



ALAS ROTATIVAS

2^{da} PARTE

ALAS ROTATIVAS

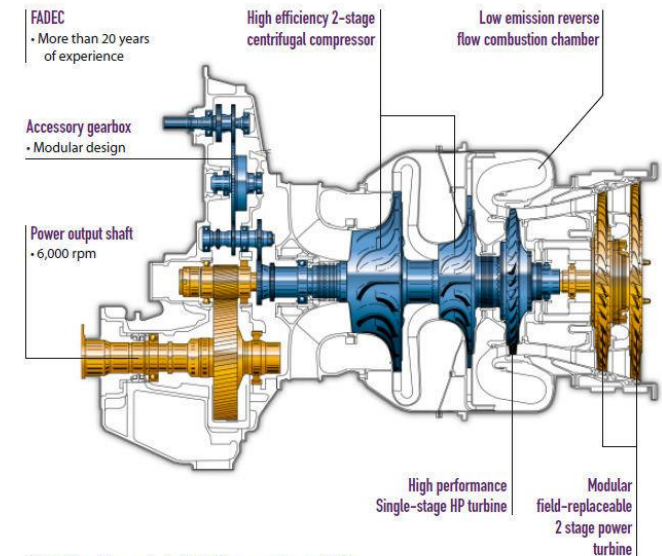
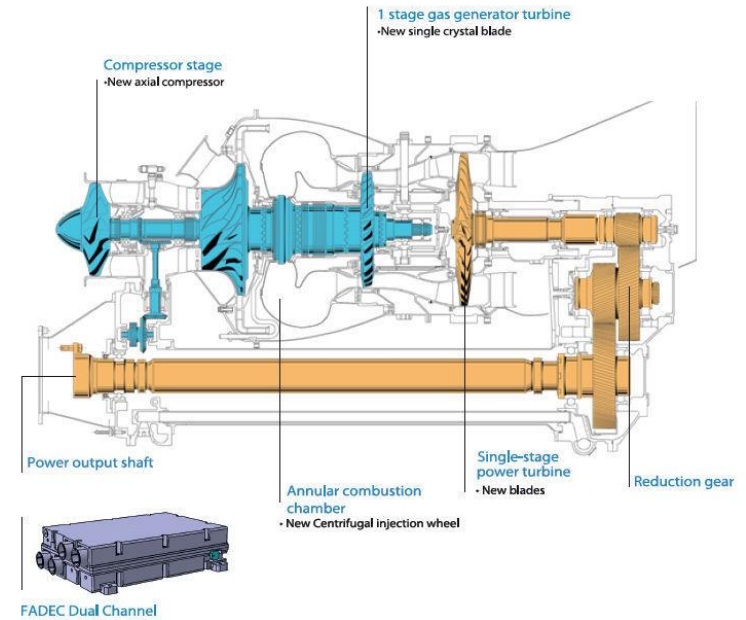
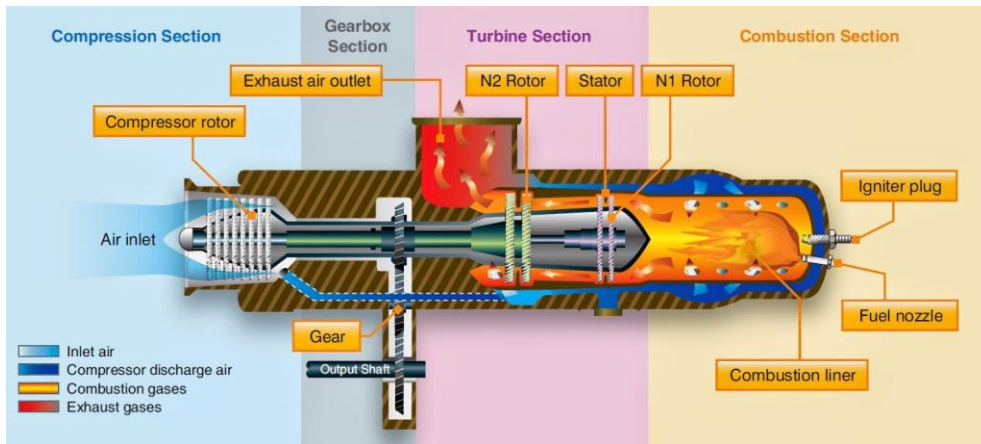
Planta de Poder

Los motores de turbina producen una enorme cantidad de energía para su tamaño.

En el motor de turbina utilizado en helicópteros las salidas de escape simplemente liberan gases quemados y no contribuyen al movimiento de avance del helicóptero.

El eje de transmisión del rotor de cola está conectado tanto a la transmisión principal como a la transmisión del rotor de cola.

La principal diferencia entre un turboeje y un motor turborreactor es que la mayor parte de la energía producida por los gases en expansión se usa para impulsar una turbina en lugar de producir empuje a través de la expulsión de gases de escape.



Maintaining close contact with Arden operators worldwide
• Turbomeca-approved Repair & Overhaul centers.
• 24/7 Turbomeca hotline.

ALAS ROTATIVAS

Transmisión

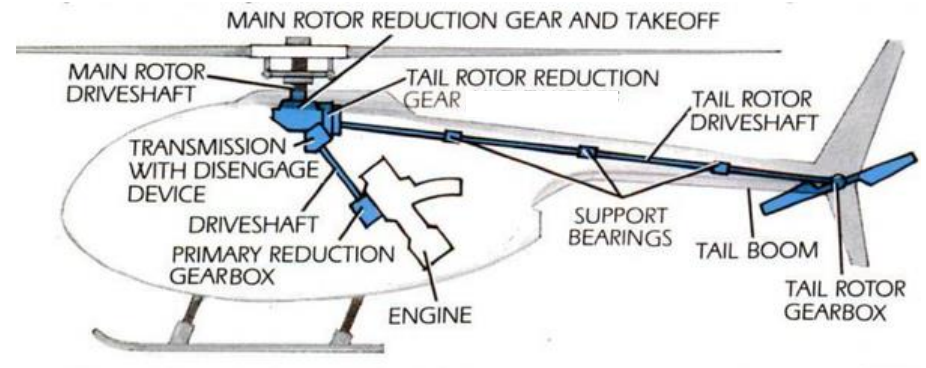
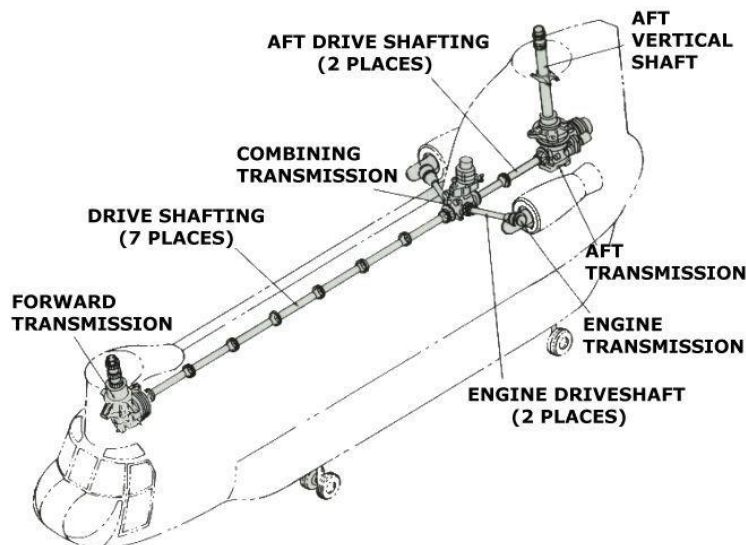
El sistema de transmisión transfiere potencia del motor al rotor principal, al rotor de cola y a otros accesorios durante las condiciones normales de vuelo.

Los componentes principales del sistema de transmisión son la transmisión del rotor principal, el sistema de accionamiento del rotor de cola, el embrague y la unidad de rueda libre.

Las transmisiones de helicópteros normalmente se lubrican y enfrían con su propio suministro de aceite y poseen detectores de chips ubicados en el sumidero, para detectar partículas de metal y dar una señal de advertencia en el panel de instrumentos del piloto mediante un sistema lumínico.

El propósito principal de la transmisión del rotor principal es reducir las rpm de salida del motor a las rpm óptimas del rotor. Esta reducción es diferente para los diferentes helicópteros. Como ejemplo, suponga que las rpm del motor de un helicóptero específico son 2.700. Una velocidad del rotor de 450 rpm requeriría una reducción de 6: 1. Una reducción de 9: 1 significaría que el rotor giraría a 300 rpm.

DRIVESHAFTS AND TRANSMISSIONS



ALAS ROTATIVAS

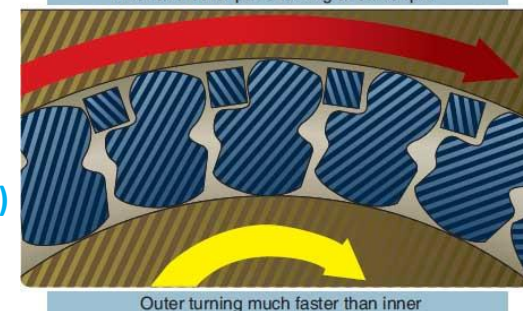
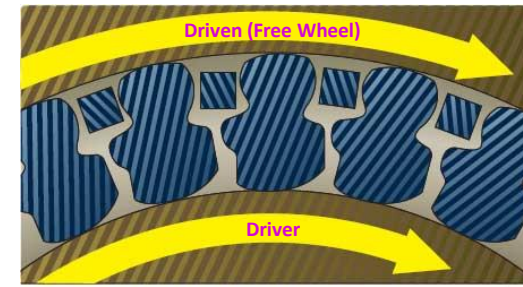
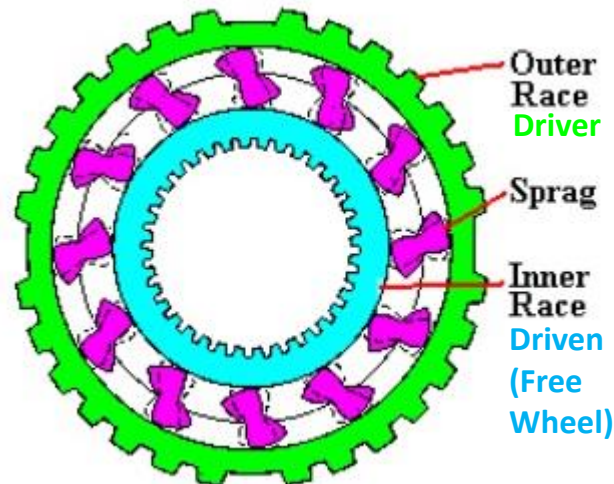
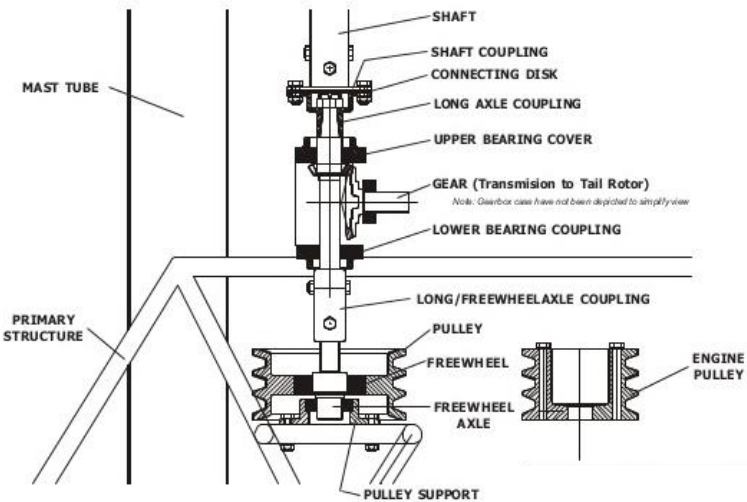
Transmisión Rueda Libre

La unidad de rueda libre desconecta automáticamente el rotor principal del motor cuando las revoluciones por minuto (rpm) del motor son menores que las rpm del rotor principal, permitiendo que el rotor principal y el rotor de cola continúen girando a velocidades normales de vuelo.

