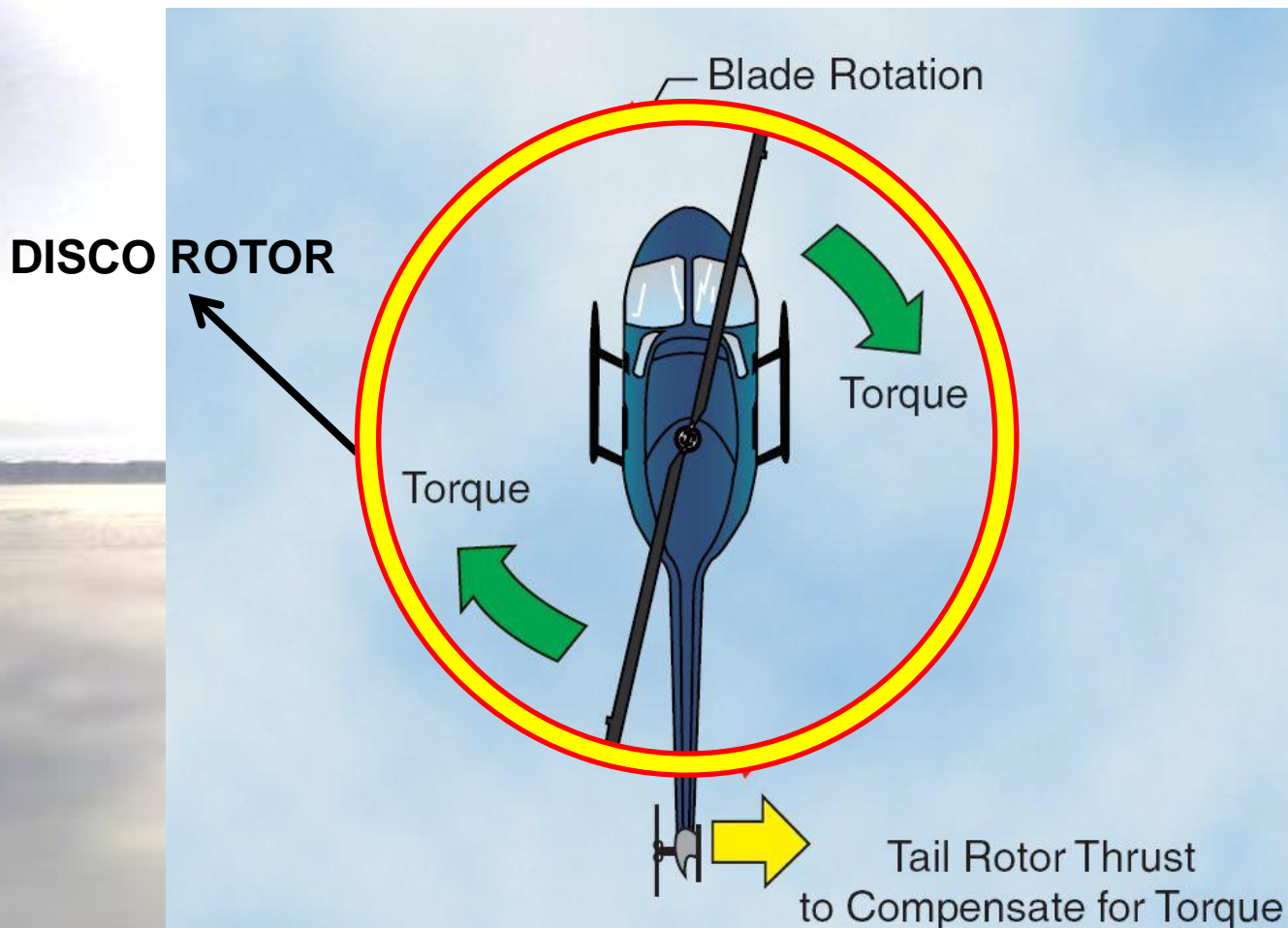
## □ MOVIMIENTO DE LAS PALAS

El estudio del efecto de las fuerzas que actúan sobre las palas durante el vuelo es especialmente complejo y varía con el diseño del perfil, la superficie, la longitud, el tipo de articulación que las une al rotor, la elasticidad de los materiales, etc.



