

Cuando la atmósfera alcanza su humedad máxima, no admite más vapor de agua, cualquier cantidad adicional de vapor que se incorpore formará gotas o cristales de hielo.

La saturación de una masa de aire en la atmósfera es el paso previo a la formación de nubes y puede alcanzarse por diversos mecanismos como, por ejemplo, el enfriamiento local en capas bajas o el ascenso de una masa de aire húmedo (este ascenso puede originarse como consecuencia de la actividad de frentes, por la presencia de un relieve orográfico, a causa de la convección, etc.). Por ende, volar en nubes es estar en una masa de aire saturada, proclive a que en ciertas condiciones se transforme en gotas y estas en hielo.

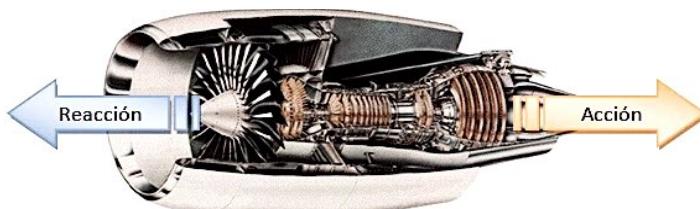
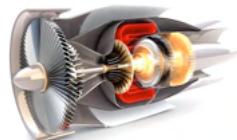
## Introducción al motor a reacción

Entre las responsabilidades de un piloto está entender los conceptos básicos de cada sistema en la aeronave que se pilotea. A veces esto puede parecer excesivo para los pilotos en entrenamiento. Sin embargo, es importante que un piloto pueda identificar, entender y corregir fallas y problemas que puedan ocurrir en situaciones de emergencia. Por lo tanto, la mayoría del entrenamiento de sistemas enfatiza la comprensión de la secuencia de operación de cada sistema, con especial atención a lo que sucede si varios componentes fallan.

Los sistemas de la mayoría de las aeronaves modernas de turbina son similares en principios de operación y componentes. Sin embargo, difieren considerablemente en los detalles de implementación. Como resultado, una vez que has aprendido los sistemas de una aeronave de turbina, otros son mucho más fáciles de comprender. Echemos un vistazo a los conceptos básicos de los principales sistemas de aeronaves de turbina.



El principio básico de funcionamiento de un motor de turbina de gas es simple. La propulsión a chorro se describe mediante la tercera ley de Isaac Newton, que establece que por cada acción hay una reacción igual y opuesta. En el sentido más amplio, los motores de turbina de gas comparten la propulsión a chorro con los globos de fiesta que han sido inflados y liberados. En cada caso, los gases a presión que escapan de una tobera en un extremo crean una fuerza igual y opuesta para impulsar cada uno de estos "motores de reacción" en dirección opuesta.

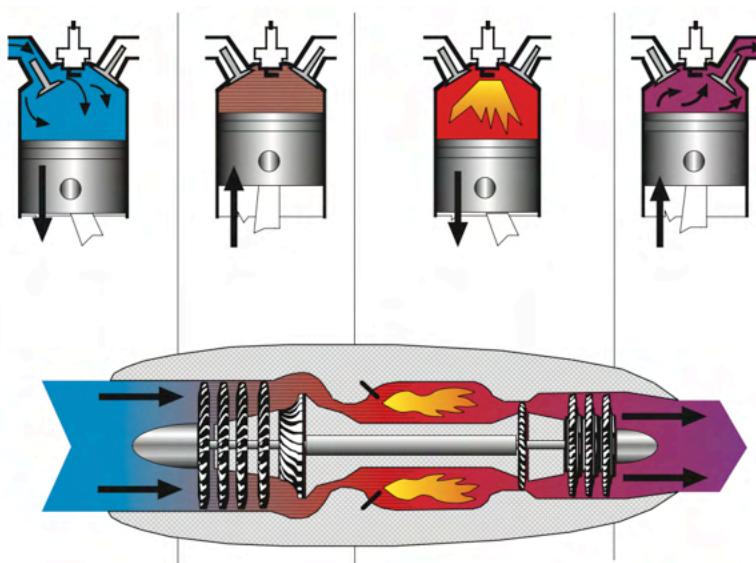


La principal diferencia entre el globo y el motor está en la fuente de los gases propulsores. El globo es un dispositivo de almacenamiento de energía. Alguien sopla aire en él y una vez que el aire almacenado ha escapado, la propulsión se termina.