El conjunto de unidad de rueda libre más común consiste en un embrague de arrastre unidireccional ubicado entre el motor y la transmisión del rotor principal.

Esto generalmente se encuentra en la polea en un helicóptero de pistón o montado en la caja de accesorios en un helicóptero de turbina.

Cuando el motor acciona el rotor, las superficies inclinadas en el embrague de arrastre fuerzan los rodillos contra un tambor externo. Esto evita que el motor exceda las rpm de la transmisión. Si el motor falla, los rodillos se mueven hacia adentro, permitiendo que el tambor externo exceda la velocidad de la porción interna. La transmisión puede exceder la velocidad del motor. En esta condición, la velocidad del motor es menor que la del rotor, y el helicóptero está en autorrotación.



ALAS ROTATIVAS

El Flujo del Aire en Vuelo Estacionario

Para que un helicóptero se mantenga en estacionario debe mantener una posición constante sobre un punto seleccionado y el rotor principal debe generar una sustentación igual al peso total del helicóptero alcanzando el equilibrio.

Asumiendo una condición sin viento, las punteras de las palas deberían permanecer horizontales.

Si el ángulo de ataque de las palas es incrementado mientras que su velocidad permanece constante, aumentaremos la sustentación y por lo tanto podremos ascender, por el contrario disminuimos el ángulo de ataque, descenderemos.

En estacionario, los vórtices de punta de pala reducen la eficiencia de la porción externa de la misma.

Así mismo, los vórtices de la pala precedente afectan el desempeño de la pala siguiente.

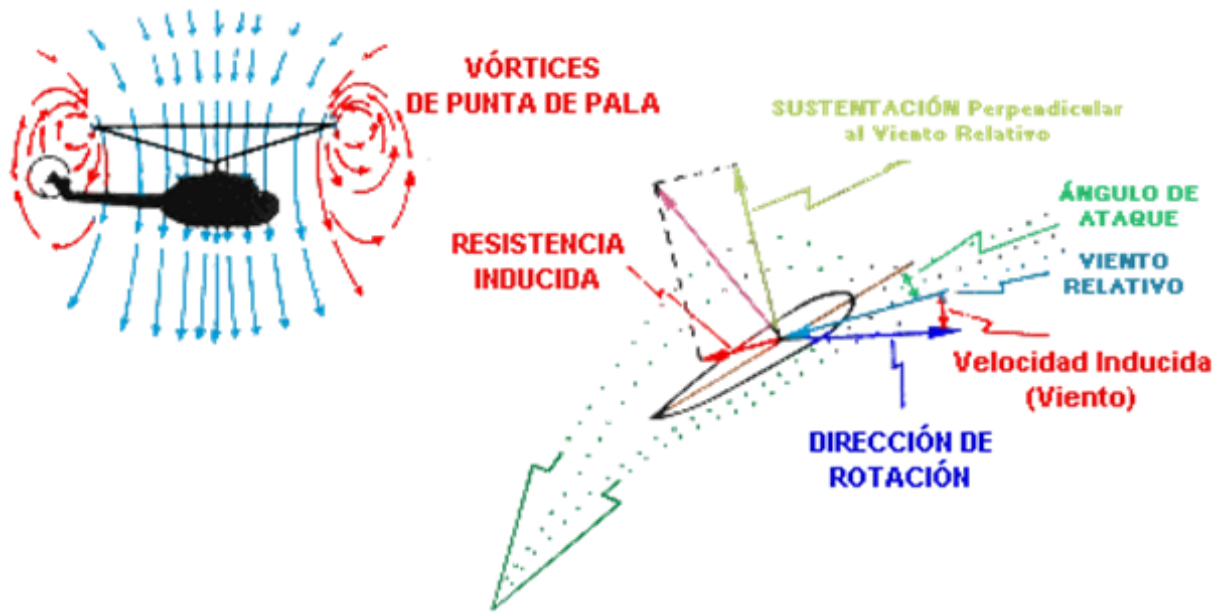
Si los vórtices generados por el pasaje de una pala permanecen por unos pocos segundos, entonces, dos palas girando a 350 RPM crearan 700 vórtices por minuto, cada uno de los cuales durando algunos segundos.

Esta continua creación de nuevos vórtices e ingestión de los preexistentes es una de las causas primarias de la alta potencia necesaria para sostener un estacionario.



ALAS ROTATIVAS

El Flujo del Aire en Vuelo Estacionario



Durante el estacionario, el rotor mueve grandes volúmenes de aire en sentido descendente.

Este proceso de "bombeo" del aire hacia abajo genera velocidades que pueden alcanzar entre 60 a 100 Kts. , dependiendo de la medida del rotor y del peso operativo del helicóptero.

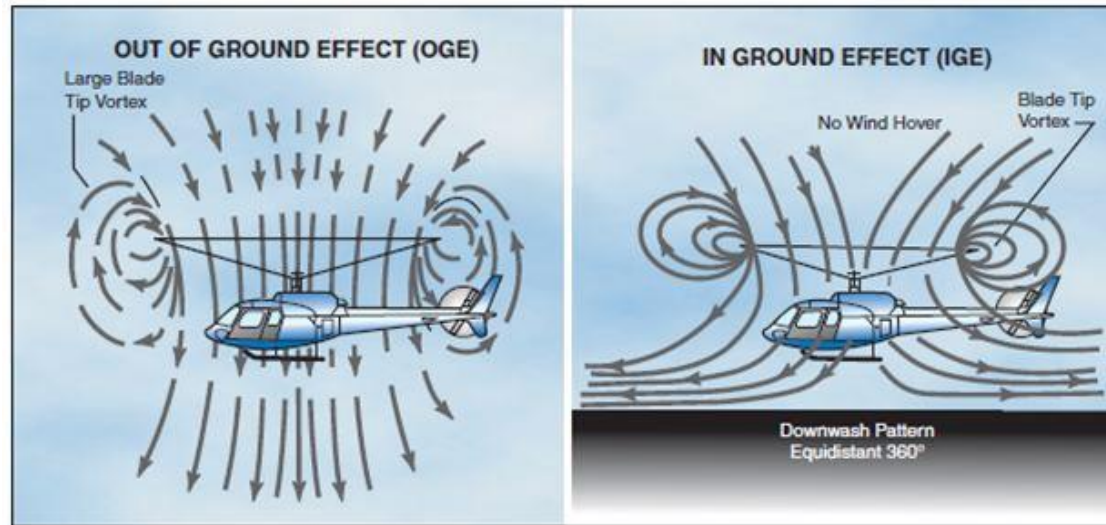
El flujo de aire hacia abajo (flujo inducido) ha introducido otro elemento en el viento relativo, el cual altera el ángulo de ataque del perfil produciendo una menor fuerza de sustentación.

Esta condición requiere que el piloto aumente el paso colectivo, para producir una mayor fuerza aerodinámica, y así poder sostener un vuelo estacionario.

A pesar que esto incrementa la sustentación, también incrementa la resistencia inducida, y por lo tanto la potencia requerida es mayor.

ALAS ROTATIVAS

El Flujo del Aire en Vuelo Estacionario



Efecto suelo

Este efecto es típicamente efectivo a menos de un diámetro de rotor sobre la superficie.

A medida que el flujo de aire inducido a través del disco del rotor se reduce por la fricción de la superficie, aumenta el vector de sustentación, permitiendo un ángulo inferior de la pala del rotor para la misma cantidad de sustentación, lo que reduce la resistencia inducida.

El efecto suelo también restringe la generación de vórtices en la punta de la pala debido al flujo de aire hacia abajo y hacia afuera que hace que una porción más grande de la pala produzca sustentación.

Cuando el helicóptero gana altitud verticalmente, sin velocidad de avance, el flujo de aire inducido ya no está restringido, y los vórtices de la punta de la pala aumentan con la disminución del flujo de aire hacia afuera, dando como resultado que la resistencia aumenta y se necesita más potencia para mover el aire hacia abajo a través del rotor.

El efecto suelo es máximo en condiciones sin viento sobre una superficie firme y lisa.

La hierba alta, el terreno accidentado, los revestimientos y las superficies de agua alteran el patrón de flujo de aire, causando un aumento en los vórtices de la punta del rotor.

ALAS ROTATIVAS

Sustentación por Translación

La eficiencia de un rotor es aumentada con cada kilómetro de velocidad que aumente el viento que pasa a través del mismo.

Después que la masa de aire ingresa al rotor, turbulencia y vórtices son dejados detrás, convirtiendo a la masa de aire más horizontal.

El flujo de aire es mucho más horizontal que en vuelo estacionario.

El flujo de aire descendente esta siendo desbordado y fluye bajo la nariz del helicóptero.

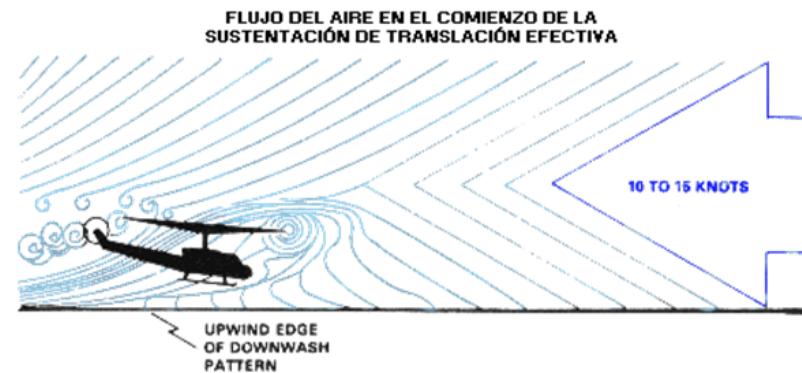
Alrededor de los 16/24 Kts. (dependiendo de las dimensiones del rotor y de las RPM) el rotor deja atrás a la recirculación de los vórtices, comenzando a trabajar en aire sin perturbar.

Cuando la velocidad del helicóptero se incrementa, la sustentación por translación comienza a ser más efectiva, y causa que la nariz del helicóptero se eleve (en ingles a veces llamado blowback).