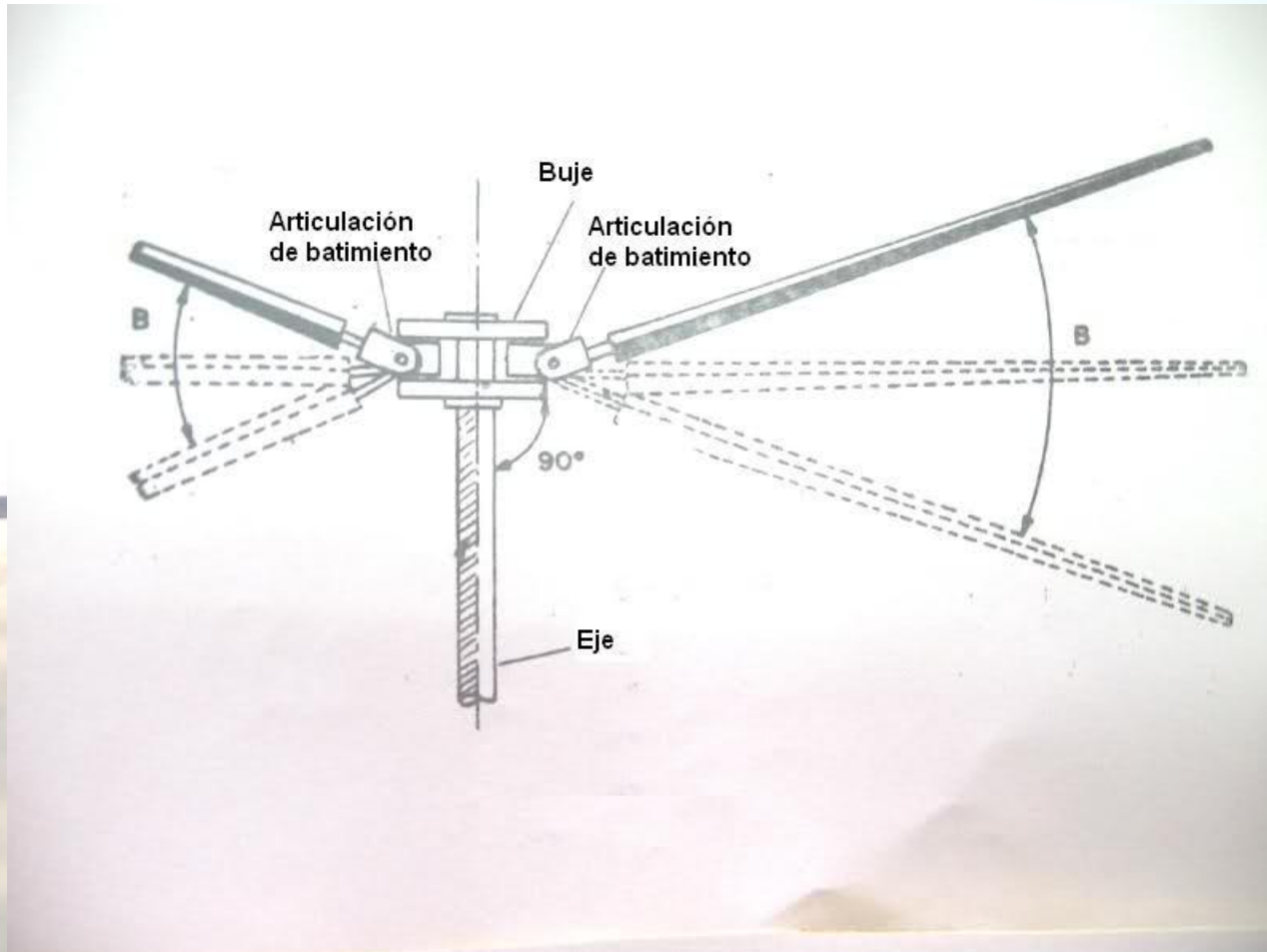
# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

**DISCO DEL ROTOR:** es el círculo descrito por el extremo de las palas. Lógicamente, a mayor longitud de las palas mayor es el disco del rotor.