Los motores de turbina de gas, por otro lado, son motores de calor. A través de la combustión de combustible con aire de admisión, continuamente crean gases en expansión, cuya energía se convierte en fuerza propulsora para mover una aeronave. Por esta razón, el núcleo de un motor de turbina se conoce como el generador de gas; genera los gases en expansión necesarios para producir empuje. Luego, se utiliza una tobera para acelerar la velocidad de los gases de alta energía que escapan del generador de gas. Al aumentar la presión de los gases a través de su cámara

cónica, una tobera obliga a los gases a salir por su abertura de escape más pequeña. El efecto de este proceso es un aumento en el impulso del aire que pasa a través del motor, produciendo empuje.

El motor de turbina de gas se puede comparar en etapas básicas de funcionamiento con su pariente lejano, el motor de combustión interna (también conocido como "motor de pistón" o "motor alternativo"). Como recordarás, la mayoría de los motores alternativos de aeronaves operan en una secuencia de cuatro tiempos: admisión, compresión, potencia (o combustión) y escape. La potencia desarrollada por un motor de pistón es intermitente, ya que solo uno de cada cuatro tiempos (el tiempo de potencia) realmente crea potencia. Las etapas paralelas ocurren en los motores de turbina de gas, pero con una diferencia fundamental: los motores de turbina operan bajo condiciones de flujo continuo más eficientes.



En lugar de comprimir el aire de admisión con un pistón, los motores de turbina utilizan una o más "ruedas" con aspas giratorias en la

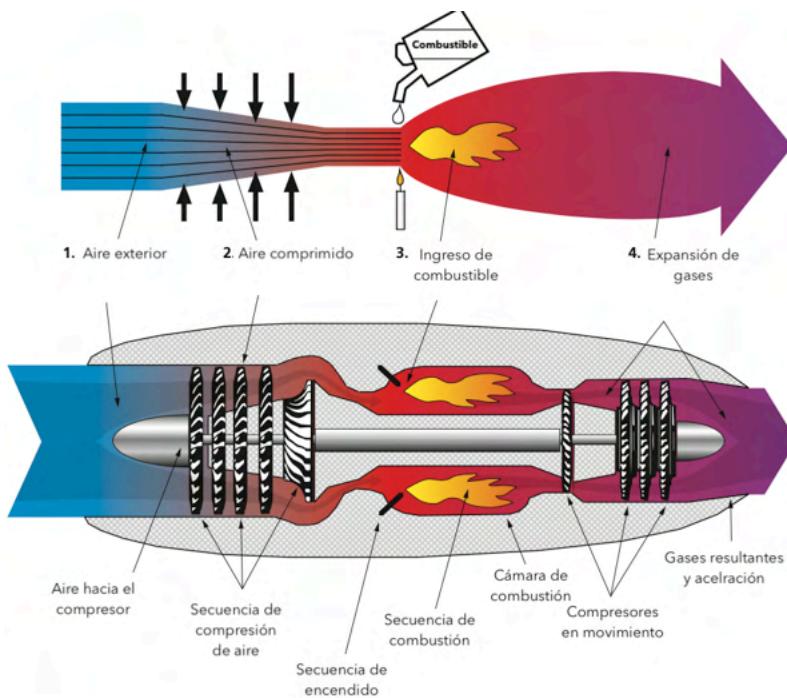
sección del compresor conocidas como compresores. Otro conjunto de ruedas, es impulsado por los gases de escape que pasan a través de la sección de la turbina.

Los compresores y las turbinas son similares en el sentido de que cada uno es básicamente un ventilador extremadamente sofisticado, compuesto por un gran número de aspas de alta precisión que giran a velocidades muy altas dentro de una carcasa estrechamente canalizada. Sin embargo, los compresores se utilizan para comprimir el aire en la "parte frontal" del motor, mientras que las turbinas aprovechan la energía del motor en la parte posterior de la cámara de combustión.



