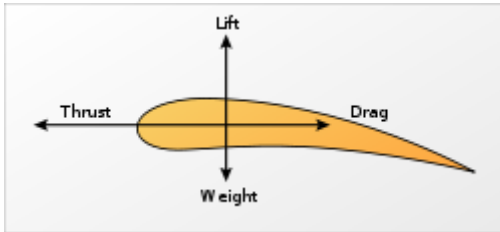


NOCIONES BASICAS DE AERODINAMICA

PERFIL ALAR



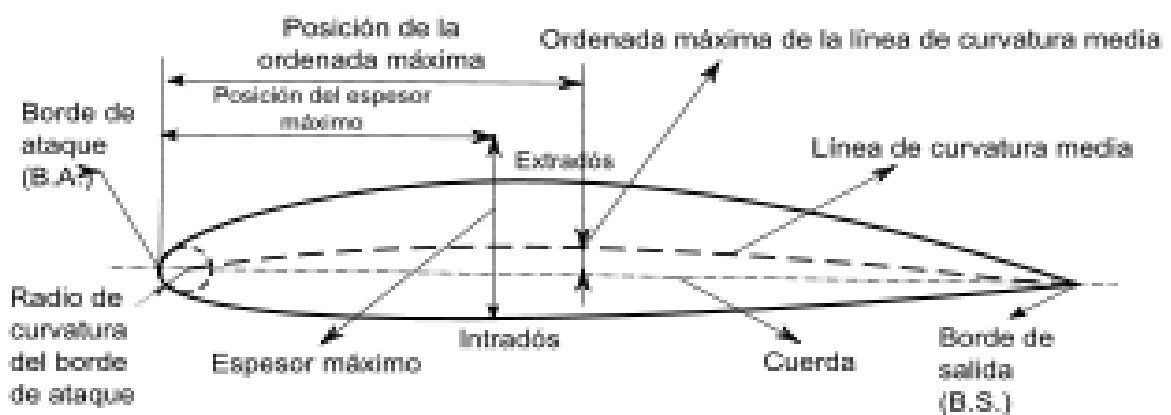
Fuerzas sobre un perfil alar

En aviación se denomina **perfil alar**, **perfil aerodinámico** o simplemente **perfil**, a la forma plana que al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación.

Es uno de los elementos más importantes en el diseño de superficies sustentadoras como alas, o palas de rotor.

Según el propósito que se persiga en el diseño, los perfiles pueden ser más finos o gruesos, curvos o poligonales, simétricos o no, e incluso el perfil puede ir variando a lo largo del ala.

NOCIONES BASICAS



Nomenclatura acerca de un perfil

Al sumergir un cuerpo romo en el seno de una corriente fluida, siempre aparece una fuerza que empuja al cuerpo sumergido. Imaginemos que introducimos verticalmente un tablón de madera en un río. El perfil en este caso será un rectángulo, que es la sección

del tablón. Observaremos que la fuerza que arrastra dicho tablón corriente abajo es pequeña cuando enfrentamos la cara más estrecha a la corriente, y el arrastre es grande si enfrentamos a la corriente la cara más ancha. Esta fuerza que empuja en el sentido de la corriente se denomina **resistencia** o **arrastre**. Observamos que este arrastre varía conforme giramos el tablón respecto a un eje longitudinal, es decir, conforme variamos el ángulo que forma la sección del tablón con la dirección de la corriente. Ese ángulo se denomina **ángulo de ataque**.

Cuando la corriente fluida incide sobre el tablón con cierto ángulo de ataque, además de la mencionada fuerza de arrastre, aparece otra fuerza que no tiene la dirección y el sentido de la corriente, sino una dirección perpendicular a ella. Esta fuerza perpendicular al sentido de la corriente, que también depende del ángulo de ataque, se denomina **sustentación** y puede ser muchas veces mayor que la de resistencia. En aplicaciones en las que deseemos que una corriente fluida "empuje" con la mayor fuerza posible a un sólido, éste sólido se diseñará de manera que tenga la forma y el ángulo de ataque adecuados para lograr la máxima sustentación y el menor arrastre posible. La forma del perfil alar influye sustancialmente en las fuerzas de sustentación y arrastre que aparecerán. El tablón del ejemplo, de perfil rectangular, demuestra ser poco eficiente desde el punto de vista aerodinámico, pues los perfiles eficaces normalmente presentan un arrastre mucho menor y una sustentación enorme. Para ello suelen tener redondeada la zona enfrentada a la corriente (**borde de ataque**), y afilada la zona opuesta (**borde de fuga** o **borde de salida**).