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

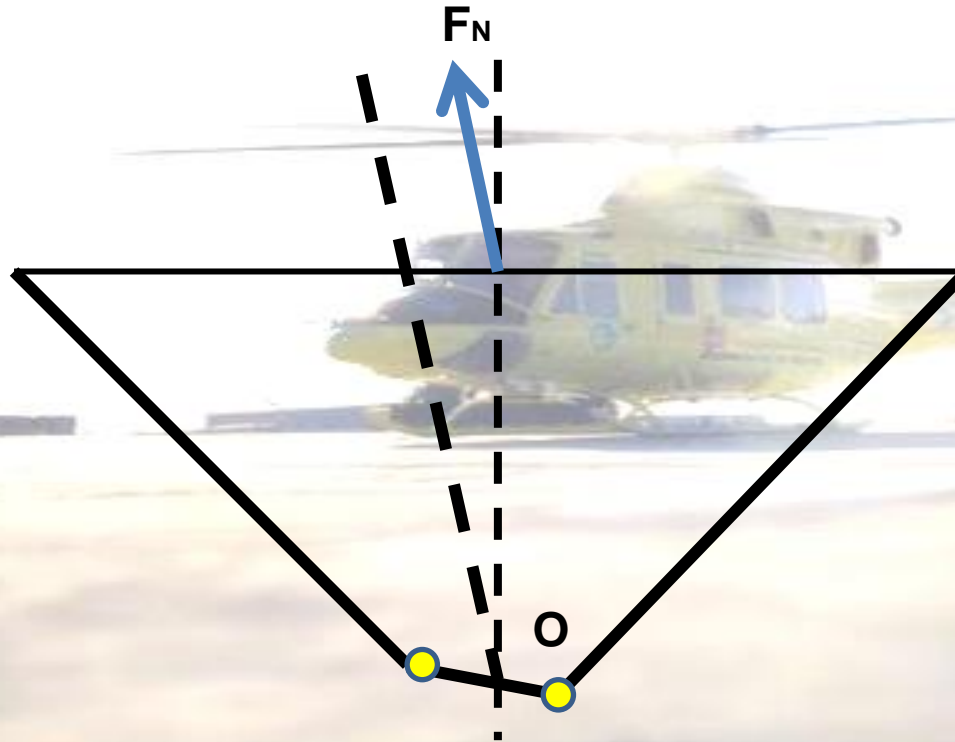
**BATIMIENTO O FLAPEO:** Las palas están articuladas en el buje al que están sujetas y pueden desplazarse en el plano vertical.



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

**CONO DEL ROTOR:** Las palas al girar, sometidas a la sustentación y a la fuerza centrífuga, describen un cono muy abierto.

Como el rotor puede bascular y las palas están articuladas, la conicidad variará con la inclinación del rotor.





# VIDEO T2-2



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

**DEFORMACIÓN ELÁSTICA:** Cuando una fuerza es aplicada a un cuerpo que no se puede desplazar, no sólo se podrá transformar en movimiento sino que actuará deformando, en mayor medida, a ese cuerpo. La deformación por tracción está en relación con la magnitud de la fuerza y el grado de elasticidad del cuerpo

**Rotor parado:** las palas están bajo la acción de su propio peso (**P**) y se deformarán flexionándose hacia abajo.

**Rotor girando:** las palas se deformarán hacia arriba efecto empuje.



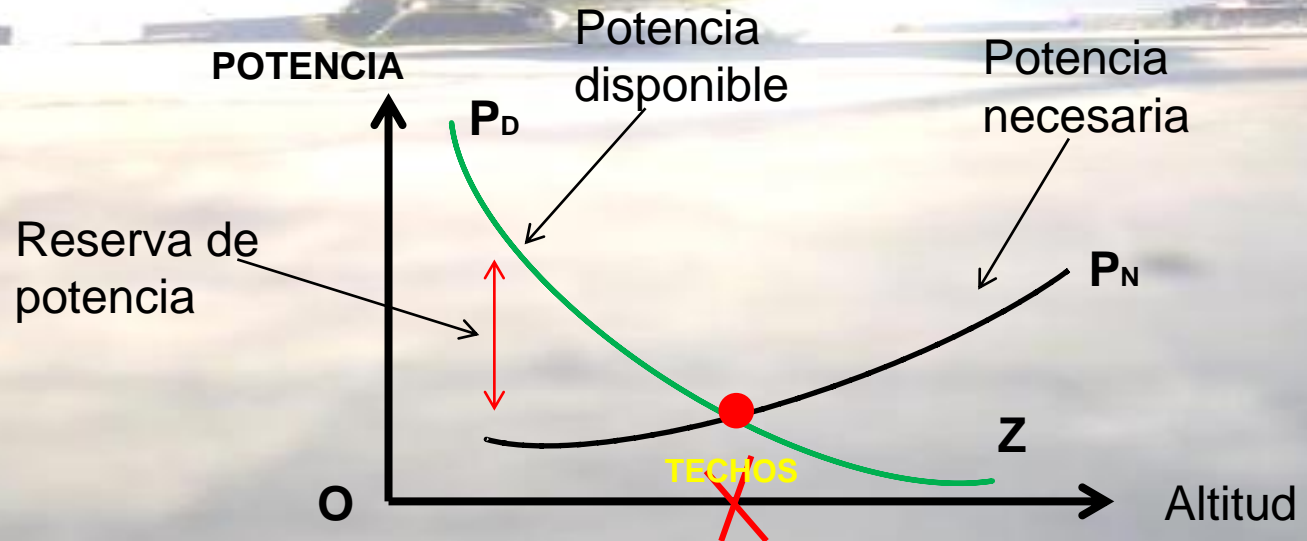
# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## ☐TECHO DEL HELICÓPTERO