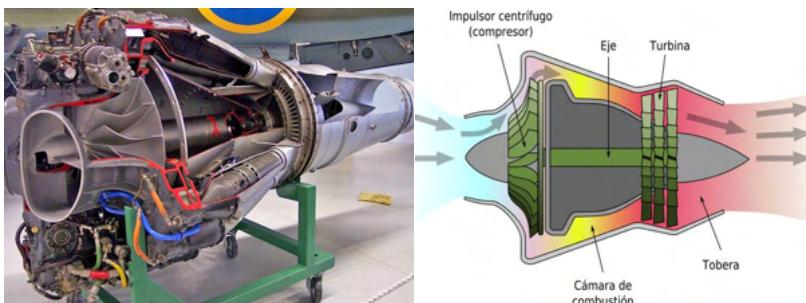
El principio básico de funcionamiento de todos los motores de turbina de gas es el mismo. Similar a un turbocompresor, cada compresor y turbina de un motor de turbina simple se monta en un mismo eje. El aire de admisión se comprime mediante los compresores y se fuerza hacia la cámara de combustión. Se rocía continuamente combustible en la cámara de combustión y se enciende, creando gases de escape que impulsan las turbinas.

Las turbinas, a través de ejes, impulsan los compresores, sosteniendo todo el proceso. Las turbinas también aprovechan la energía del motor para impulsar todos los accesorios del motor, como generadores y bombas hidráulicas. Entre las principales diferencias entre los diversos tipos de motores de turbina se encuentran los tipos de compresores que utilizan. Existen compresores de flujo centrífugo y compresores de flujo axial.

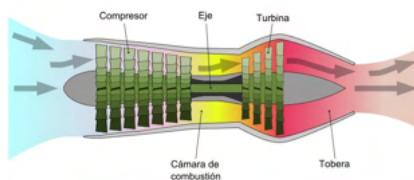


## Compresor de flujo centrífugo y de flujo axial

Un compresor de flujo centrífugo utiliza un impulsor similar al de un turbocompresor. La entrada de aire del motor dirige el aire de admisión hacia el centro del impulsor, donde se lanza hacia el exterior de forma centrífuga hacia una cámara cuidadosamente diseñada conocida como "difusor". Un difusor es simplemente un conducto divergente que reduce la velocidad del aire de salida del impulsor, aumentando así la presión del aire antes de que entre en la cámara de combustión.



El flujo de aire a través de un compresor de flujo axial, por otro lado, permanece esencialmente paralelo al eje longitudinal del motor; el aire no se lanza hacia el exterior en el difusor como ocurre con el compresor de flujo centrífugo. Un compresor de flujo axial está compuesto por una serie alterna de aspas de rotor giratorias y álabes estacionarios. El aire de entrada entra en el primer conjunto de aspas de rotor, donde el aire es desviado en la dirección de rotación. Los álabes estacionarios entre cada conjunto de aspas de rotor ayudan a dirigir y comprimir el flujo de aire. El objetivo es mantener el flujo de aire esencialmente paralelo al eje longitudinal del motor entre cada conjunto de aspas de rotor. En este sentido, un compresor de flujo axial funciona más como un ventilador de ventana, mientras que un compresor de flujo centrífugo arroja el aire hacia el exterior como una honda.

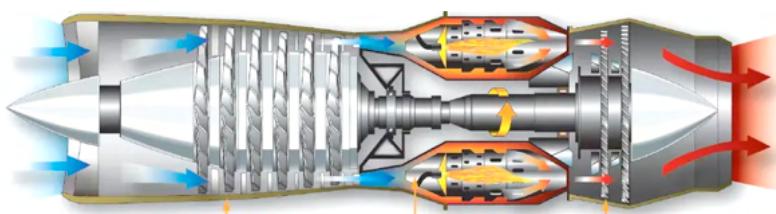


Los compresores de flujo centrífugo son más duraderos que los modelos de flujo axial. Los aviones turbohélice y muchos jets corporativos utilizan compresores de flujo centrífugo porque es más probable que estos aviones operen en aeródromos no preparados que los aviones grandes. Por otro lado, los compresores de flujo axial son más eficientes. Mientras que un compresor de flujo centrífugo normalmente puede alcanzar una relación de compresión de 10:1, un modelo de flujo axial puede lograr relaciones de más de 25:1. Esto significa que los motores con compresores de flujo axial pueden producir más empuje para la misma área frontal, lo que resulta en menos resistencia aerodinámica y mayor eficiencia de combustible. Los grandes jets utilizan el tipo de compresor de flujo axial debido a la mayor relación de compresión, lo que produce una mayor capacidad de empuje en relación al peso y una mayor eficiencia de combustible.