Habitualmente las características aerodinámicas de un perfil alar se encuentran sometiendo a ensayo modelos de perfiles en un *túnel aerodinámico* (también llamado *túnel de viento*). En ellos se miden la sustentación y la resistencia al variar el ángulo de ataque y las condiciones de la corriente fluida (normalmente la velocidad de ésta), y se llevan a unas gráficas de características del perfil.

PARAMETROS GEOMETRICOS DE LOS PERFILES

- Cuerda: segmento imaginario que une el borde de ataque con el borde de fuga. El ángulo que formará la recta que contiene a la cuerda con la dirección de la corriente fluida, definen convencionalmente el ángulo de ataque.
- Extradós: parte del contorno del perfil sobre la cuerda.
- Intradós: parte del contorno del perfil bajo la cuerda.
- Espesor: distancia entre el intradós y el extradós, medida sobre la perpendicular a la cuerda en cada punto de ésta.
- Espesor relativo: relación entre el espesor y la cuerda del perfil.
- Curvatura

REGIONES DE LOS PERFILES

- Borde de ataque: parte delantera del perfil en donde incide la corriente.
- Borde de salida: parte posterior del perfil por donde sale la corriente.
- Extradós: zona superior del perfil entre el borde de ataque y el de salida.
- Intradós: zona inferior del perfil entre el borde de ataque y el de salida.

CLASIFICACION DE LOS PERFILES

- Según forma:
 - Asimétricos (con curvatura)
 - Simétricos

OTROS DATOS

- Viscosidad: propiedad de los fluidos por la que presentan resistencia a la velocidad de deformación.
- Capa límite: distancia desde la superficie del perfil, hasta el punto en el que la velocidad es idéntica a la de la corriente libre de aire.
- Capa límite laminar: considerado el perfil de un plano, cuando el movimiento del aire se realiza de manera ordenada, en capas paralelas, obtenemos una circulación laminar y por tanto una capa límite laminar.
- Capa límite turbulenta: en ella el movimiento de las partículas no es en forma de capas paralelas, siendo de forma caótica, pasando las moléculas de aire de una capa a otra moviéndose en todas direcciones.
- Ángulo de ataque: puede ser positivo, negativo o neutro.
- Fuerza aerodinámica: es la resultante de la conjunción de las fuerzas que actúan sobre el perfil. Al descomponerse esta fuerza sobre la dirección de vuelo, da la sustentación "L" (fuerza perpendicular a la corriente de aire libre) y la resistencia "D" (fuerza paralela a la corriente libre de aire).
- Clasificaciones NACA.

Sobre un avión en vuelo actúan cuatro fuerzas fundamentales:

Sustentación (L) (Lift)

Peso (W) (Weight)

Resistencia (D) (Drag)

Empuje (T) (Thrust)

Levantamiento o sustentación (L). Es la fuerza de ascensión que permite al avión mantenerse en el aire. El levantamiento o sustentación se crea principalmente en las alas, la cola y, en menor cuantía, en el fuselaje o estructura. Para que el avión pueda volar la fuerza de sustentación debe igualar a su peso ($L=W$), contrarrestando así la fuerza de gravedad.

Peso (W). Es el resultado de la fuerza de atracción que ejerce la gravedad sobre todos los cuerpos situados sobre la superficie de la tierra, atrayéndolos hacia su centro. La fuerza de gravedad se opone al levantamiento o sustentación en el avión, tanto en tierra como durante el vuelo.

Fuerza de empuje o tracción (T). La proporciona el motor (o motores) del avión por medio de la hélice. La fuerza de empuje permite al avión moverse a través de la masa de aire y es opuesta a la fuerza de resistencia. Para que el avión pueda mantenerse en vuelo

la fuerza de empuje debe igualar a la fuerza de resistencia que se opone a su movimiento ($T=D$).

Resistencia (D) (arrastre). Es la fuerza que se opone al movimiento de los objetos sumergidos en un fluido. Desde el punto de vista físico, tanto el agua como los gases se consideran fluidos. De manera que el aire, al ser un gas, se considera también un fluido. La resistencia aerodinámica, que se opone al desplazamiento de los objetos cuando se desplazan a través de los fluidos, la produce la fricción y depende, en mayor o menor grado, de la forma y rugosidad que posea la superficie del objeto, así como de la densidad que posea el propio fluido.