Un helicóptero no puede ascender a cualquier altura, la culpa sólo la tiene la masa del aire, que disminuye regularmente a medida que aumenta la altitud (**Z**).

1. Al aumentar la altitud los motores van “careciendo cada vez más de aire” y la potencia disponible (**P<sub>D</sub>**) que le está ligada.
2. Al disminuir la densidad del aire, éste es menos “sustentador” y se necesita consumir más energía para conservar la misma sustentación, lo que genera una mayor necesidad de potencia (**P<sub>N</sub>**)

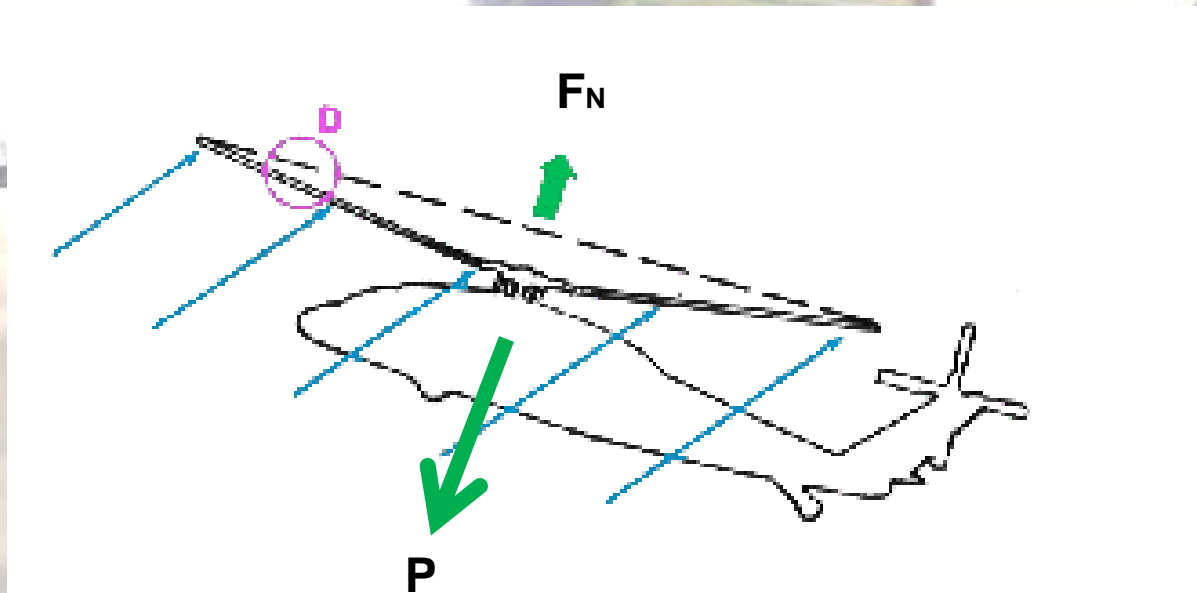
En consecuencia, al ascender, llega un momento en el que la potencia necesaria se cruza con la potencia disponible y la potencia de reserva es nula y ya no se puede ascender más. Los techos varían en función de las características de la aeronave, pero todas ellas, tienen una altura máxima a la que pueden ascender.



# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

## □ AUTORROTACIÓN

Durante el vuelo, en caso de avería del motor, el rotor accionado por el viento relativo proporciona una sustentación que, aun siendo inferior al peso del helicóptero es suficiente para frenar el descenso y conservar el control hasta el aterrizaje. Pero existen fuerzas que se oponen a la autorrotación, que dependen fundamentalmente de la incidencia de las palas en relación al viento relativo.