Un helicóptero con un solo rotor principal efectuando la transición de vuelo estacionario a vuelo con velocidad, logra también mayor eficiencia en el rotor de cola, debido a que este también comienza a trabajar en aire menos turbulento.

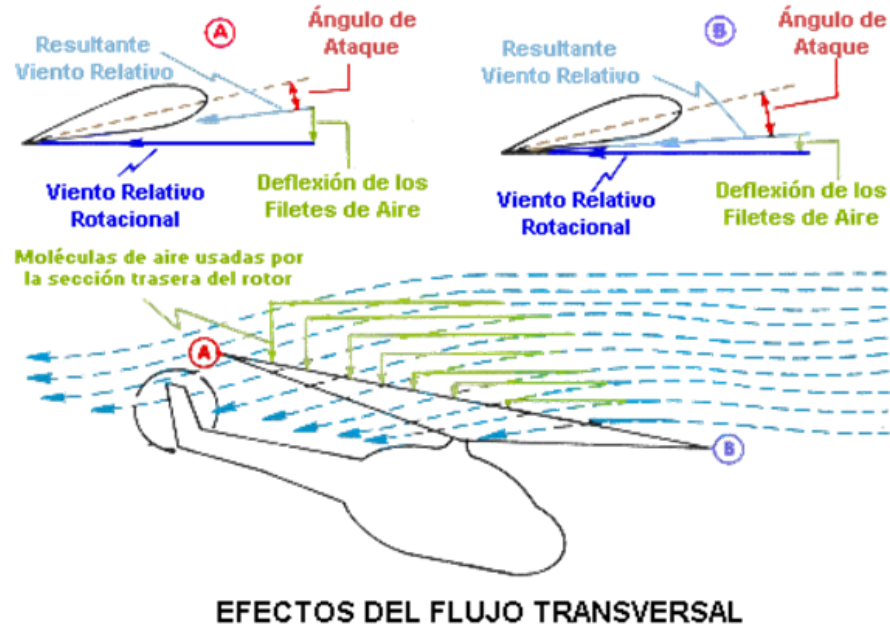
Con la eficiencia del rotor de cola, más empuje lateral es producido.

Esto causa que la nariz del helicóptero tienda a guiñar hacia la izquierda, si el rotor gira en sentido contrario a las agujas del reloj, por esto, durante un despegue con potencia constante, el piloto debe comenzar a aplicar pedal derecho para compensar la tendencia a guiñar a la izquierda.



ALAS ROTATIVAS

Flujo de Aire Transversal



En vuelo hacia adelante, el aire que pasa a través de la parte posterior del disco del rotor tiene un flujo de aire descendente (downwash) mayor que la parte delantera.

El flujo de aire descendente en la parte trasera del disco provoca un reducido ángulo de ataque, resultando en una menor sustentación.

Debido a que el flujo de aire es más horizontal en la parte delantera, un mayor ángulo de ataque y una mayor sustentación se obtienen en ese sector del disco.

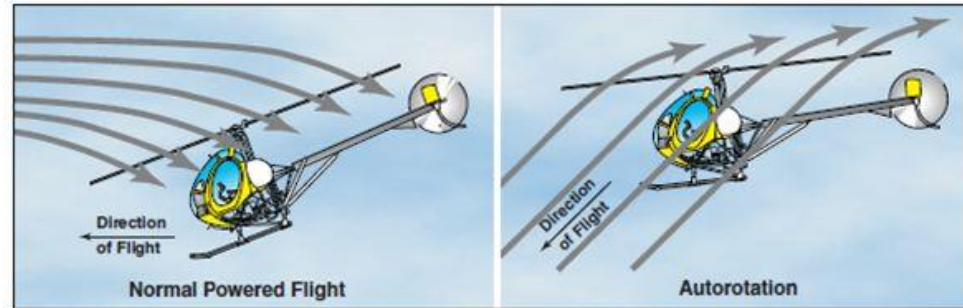
Esta diferencia entre la parte trasera del disco y la parte frontal es llamada flujo transversal.

Este flujo transversal causa diferencias de resistencia entre ambas partes del disco, resultando en vibraciones que son fácilmente reconocidas por el piloto.

Estas vibraciones son normalmente mas notorias a 10/20 Kts.

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



La autorrotación, o régimen de molinete, fenómeno peculiar de las aeronaves de alas rotatorias, asegura a estos aparatos la capacidad de aterrizar con seguridad en caso de falla del motor.

Durante el vuelo normal, el rotor de un helicóptero gira gracias al motor.

Cuando el motor falla, o es deliberadamente desenganchado, algunas otras fuerzas deben ser usadas para mantener las RPM y así lograr un aterrizaje sin problemas.

El flujo del aire durante el descenso del helicóptero provee la energía para vencer la resistencia de la pala y girar el rotor.

Cuando el helicóptero está descendiendo de esta forma, se dice que está en autorrotación.

El piloto entrega altitud, en un rango controlado, a cambio de mantener las RPM del rotor.

El helicóptero tiene energía potencial en virtud de su altitud y al comenzar el descenso, la energía potencial se transforma en energía cinética, almacenada en el giro del rotor.

El piloto utiliza esa energía cinética para amortiguar el aterrizaje cuando está cerca del suelo.

La mayoría de las autorrotaciones son ejecutadas con velocidad hacia adelante.

Para la condición de autorrotación sin desplazamiento hacia adelante y con viento calmo, las fuerzas que hacen que las palas giren, son iguales en todas las palas, sin importar su posición (pala que retrocede o que avanza).

Por lo tanto, la asimetría de la sustentación, en este caso, no influye, siendo considerada en otras condiciones de vuelo.

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



Durante una autorrotación vertical, el disco del rotor está dividido en tres regiones:

La zona pintada de azul es la llamada "Zona de Resistencia", se ubica cerca de la puntera de las palas y abarca un área de alrededor de un 30 % del radio.

La Fuerza Aerodinámica en esta región está inclinada ligeramente detrás del eje de rotación.

Esto da por resultado en una fuerza de resistencia que tiende a disminuir la rotación de las palas.

La Zona Autorrotativa, representada en color verde, se encuentra normalmente entre el 25 al 70 % del radio del rotor.

La Fuerza Aerodinámica en esta región se ubica ligeramente hacia adelante del eje de rotación, resultando con esto en un "empuje" que tiende a acelerar la rotación de las palas.

La tercer región, representada en color naranja, es la Región de Pérdida, normalmente ubicada desde el centro del rotor hasta un 25 % del mismo.

Esta zona opera sobre el ángulo de ataque de la pérdida de sustentación, causando resistencia que tiende a "frenar" a la pala.

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

Se encuentran tres regiones en la pala: la parte A es la región impulsada, B y D son puntos de equilibrio, la parte C es la región impulsora y la parte E es la región de pérdida.

Los vectores de fuerza son diferentes en cada región porque el viento relativo de rotación es más lento cerca de la raíz de la pala y aumenta continuamente hacia la punta de la pala.

La región impulsada, también llamada región de hélice, parte A, está más cerca de las puntas de las palas, normalmente, consiste en aproximadamente el 30 % del radio ubicándose entre el 70% y 100 %, y la fuerza aerodinámica total (TAF) actúa detrás del eje de rotación, lo que resulta en una fuerza de resistencia general.

La región impulsada produce algo de sustentación, pero se compensa con la resistencia.

El resultado general es una desaceleración en la rotación de la pala y el tamaño de esta región varía con el paso de la pala, la velocidad de descenso y las rpm del rotor.

Hay dos puntos de equilibrio en la pala: uno entre la región impulsada y la región impulsora, y uno entre la región impulsora y la región de pérdida, donde el TAF está alineado con el eje de rotación; se produce sustentación y resistencia, pero el efecto total no produce aceleración ni desaceleración.

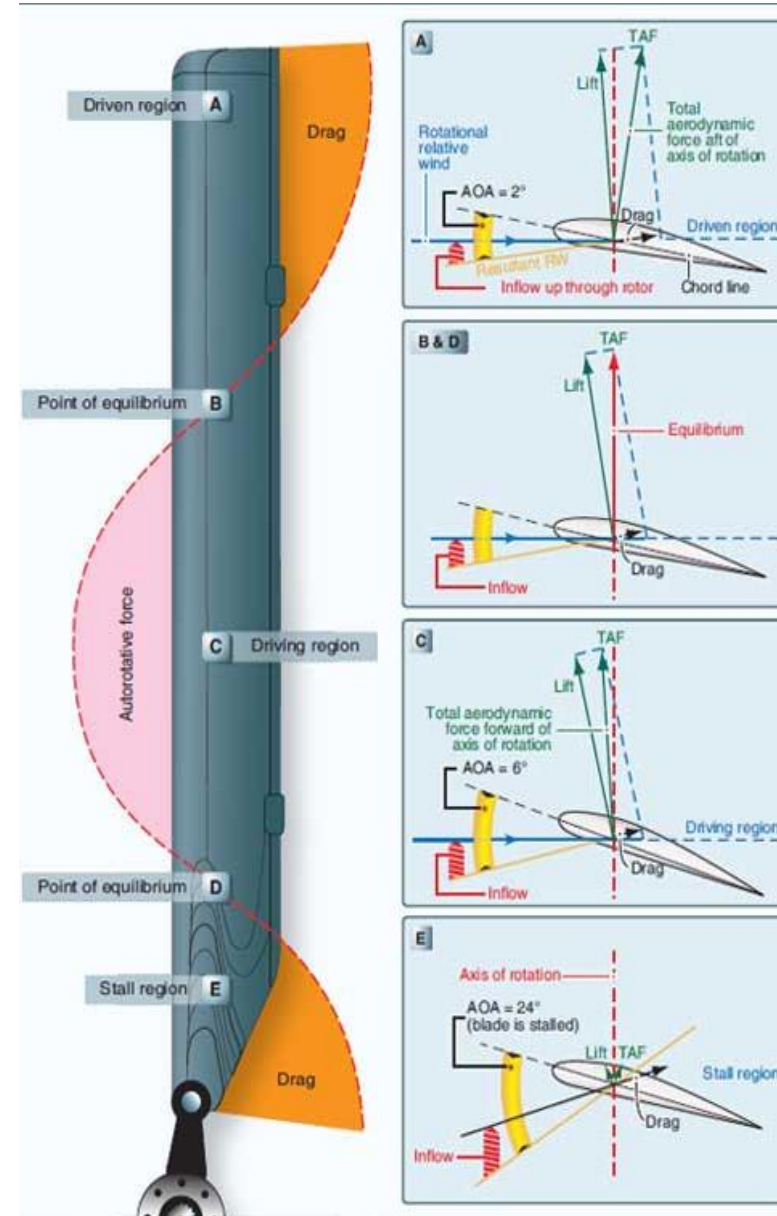
La región impulsora, o región autorrotativa, normalmente se encuentra entre el 25 y el 70 % del radio de la pala.

La parte C muestra la región de accionamiento de la pala, que produce las fuerzas necesarias para impulsar las palas durante la autorrotación.

La fuerza aerodinámica total en la región de conducción está inclinada ligeramente hacia adelante del eje de rotación, produciendo una fuerza de aceleración continua.