### Compresor multi-etapas (multistage)

Con el fin de maximizar la eficiencia y la potencia, la mayoría de los motores de turbina modernos utilizan más de un componente de compresor, cada uno alineado en secuencia detrás de otro. Se pueden utilizar una combinación de compresores de flujo axial y centrífugo, o puede haber múltiples componentes del mismo tipo. En ambos casos, cada "rueda" de compresor o fila de aspas de rotor y álabes actúa como una etapa de compresor. Cada etapa de compresor comprime progresivamente los gases que pasan un paso más allá que la etapa anterior.



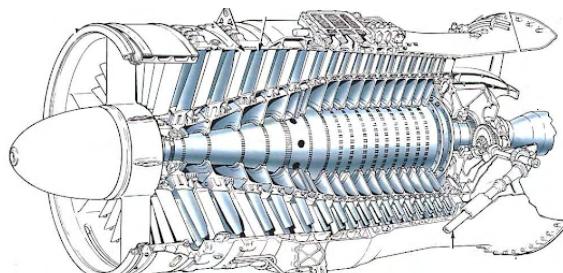
Los componentes del compresor pueden estar montados en el mismo eje o en ejes anidados diferentes. Un conjunto de múltiples etapas de compresor se conoce como compresor multi etapa, y el número de etapas corresponde al número de componentes del compresor.

Solo para aclarar esta terminología, debemos tener en cuenta que cada compresor de flujo axial es un compresor multi etapa. Como se

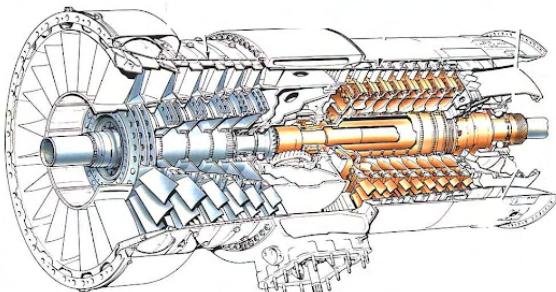
discutió anteriormente, un compresor de flujo axial tiene la apariencia de varias ruedas giratorias con álabes entre ellas. Cada "rueda" o fila de aspas de rotor con sus álabes es una etapa de compresor. Sin embargo, todo el conjunto se considera como un solo compresor, siempre y cuando todas las partes giratorias estén montadas en un eje común.

## Motores de compresor múltiple

Muchos motores de turbina de gas tienen dos compresores en tandem que están montados en ejes separados y giran a diferentes velocidades. Estos motores de doble compresor ofrecen relaciones de compresión más altas que los modelos de compresor único.



**Motor de Compresor simple**



**Motor de Compresor múltiple**

El compresor más adelantado de un motor de doble compresor se conoce como compresor de baja presión. Es accionado por el eje de la turbina de baja presión, que se encuentra en la parte trasera del motor.

Ambos están conectados mediante el eje del compresor de baja presión. La velocidad de rotación de un compresor de baja presión se conoce como "N1"; por lo tanto, el eje del compresor de baja presión también se conoce comúnmente como eje N1. El segundo compresor de un motor de doble compresor se conoce como compresor de alta presión. Es accionado por su propia turbina de alta presión a través de un eje hueco de alta presión (o eje N2), que gira de forma concéntrica sobre el eje N1. Como probablemente has deducido, N2 es la velocidad del compresor de alta presión.

Para aclarar nuevamente la terminología, describamos el compresor axial doble. Este incorpora un compresor axial de baja presión de nueve etapas en un eje, seguido de un compresor axial de alta presión de siete etapas en un eje separado. Ambos giran por separado, a diferentes velocidades. La combinación de cada compresor, la turbina que lo impulsa y el eje que los conecta se conoce como "spool". Al observar los dos spools separados de un motor de doble compresor, se puede apreciar la forma característica de cada spool.