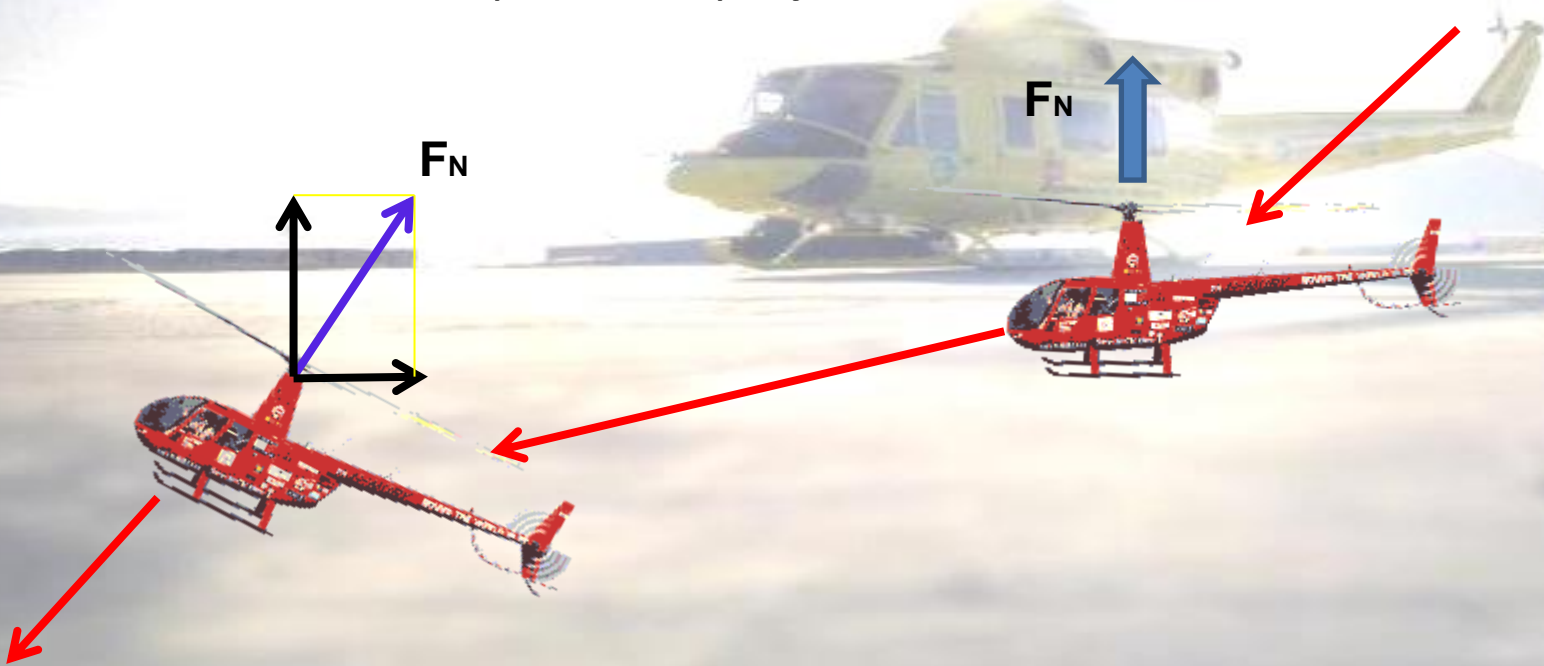




# PRINCIPIOS DEL VUELO EN HELICÓPTERO

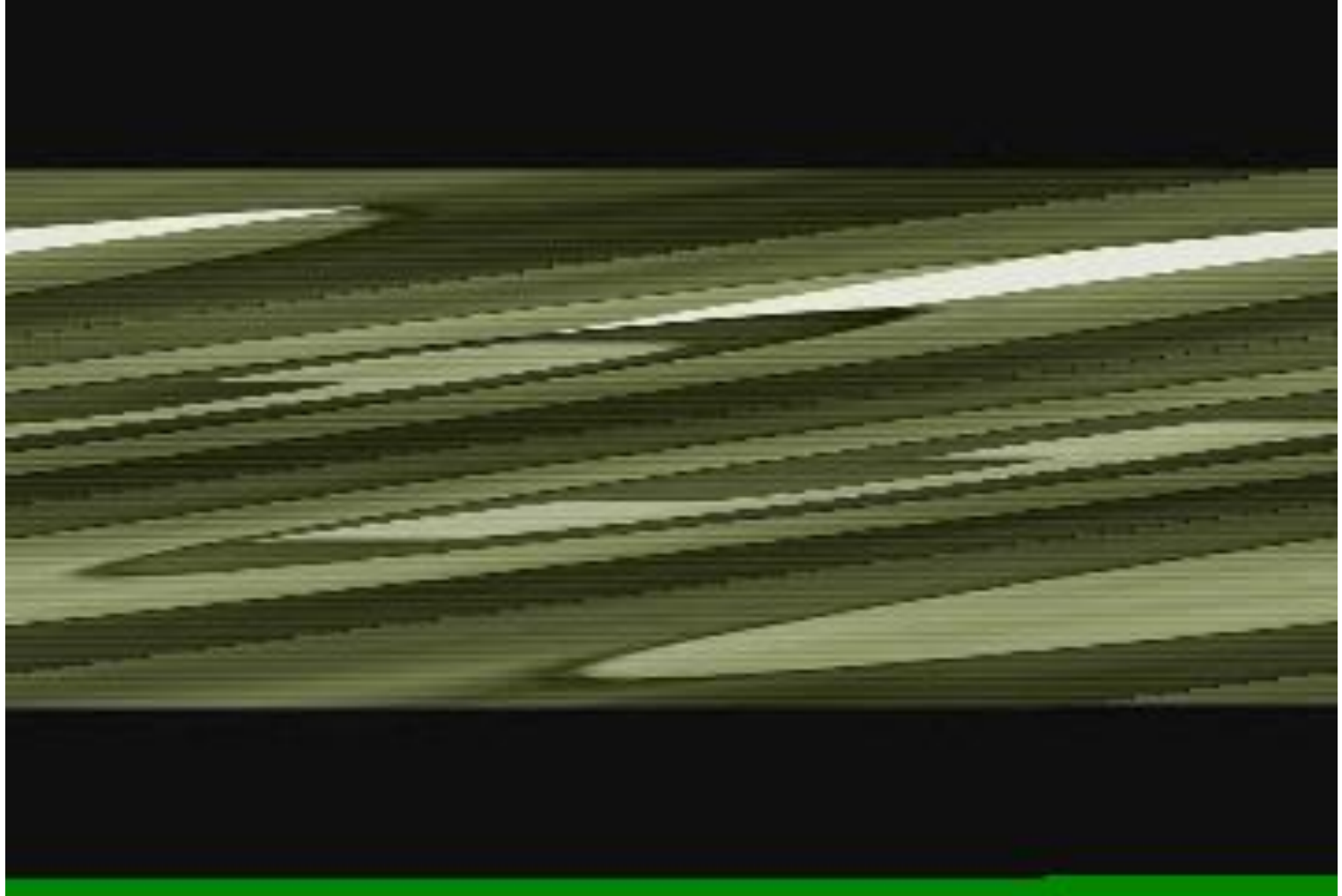
A pocos metros del suelo el helicóptero es puesto en posición encabritada, para frenar la velocidad de traslación. Como resultado se produce un aumento brusco de la incidencia (**i**) de todas las palas lo que incrementa durante un periodo muy corto la sustentación (**F<sub>N</sub>**). El helicóptero es frenado y luego aterriza mientras la sustentación disminuye (*flare*)

Justo antes de aterrizar (3-4 metros del suelo) el piloto puede aumentar más la sustentación pero con perjuicio de la velocidad del rotor.





# VIDEO T2-4





# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES

## ➤ CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE SU PRINCIPIO DE SUSTENTACIÓN

- **Aerostatos:** aeronaves que se sostienen en el aire en virtud de su fuerza ascensional (son más ligeras que el aire)

**Globo:** Aerostato no propulsado mecánicamente

**Dirigible:** Aerostato autopropulsado y con capacidad de maniobra

- **Aerodinos:** Aeronaves que se sostienen en el aire en virtud de las fuerzas aerodinámicas de sustentación (son más pesadas que el aire).

1. Aeronaves de ala fija
2. Aeronaves de ala rotatoria

# TIPOS DE AERONAVES

## 1. AERONAVES DE ALA FIJA

- Planeador: aerodino no propulsado mecánicamente. Su sustentación deriva de las reacciones aerodinámicas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.
- Aeroplano ó avión: aeronave propulsada mecánicamente. Su sustentación se debe a reacciones aerodinámicas.
- Ultraligero, paramotor, parapente etc.



# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES





# TIPOS DE AERONAVES





# TIPOS DE AERONAVES

## 2. AERONAVES DE ALA ROTATORIA

- Autogiro: Aeronave de alas giratorias cuya capacidad de vuelo se debe, o en gran parte o totalmente, a la sustentación proporcionada por un rotor giratorio libre. En realidad es un avión donde se sustituyen las alas fijas por alas rotatorias. No puede volar verticalmente ni hacer vuelo estacionario.
- Girondino: Aeronave de alas giratorias con un rotor que sólo proporciona sustentación, la propulsión o empuje en la dirección de la trayectoria es proporcionado por una hélice o un reactor
- Helicóptero: Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados mecánicamente, y que giran alrededor de los ejes verticales

# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES





# TIPOS DE AERONAVES



# TIPOS DE AERONAVES

- **CLASIFICACIÓN SEGÚN LA ESTELA TURBULENTA**

Debido al aire desplazado por las aeronaves, se genera una estela de aire turbulento detrás de ellas, que puede perturbar en mayor o menor medida el vuelo de otras aeronaves que atraviesen dicha estela. Esta clasificación es de gran importancia desde el punto de vista aeroportuario y de la seguridad del vuelo. El tamaño e intensidad de dichas estelas varía en función del tamaño/peso de la aeronave que las genera, motivo por el cual en despegues y aterrizajes se deja un margen de tiempo de seguridad, asignado de acuerdo con la categoría de estela turbulenta asignada a la aeronave del despegue o aterrizaje precedente.



# TIPOS DE AERONAVES

CLASIFICACIÓN SEGÚN PESO MÁXIMO AL DESPEGUE (MTOM)

CATEGORÍA	AVIÓN	HELICÓPTERO
LIGERA	<7.000 Kg	<2.700 Kg
MEDIA	7.000 Kg – 136.000 Kg	2.700 Kg – 7.000 Kg
PESADA	>136.000 Kg	>7.000 Kg

# TIPOS DE AERONAVES

➤ Los helicópteros también se clasifican atendiendo al número de rotores.

MONORROTORES

BIRROTORES

- Rotores Coaxiales

- Rotores Lado-Lado

- Rotores en Tándem

TRIRROTORES (sólo se han construido prototipos)



# TIPOS DE AERONAVES

## ❑ CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE ACCIONAMIENTO DEL ROTOR

1. De accionamiento mecánico: de pistón
2. De reacción

## ❑ POR LA CONSTITUCIÓN DEL ROTOR

1. Rotor rígido
2. Rotor flexible
3. Rotor articulado

## ❑ POR EL NÚMERO DE PALAS DEL ROTOR

1. DOS PALAS
2. TRES PALAS
3. CUATRO PALAS
4. CINCO PALAS
5. OCHO PALAS

El tipo de accionamiento y constitución del rotor, así como el número de palas del rotor son importantes desde el punto de vista HEMS, son elementos que determinan las características de las vibraciones y el nivel de ruido que se generan en la aeronave.