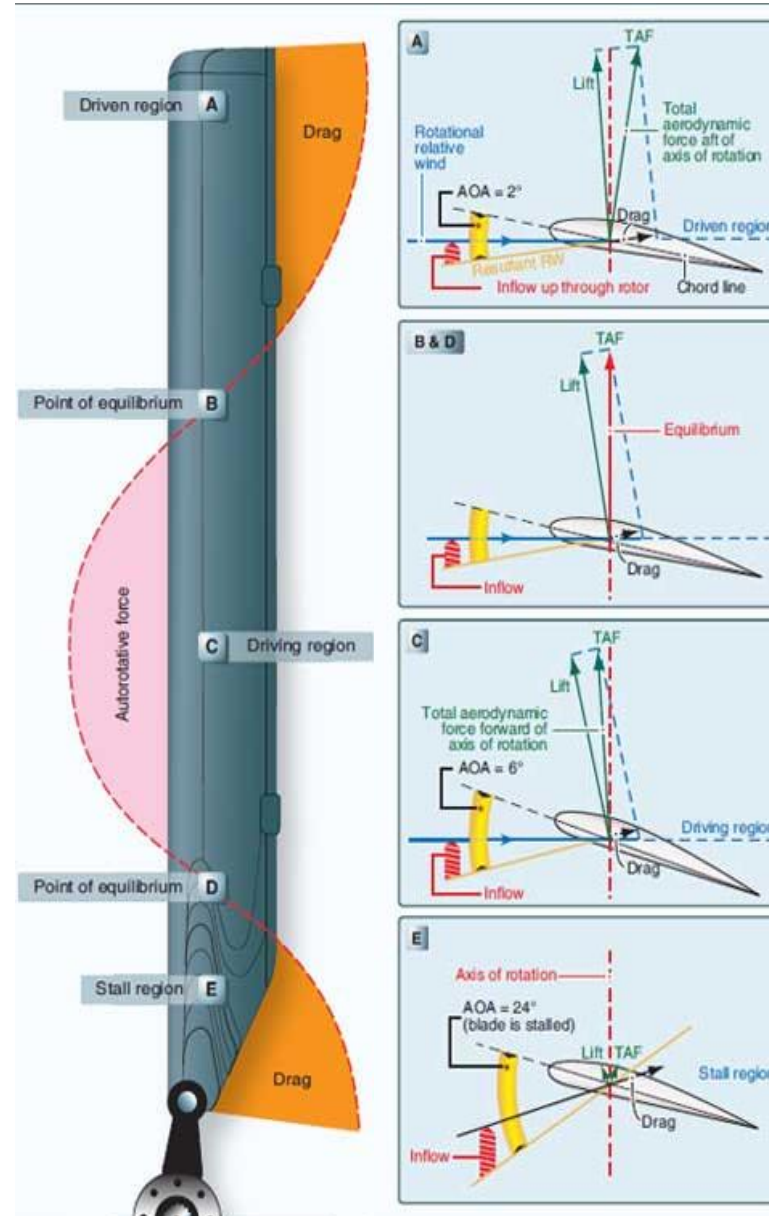
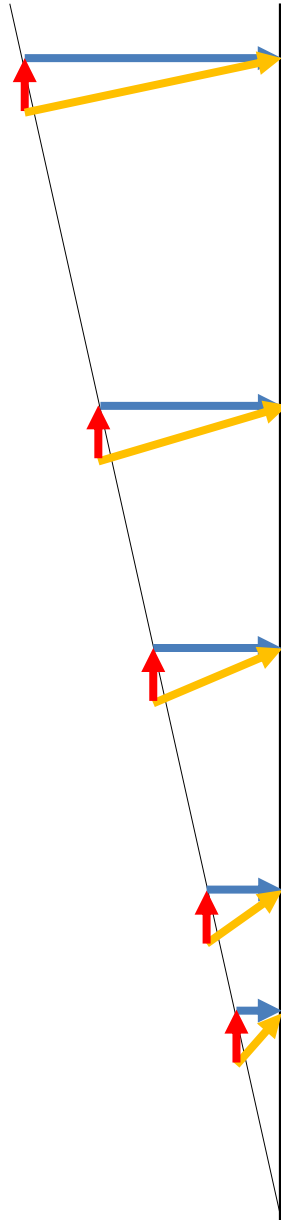
Esta inclinación proporciona empuje, que tiende a acelerar la rotación de la pala. El tamaño de la región de conducción varía con la configuración del paso de la pala, la velocidad de descenso y las rpm del rotor.

El 25 por ciento interno de la pala del rotor, parte E, se conoce como la región de pérdida y funciona por encima de su AOA máximo, lo que provoca una resistencia, que tiende a ralentizar la rotación de la pala.



ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



Las fuerzas que componen la autorrotación con velocidad son las mismas que en la autorrotación vertical y con viento calmo.

Sin embargo, debido a que la velocidad cambia el flujo de aire a través del disco del rotor, la región autorrotativa y la región de pérdida se mueven hacia el lado de la pala que retrocede, donde el ángulo de ataque es más grande.

Debido al bajo ángulo de ataque de la pala que avanza, la mayor parte de la zona de resistencia se encuentra sobre este sector.

En la pala que retrocede se ubica la mayor parte de la zona de pérdida y una parte muy pequeña de la parte de la raíz tiene flujo inverso.

La zona de resistencia se encuentra reducida.

La autorrotación puede dividirse en tres fases: la entrada, el descenso estabilizado y la desaceleración y posterior aterrizaje.

Cada una de estas fases son aerodinámicamente diferentes unas de las otras.

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

La **entrada** en autorrotación es subsiguiente a la plantada del motor.

Inmediatamente a la pérdida de potencia, las RPM del rotor comienzan a decrecer, siendo más notoria esta pérdida de RPM con altos valores de paso colectivo.

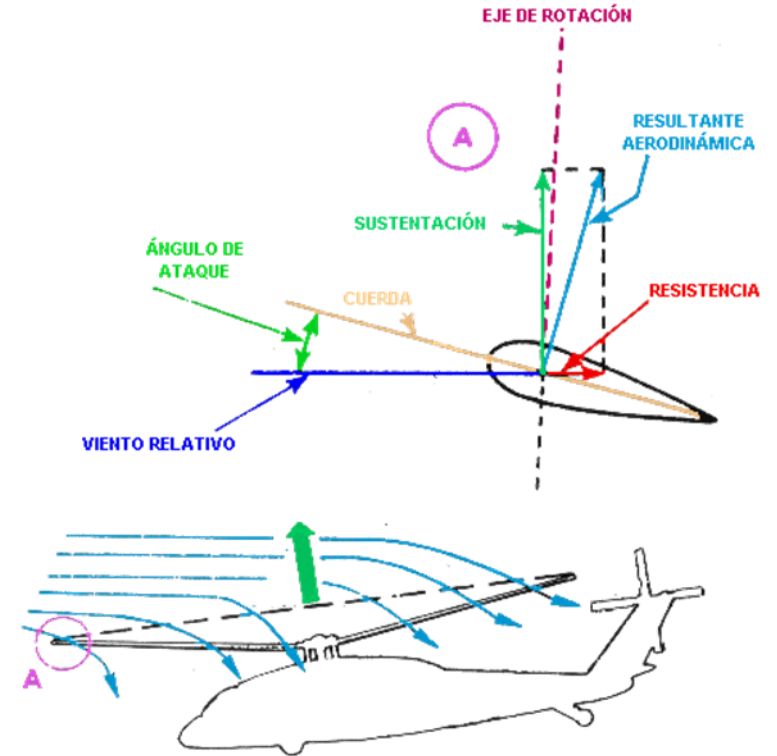
En la mayoría de los helicópteros esta pérdida de RPM es bastante rápida, obligando al piloto a una rápida reducción del paso colectivo que prevenga de una reducción de las RPM del rotor más allá del límite inferior de las mismas.

Además, una acción de "cíclico atrás" si la plantada del motor se produce a altas velocidades (esta técnica variará con los diferentes modelos de helicópteros) debe ser realizada por el piloto.

Se aprecia que la **resistencia** y la **sustentación** son bastantes grandes y que la **fuerza resultante aerodinámica** se encuentra bien inclinada hacia atrás del eje de rotación.

Si el motor se planta en estas condiciones de vuelo, las RPM del rotor van a disminuir rápidamente.

Para prevenir esta situación el piloto debe bajar rápidamente el paso colectivo logrando con esto disminuir la **resistencia** e inclinar la **fuerza resultante aerodinámica** total hacia adelante, cercana al eje de rotación.



VECTORES DE FUERZAS EN VUELO NIVELADO A ALTA VELOCIDAD

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

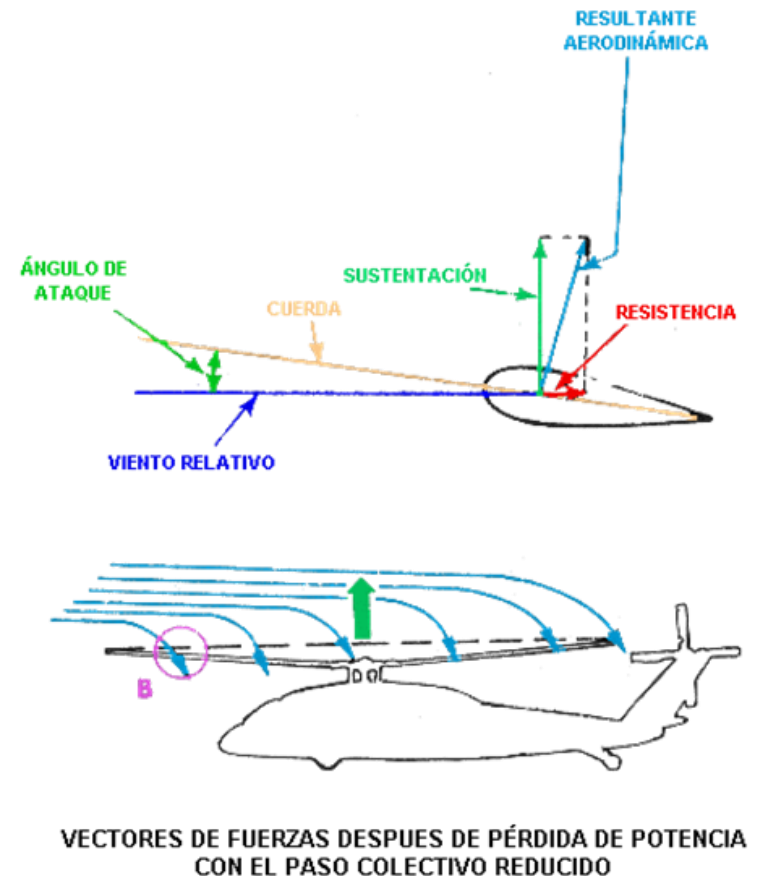
Esta figura muestra las diferentes fuerzas en el momento posterior a la pérdida del motor.

El paso colectivo ha sido reducido pero el helicóptero no ha comenzado aún el descenso.

La sustentación y la resistencia se han reducido y la fuerza resultante aerodinámica se ha desplazado hacia adelante, con respecto al vuelo con potencia.

Cuando el helicóptero comience el descenso, el flujo de aire cambiará, causando que la fuerza aerodinámica se desplace más hacia adelante, hasta que alcance un equilibrio donde mantenga las RPM en el rango operativo normal para una autorrotación.

El piloto establece un planeo a una velocidad entre los 50 a 75 Kts. , dependiendo del helicóptero y el peso operativo.



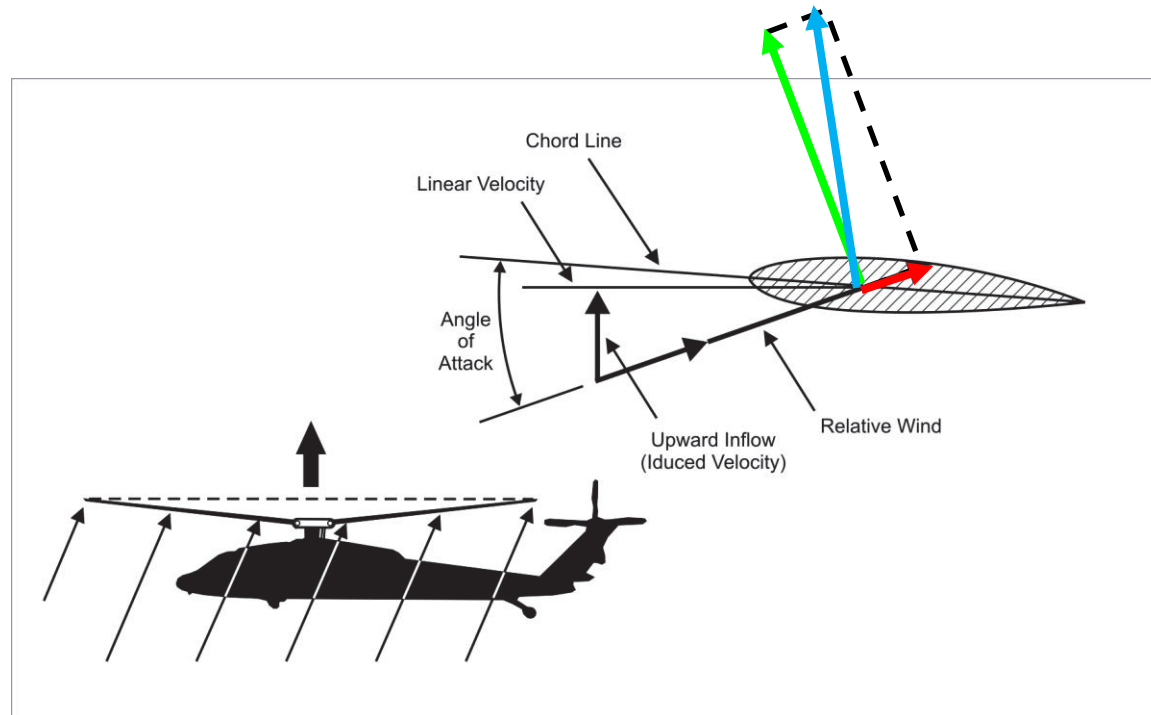
ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

En el **descenso estabilizado** el **flujo de aire** es ahora ascendente debido al descenso del helicóptero, provocando un alto ángulo de ataque (el ángulo de la pala no ha variado con respecto a la situación anterior, donde el descenso todavía no se había establecido).

La **fuerza resultante aerodinámica** se inclina hacia adelante hasta que logra un equilibrio, a partir de este momento, las RPM y el rango de descenso se estabilizan y el helicóptero desciende a un ángulo constante.

El ángulo de descenso normal es aproximadamente de 17 a 20 grados, dependiendo de la velocidad del helicóptero, la densidad de altitud, el viento, el diseño particular de cada helicóptero y de otras variables (peso operativo, turbulencia, etc.).



Autorrotación

ALAS ROTATIVAS

Para generar una **desaceleración o parada rápida (Flare)** y obtener un aterrizaje normal en autorrotación el piloto debe reducir la velocidad y el ángulo de descenso, antes del toque con el piso.

Estas dos acciones son realizadas con el control cíclico, hacia atrás, que cambia la posición del disco del rotor con respecto al viento relativo.

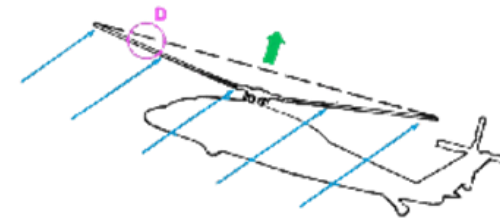
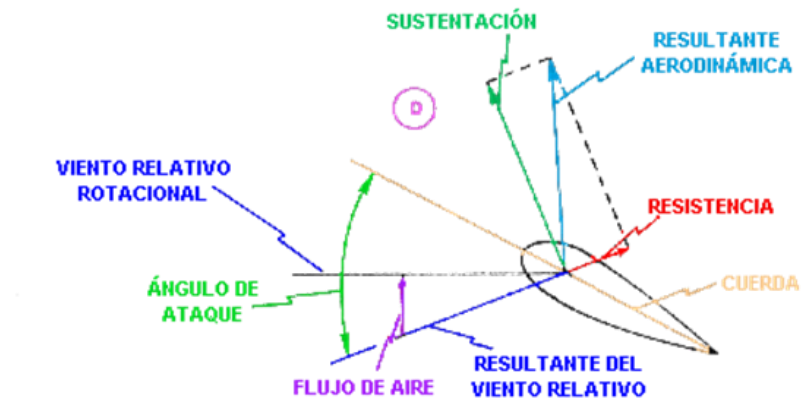
El cambio de actitud, inclina la **fuerza resultante aerodinámica** hacia atrás y se reduce la velocidad de translación.

Se incrementa el ángulo de ataque de las palas, debido al cambio de la dirección del flujo de aire.

Como resultado, la **sustentación** es incrementada y el rango de descenso es reducido.

Las RPM también son incrementadas cuando el vector de la **fuerza resultante aerodinámica** aumenta, por lo tanto, la energía cinética de las palas es aumentada permitiendo un aterrizaje mas suave.

Luego que la velocidad hacia adelante es reducida, así como el rango de descenso, el piloto debe comenzar a utilizar el paso colectivo para obtener un aterrizaje seguro.



DESACELERACIÓN (PARADA RÁPIDA - FLARE)

ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



ALAS ROTATIVAS

Autorrotación



ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

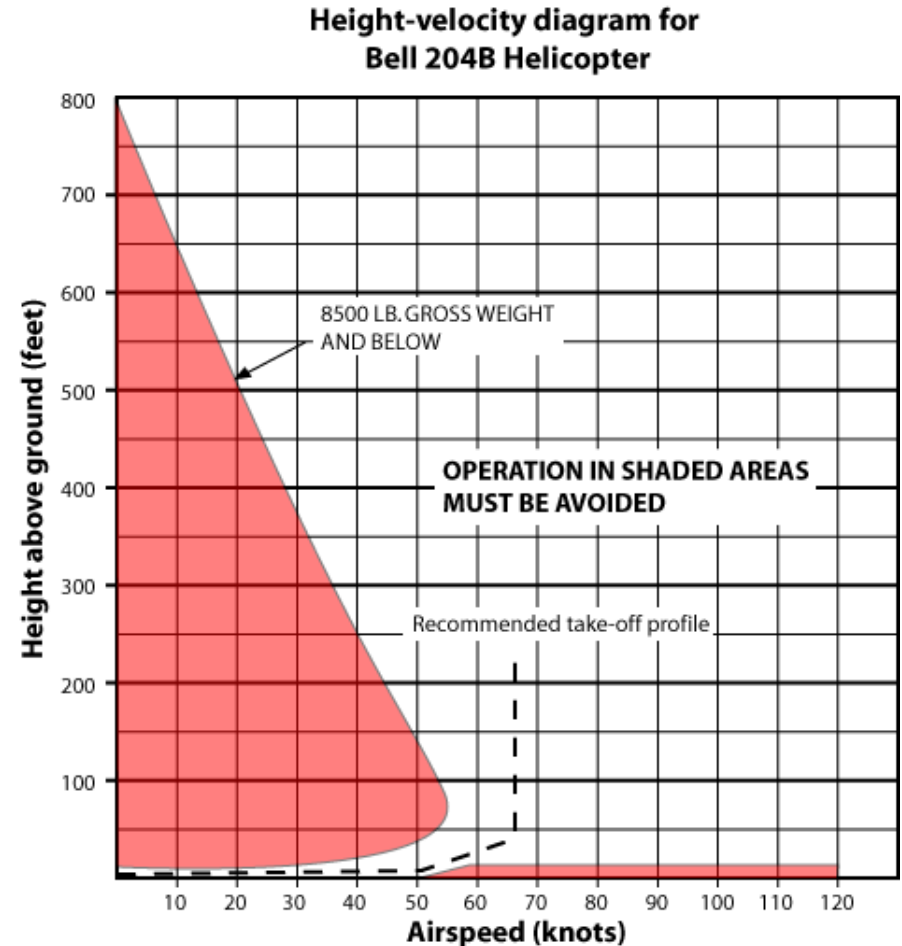
Los fabricantes de helicópteros publican una carta en el manual de vuelo que muestra las combinaciones de velocidad y altura que deben evitarse, aunque el piloto no tiene prohibido volar en estas áreas.

Se conoce comúnmente como la curva H-V, el diagrama de altura-velocidad o “CURVA DEL HOMBRE MUERTO”.

La gráfica muestra áreas sombreadas que deben evitarse porque en el caso de una falla de potencia, el helicóptero podría no ser capaz de realizar una autorrotación exitosa.

En el instante en que el motor se detiene, la aeronave mantiene almacenada energía en forma de altitud, velocidad y rpm del rotor, siendo una autorrotación exitosa el uso efectivo de esa energía para aterrizar con seguridad el helicóptero.

Esta misma energía, si no se usa correctamente, puede destruir el helicóptero y sus ocupantes.



ALAS ROTATIVAS

Autorrotación

La altura sobre el nivel del suelo (height above ground level (AGL)) es una altura medida con respecto a la superficie del suelo subyacente, esto es opuesto a la altitud / elevación sobre el nivel medio del mar (above mean sea level (AMSL)).

El área sombreada en el lado izquierdo de la gráfica muestra bajas velocidades y alturas donde el helicóptero no contiene suficiente energía almacenada para realizar una autorrotación exitosa.