# TIPOS DE AERONAVES

**ROTOR DE COLA LIBRE**



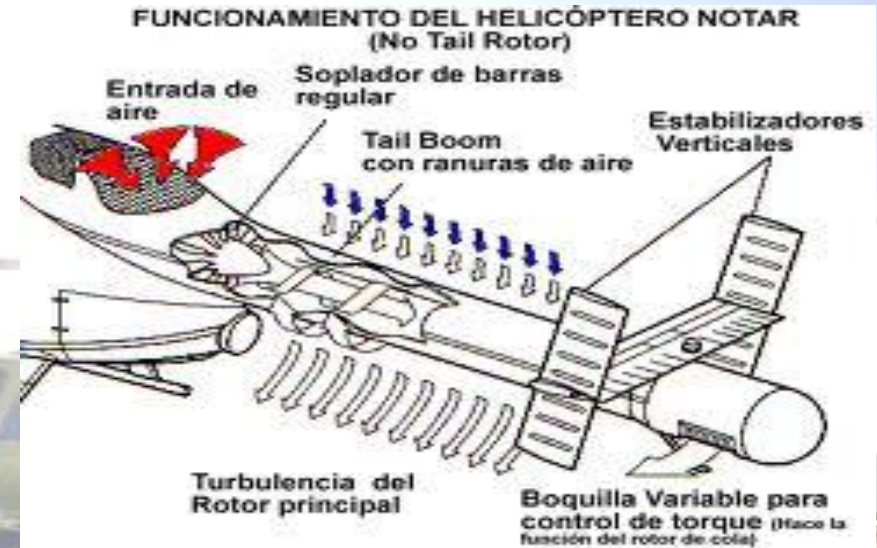
**ROTOR DE COLA TIPO FENESTRON**





# TIPOS DE AERONAVES

## ROTOR NOTAR





# TIPOS DE AERONAVES

## ROTOR COAXIAL NOTAR



# TIPOS DE AERONAVES

## ROTOR COAXIAL LIBRE HORIZONTAL



# TIPOS DE AERONAVES

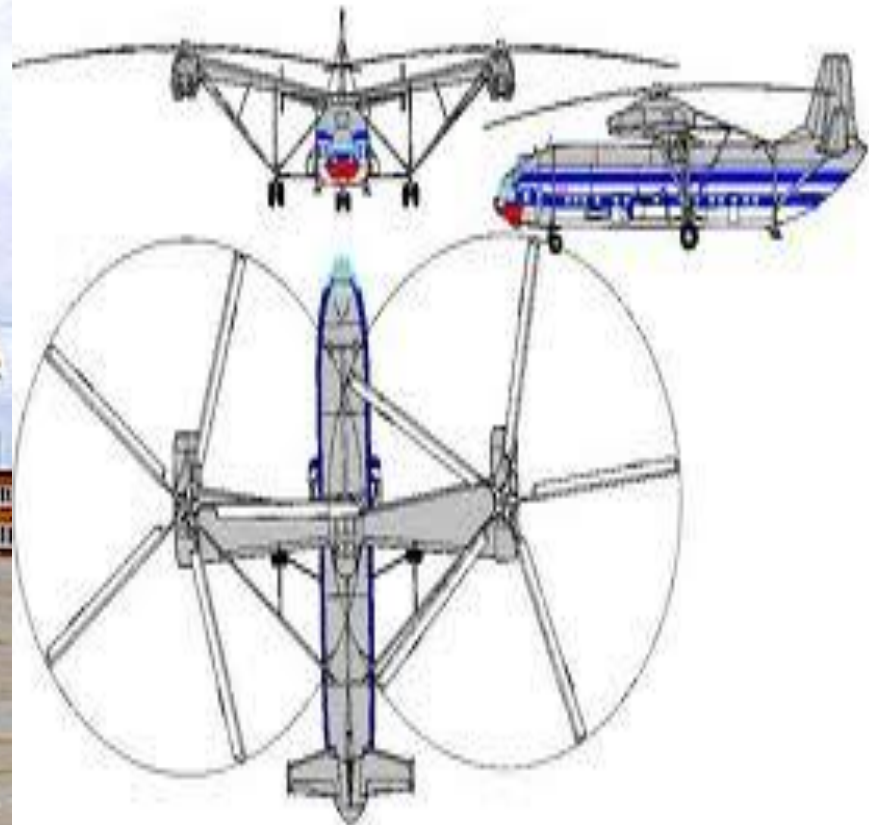
## ROTOR TAMDEM





# TIPOS DE AERONAVES

## ROTOR GEMELO



# TIPOS DE AERONAVES

## SINCRÓPTERO





# TIPOS DE AERONAVES

**TILT-ROTOR:  
Sikorsky X2**



# TIPOS DE AERONAVES

**TILT-ROTOR:**

**V-22**



# TIPOS DE AERONAVES

**TILT-ROTOR:**

**X3**





# TIPOS DE AERONAVES

**CORTA CABLES:** Obligatorio en todas las aeronaves con vuelo en núcleos urbanos por lo menos el superior



# TIPOS DE AERONAVES

**MARCAS DE SEGURIDAD:** En rojo en el puro de cola a 2 metros del rotor de cola y con la palabra peligro y danger en amarillo dentro de una flecha





# TIPOS DE AERONAVES

## PARTES PRINCIPALES DEL HELICOPTERO:

ROTOR PRINCIPAL

PURO DE COLA

ROTOR DE COLA



CABINA DE NAVEGACION

TREN DE  
ATERRIZAJE

CABINA ASISTENCIAL

# TIPOS DE AERONAVES

ROTOR PRINCIPAL

PURO DE COLA

ROTOR DE COLA



CABINA DE NAVEGACION

PATINES

CABINA ASISTENCIAL

# VIDEO 49



www.mergencias112.net