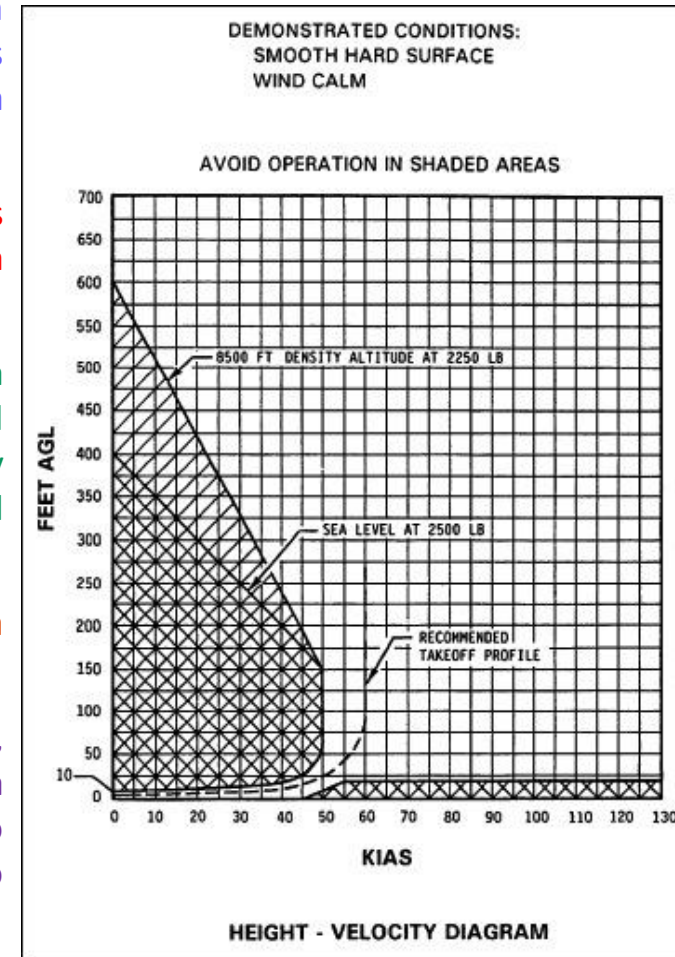
La parte inferior del gráfico también muestra un área sombreada de baja altura y de alta velocidad que también debe evitarse porque no le permite al piloto un tiempo de reacción suficiente para establecer una actitud nivelada y puede requerir una maniobra “nariz arriba” brusca que podría provocar que el rotor de cola golpee el suelo.

La gráfica mostrada es de un ROBINSON R44 y representa un área sombreada para el nivel del mar y además para una altitud de densidad de 8,500 pies.

La línea punteada es una recomendación al piloto para que ante un despegue, primero debe aumentar la velocidad de la aeronave y luego de alcanzar una velocidad de seguridad, ya puede comenzar a ganar altura de vuelo, todo esto para garantizar que, ante una eventual emergencia con posterior autorrotación, el procedimiento sea seguro.

Debido a la naturaleza de las operaciones de helicópteros como los despegues en áreas confinadas, a veces los pilotos necesitan operar en el área sombreada.

Conocer el diagrama H-V para el modelo de helicóptero que está volando es importante para comprender cuándo recuperarse de una falla del motor puede ser difícil o incluso imposible.



ALAS ROTATIVAS

Asentamiento con potencia

Se denomina asentamiento con potencia, cuando el helicóptero se establece dentro de su propio flujo descendente (downwash).

Las condiciones para un asentamiento con potencia son, un descenso vertical o casi vertical, de al menos unos 300 pies por minuto y una baja velocidad horizontal.

Estas condiciones pueden producirse, normalmente, en aproximaciones con viento de cola o cuando se está volando en formación y se ingresa en la zona de turbulencia dejada por la otra aeronave.

El mantenimiento de esta distribución de velocidad del aire inducido dependerá de la suficiente potencia disponible para proporcionar el empuje para soportar el peso.

El helicóptero puede descender a un alto rango, el cual excede la velocidad del flujo inducido descendente, generándose un flujo inverso, dirigiéndose desde la sección inferior hacia arriba.

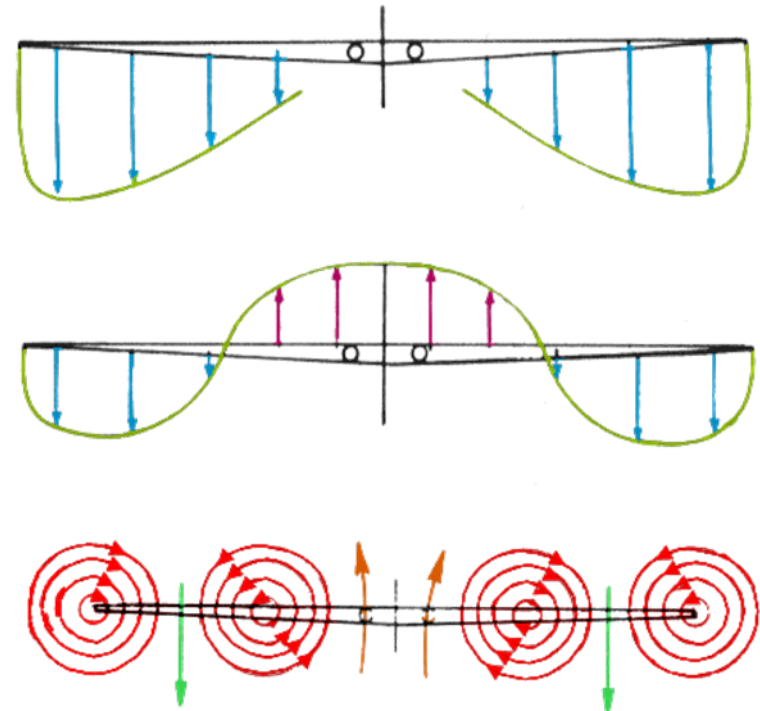
Esto produce un anillo de vórtices secundarios que se suma a los ya conocidos formados en la punta de las palas.

El resultado es un inestable flujo turbulento en una gran sección del disco de rotor, que le provoca pérdida de eficiencia aún si se le aplica más potencia sobre el mismo.

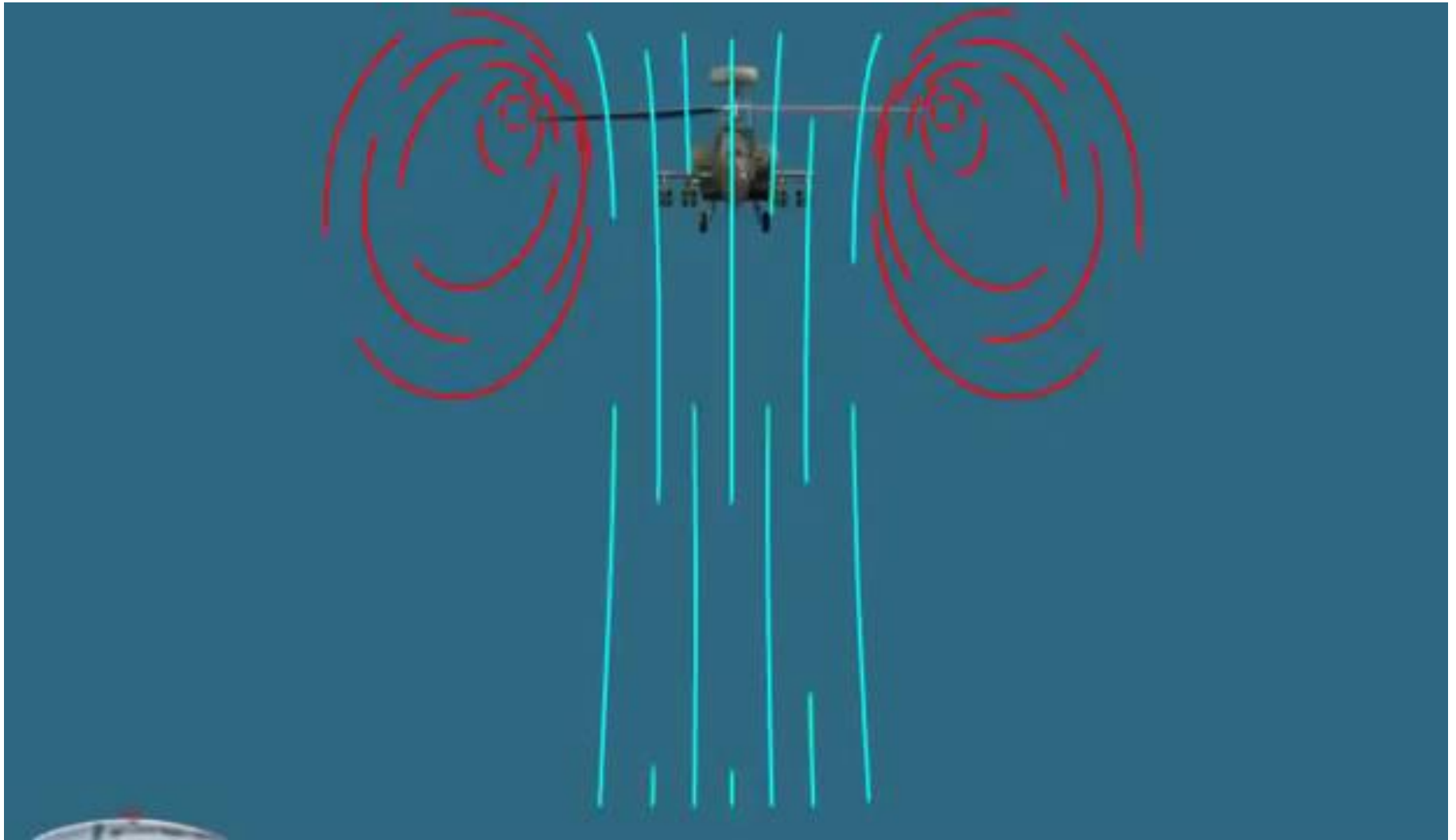
Si el helicóptero comienza a asentarse, el flujo ascendente comenzará a prevalecer en el centro del rotor y se extenderá hacia afuera.

Como el flujo ascendente impuesto sobre el rotor de un helicóptero que desciende es uniforme a través del rotor, la influencia se sentirá primero en el centro.

Si el helicóptero continúa descendiendo en las condiciones anteriores de potencia insuficiente, el helicóptero entrará en un estado de flujo de anillo de vórtice produciendo pérdida de control por turbulencia.



ALAS ROTATIVAS



ALAS ROTATIVAS

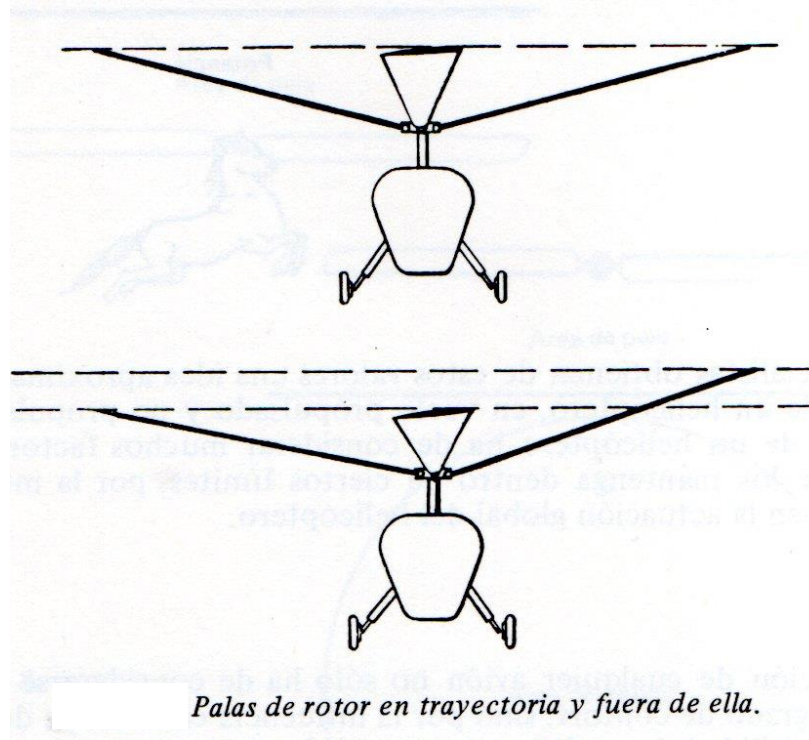
Trayectoria y Balanceo

El desgaste prematuro y las fallas en los componentes giratorios del helicóptero se pueden atribuir al exceso de niveles de vibración. Reducir estos niveles de vibración en la célula al mínimo es absolutamente esencial para garantizar la seguridad y la longevidad del helicóptero.

La trayectoria y el balanceo del rotor principal es el proceso de suavizar las vibraciones en el fuselaje, pero no es el único conjunto giratorio a tener en cuenta en un helicóptero; hay otros, como el conjunto del rotor de cola y los conjuntos del eje de transmisión.

El rotor principal de helicóptero es capaz de producir vibraciones tanto en el plano **vertical** como en el **lateral**.

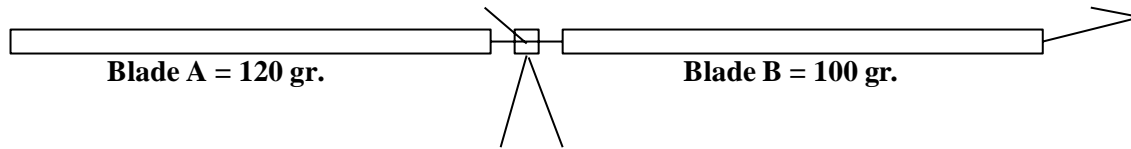
Una **vibración vertical** es el resultado de una elevación desigual de las palas del rotor principal, generando diferentes trayectorias en cada pala. Esta elevación desigual puede ser el resultado de ajustes incorrectos de las barras de control de ángulo de paso y las aletas de trim. Estas constituyen las causas más comunes de vibración vertical.



ALAS ROTATIVAS

Trayectoria y Balanceo

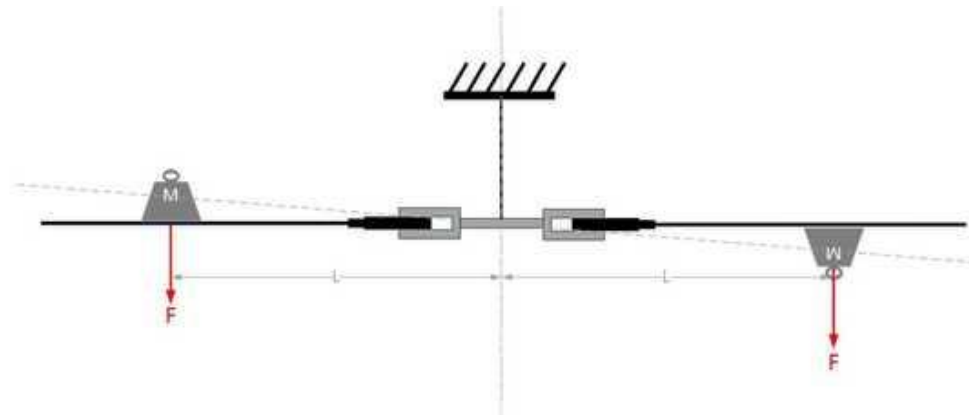
Una **vibración lateral** es el resultado de una distribución desigual de la masa en el "disco" del rotor principal. Esta distribución desigual puede ser el resultado del proceso de fabricación, que permite diferencias de peso de las palas o componentes.



También se puede sentir una vibración lateral como resultado de un rotor que posee sus palas fuera de trayectoria.

Puede ocurrir que las palas de un rotor estén estáticamente equilibradas al colgarlas horizontalmente de un punto, sin embargo, hay dos errores de masa, uno en la parte superior de una pala y otro en la parte inferior de la otra pala. Estos errores de masa podrían ser causados por un exceso de resina, material de unión o cualquier otra ligera diferencia en el ensamblaje o los materiales. En cualquier caso, si las dos masas se compensan entre sí ($\text{masa1} \times \text{radio1} = \text{masa2} \times \text{radio2}$), el equilibrio estático indicará que las palas están equilibradas.

Una vez que el rotor gira, estas dos masas comenzarán a intentar alinearse a lo largo del plano de rotación del rotor. Esto causará una vibración cuando las dos masas fuercen a las palas a alterar sus caminos para alinear los pesos. Esta es una de las razones por las que es necesario un balanceo dinámico.



ALAS ROTATIVAS

Trayectoria y Balanceo

Método de Bandera

El método de bandera para medir la trayectoria de las palas consiste en un poste largo y liviano sostenido verticalmente, con dos brazos horizontales que se extienden desde él y los une una bandera de lona.

Las puntas individuales de las palas del rotor principal se recubren con un lápiz o tiza de grasa de diferentes colores.

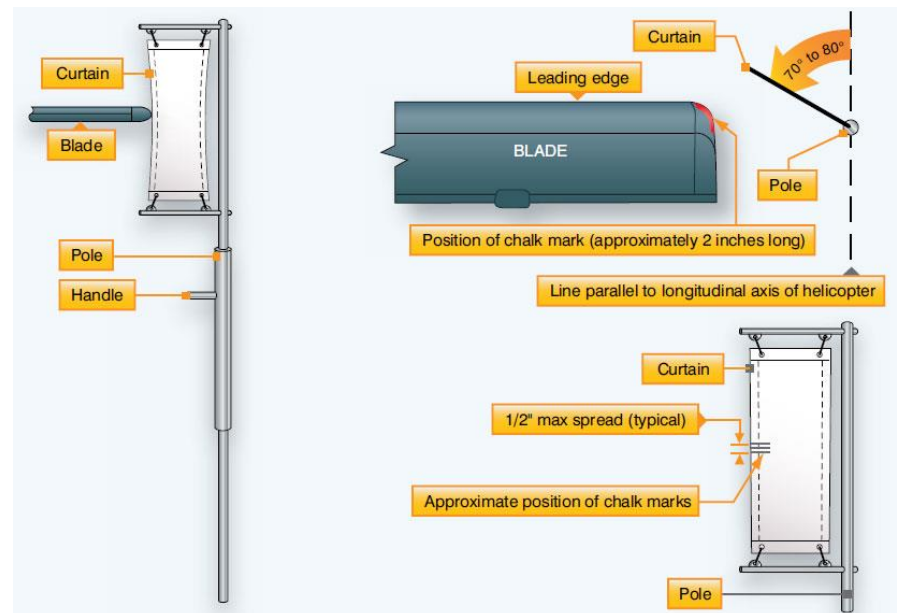
Con el helicóptero rodando en el suelo, la bandera se acerca hacia el disco del rotor.

Cuando las puntas de las palas de colores individuales hacen contacto con la bandera, cada una deja una marca correspondiente a su color asignado.

Si las marcas se separaron verticalmente, se necesita un ajuste de cambio de paso para alinear las palas.

Si las marcas se superponen entre sí, no es necesario realizar ningún ajuste.

Los inconvenientes de este método son obvios: Es peligroso y no permite mediciones en vuelo.



ALAS ROTATIVAS

Trayectoria y Balanceo

Método Luz Estroboscópica

Otro método para medir la trayectoria de las palas es generar puntos de referencia en las palas del rotor principal y "congelar" visualmente su trayectoria de vuelo mediante el uso de una luz estroboscópica.

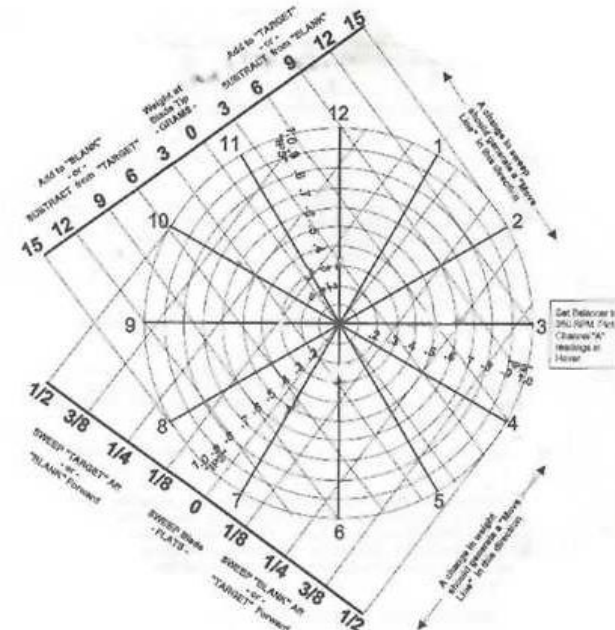
Esta medición se realiza para todas las velocidades de vuelo de interés.

Además se utilizan sensores de vibración montados en la célula en ubicaciones específicas.

Esto facilita la medición y el registro de las diversas amplitudes de vibración en los planos vertical y lateral.

Esta amplitud (expresada en pulgadas por segundo - IPS), combinada con el ángulo de fase (o posición de reloj) de la vibración, permite determinar las correcciones mediante el uso de una carta polar de papel.

La carta polar es para uso específico del modelo de helicóptero, diferentes modelos requieren su propio gráfico.



ALAS ROTATIVAS

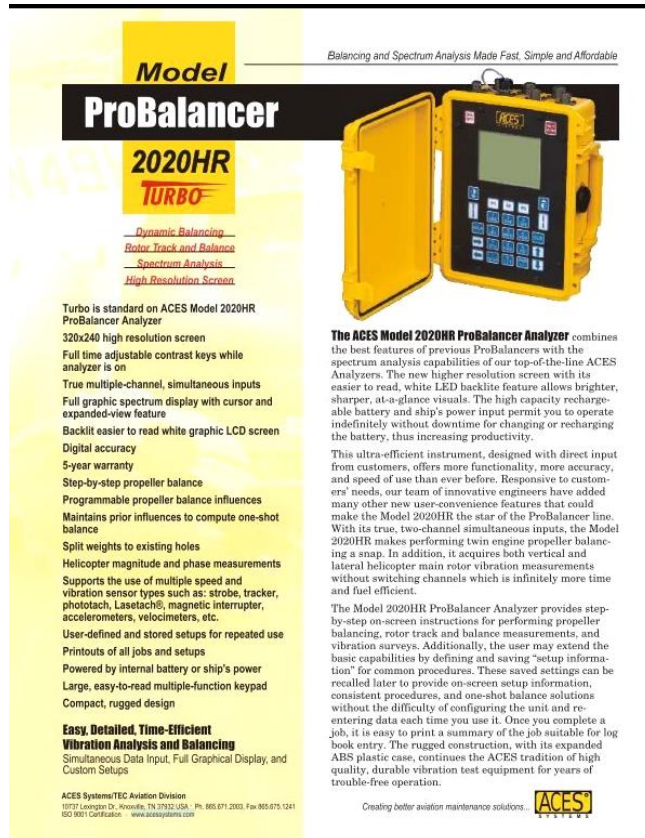
Trayectoria y Balanceo Analizadores digitales

El método utiliza analizadores digitales basados en microprocesadores capaces de realizar todos los cálculos de balanceo.

Los programas de software son desarrollados para una aplicación de célula específica.

Además se utilizan equipos ópticos de adquisición de datos de trayectoria de las palas, permitiendo recopilar datos de trayectoria de pala sin tener puntos de referencia en las palas o interpretar visualmente la posición de las mismas.

Su inconveniente es el hecho de que los coeficientes utilizados en los programas de software no son los mismos de una célula a otra de la misma marca y modelo.



Model ProBalancer 2020HR TURBO

Balancing and Spectrum Analysis Made Fast, Simple and Affordable

Dynamic Balancing
Rotor Track and Balance
Spectrum Analysis
High Resolution Screen

Turbo is standard on ACES Model 2020HR ProBalancer Analyzer
320x240 high resolution screen
Full time adjustable contrast keys while analyzer is on
True multiple-channel, simultaneous inputs
Full graphic spectrum display with cursor and expanded-view feature
Backlit easier to read white graphic LCD screen
Digital accuracy
5-year warranty
Step-by-step propeller balance
Programmable propeller balance influences
Maintains prior influences to compute one-shot balance
Split weights to existing holes
Helicopter magnitude and phase measurements
Supports the use of multiple speed and vibration sensor types such as: strobe, tracker, phototach, Lasetché®, magnetic interrupter, accelerometers, velocimeters, etc.
User-defined and stored setups for repeated use
Printouts of all jobs and setups
Powered by internal battery or ship's power
Large, easy-to-read multiple-function keypad
Compact, rugged design

Easy, Detailed, Time-Efficient Vibration Analysis and Balancing
Simultaneous Data Input, Full Graphical Display, and Custom Setups

ACES Systems/TEC Aviation Division
10737 Livingston Dr., Knoxville, TN 37932 USA • Ph. 865.671.2003, Fax 865.675.1241
ISO 9001 Certification • www.acesystems.com

The ACES Model 2020HR ProBalancer Analyzer combines the best features of previous ProBalancers with the spectrum analysis capabilities of our top-of-the-line ACES Analyzers. The new higher resolution screen with its easier to read, white LED backlite feature allows brighter, sharper, at-a-glance visuals. The high capacity rechargeable battery and ship's power input permit you to operate indefinitely without downtime for changing or recharging the battery, thus increasing productivity.

This ultra-efficient instrument, designed with direct input from customers, offers more functionality, more accuracy, and speed of use than ever before. Responsive to customers' needs, our team of innovative engineers have added many other new user-convenience features that could make the Model 2020HR the star of the ProBalancer line. With its true, two-channel simultaneous inputs, the Model 2020HR makes performing twin engine propeller balancing a snap. In addition, it acquires both vertical and lateral helicopter main rotor vibration measurements without switching channels which is infinitely more time and fuel efficient.

The Model 2020HR ProBalancer Analyzer provides step-by-step on-screen instructions for performing propeller balancing, rotor track and balance measurements, and vibration surveys. Additionally, the user may extend the basic capabilities by defining and saving "setup information" for common procedures. These saved settings can be recalled later to provide on-screen setup information, consistent procedures, and one-shot balance solutions without the difficulty of configuring the unit and re-entering data each time you use it. Once you complete a job, it is easy to print a summary of the job suitable for log book entry. The rugged construction, with its expanded ABS plastic case, continues the ACES tradition of high quality, durable vibration test equipment for years of trouble-free operation.

Creating better aviation maintenance solutions **ACES**



ALAS ROTATIVAS

Trayectoria y Balanceo

Correcciones laterales

Una vibración lateral es la distribución desigual de la masa en el "disco" del rotor.

Las correcciones más comunes son colocar peso en el cubo del rotor principal en ubicaciones específicas o desplazar las palas del rotor principal hacia adelante o hacia atrás de su posición angular, o una combinación de ambos métodos; según el diseño del helicóptero.

Esta corrección se basa en la medición de la vibración lateral, ya sea en el suelo o en vuelo estacionario.

Correcciones verticales

Una vibración vertical es el resultado de una elevación desigual en la trayectoria de las palas del rotor principal.

Hay dos ajustes utilizados para corregir una vibración vertical:

1) Variar la longitud de las barras de control de ángulo de paso del rotor principal (PCL, Pitch Change Links).

Este ajuste se usa generalmente para corregir la separación vertical de la pala durante el rodaje en el suelo y la vibración vertical en vuelo estacionario.

2) El segundo ajuste disponible es mover la aleta de trim del rotor principal hacia arriba o abajo para hacer que una pala vuele más alto o más bajo.

El ajuste de la aleta de trim se utiliza principalmente para correcciones en vuelo.

Las aletas de trim son muy sensibles y es importante tener cuidado y precaución al hacer ajustes dado que aumentará o disminuirá la resistencia de esa pala.

A medida que aumenta el paso de la pala, aumenta la resistencia, haciendo que la pala se retrase, si se reduce el paso de la pala, se reduce la resistencia, lo que hace que la pala avance, produciendo este efecto de adelanto / retraso un cambio en el equilibrio lateral del disco del rotor.

ALAS ROTATIVAS

Resonancia en tierra

La resonancia en tierra ocurre en helicópteros con rotor articulado, y se produce solamente en el suelo.

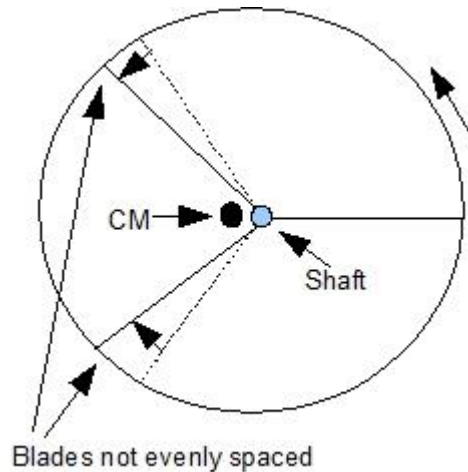
Básicamente es una condición de desequilibrio en tierra, en el sistema de rotor de un helicóptero, que aumenta rápidamente en frecuencia hasta que el helicóptero se fisura.

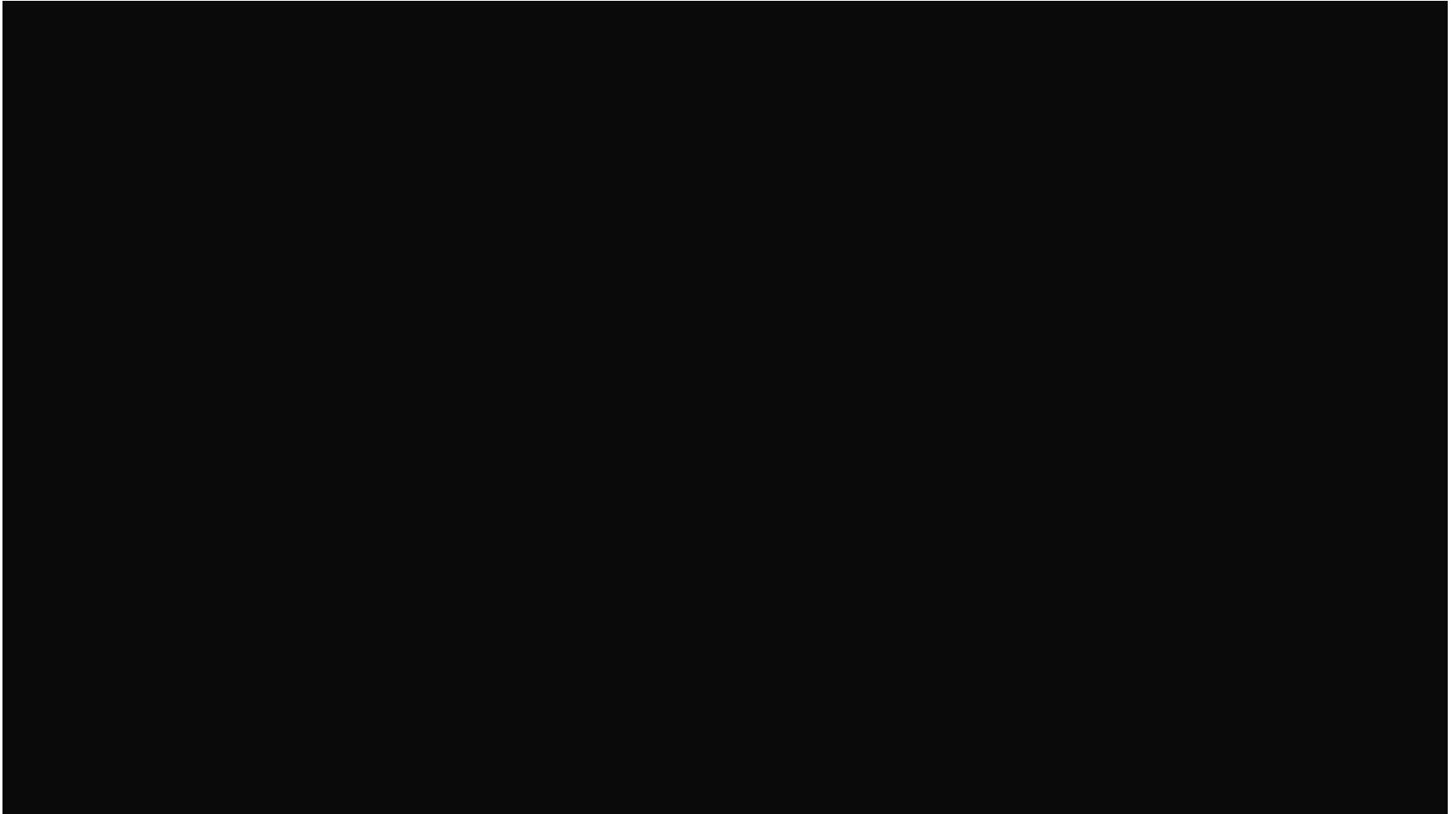
Comienza cuando las palas se "agrupan" en un lado del disco del rotor donde generan una fuerza centrífuga desequilibrada que se pone en fase con la frecuencia natural de la célula balanceándose en su tren de aterrizaje.

Algunos helicópteros evitan esto mediante el uso de amortiguadores en las palas y en el tren de aterrizaje.

Si las rpm son bajas, la acción correctiva para detener la resonancia es cerrar el acelerador inmediatamente y bajar completamente el colectivo para colocar las palas en un paso bajo; si las rpm están en el rango de operación normal, se debe elevar el helicóptero del suelo y permitir que las palas se vuelvan a alinear automáticamente.

Por lo general, este efecto es causado por un contacto brusco con el suelo duro, y es mucho más probable en helicópteros con tren de aterrizaje mal mantenido (amortiguadores descargados, por ejemplo).





Example of Ground Resonance

ALAS ROTATIVAS