CÓMO SE GENERA LA SUSTENTACIÓN

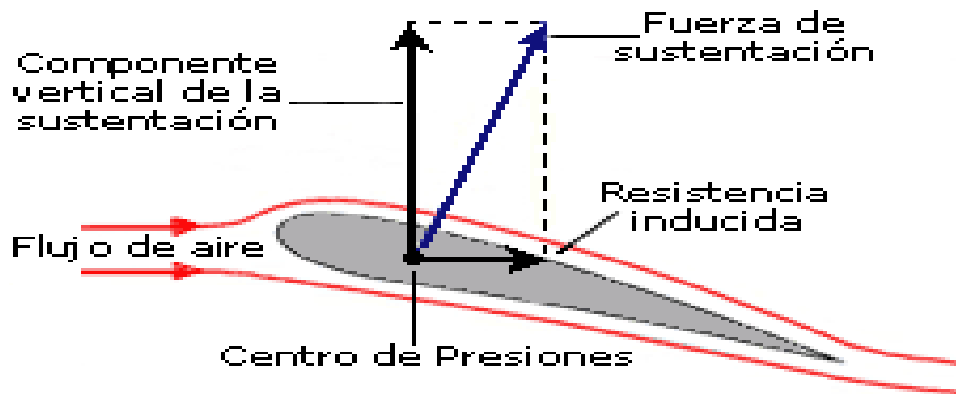
La sustentación que mantiene al avión en el aire sólo se puede crear en presencia de un fluido, es decir, de la masa de aire que existe dentro de la atmósfera terrestre. Ni la sustentación ni la resistencia se producen en el vacío. Por esa razón las naves espaciales no necesitan alas para moverse en el espacio exterior donde no hay aire, con excepción de los transbordadores que sí la necesitan para maniobrar a partir del momento que reingresan en la atmósfera terrestre y poder después aterrizar.

Teoría de Bernoulli

La teoría del científico suizo Daniel Bernoulli (1700-1782), constituye una ayuda fundamental para comprender la mecánica del movimiento de los fluidos. Para explicar la creación de la fuerza de levantamiento o sustentación, Bernoulli relaciona el aumento de la velocidad del flujo del fluido con la disminución de presión y viceversa.

Según se desprende de ese planteamiento, cuando las partículas pertenecientes a la masa de un flujo de aire chocan contra el borde de ataque de un plano aerodinámico en movimiento, cuya superficie superior es curva y la inferior plana (como es el caso del ala de un avión), estas se separan. A partir del momento en que la masa de aire choca contra el borde de ataque de la superficie aerodinámica, unas partículas se mueven por encima del plano aerodinámico, mientras las otras lo hacen por debajo hasta, supuestamente, reencontrarse en el borde opuesto o de salida.

Teóricamente para que las partículas de aire que se mueven por la parte curva superior se reencuentren con las que se mueven en línea recta por debajo, deberán recorrer un camino más largo debido a la curvatura, por lo que tendrán que desarrollar una velocidad mayor para lograr reencontrarse. Esa diferencia de velocidad provoca que por encima del plano aerodinámico se origine un área de baja presión, mientras que por debajo aparecerá, de forma simultánea, un área de alta presión. Como resultado, estas diferencias de presiones por encima y por debajo de las superficies del plano aerodinámico provocan que la baja presión lo succione hacia arriba, creando una fuerza de levantamiento o sustentación. En el caso del avión, esa fuerza actuando principalmente en las alas, hace que una vez vencida la oposición que ejerce la fuerza de gravedad sobre éste, permita mantenerlo en el aire.



Representación gráfica de la teoría de Bernoulli. El flujo de partículas de la masa de aire al chocar contra el borde de ataque del ala de un avión, se bifurca y toma dos caminos: un camino más largo, por encima de la superficie curva del plano aerodinámico y otro camino más corto, por debajo. En la parte superior se crea un área de baja presión que succiona hacia arriba venciendo, en el caso del ala, la resistencia que opone la fuerza de gravedad.

El teorema de Bernoulli es la explicación más comúnmente aceptada de cómo se crea la sustentación para que el avión se mantenga en el aire. Durante el movimiento de translación de un ala, el aire siempre se mueve más rápido por la parte de arriba que por la de abajo del ala, independientemente de la forma de su sección transversal. Como postula en parte el teorema, esa diferencia de velocidad origina una baja presión encima del ala que la succiona hacia arriba y, por tanto, crea la sustentación.

ENTRADA EN PÉRDIDA:

Habíamos dicho en las definiciones básicas que la Capa Límite es el espesor de la corriente de aire que está en contacto con la superficie del ala. Es en esta capa donde se origina la sustentación, de ahí la importancia de que esta capa no se desprenda de la superficie del ala, ya que inmediatamente esta perdería la sustentación.

Contra lo que pueda parecer, la velocidad de la corriente de aire no influye en el desprendimiento de la capa límite. Lo que pasa es que a baja velocidad no se genera suficiente sustentación para vencer el peso del avión, pero la capa límite está adherida al perfil.

El desprendimiento de la capa límite viene influenciado exclusivamente por el ángulo de ataque. Además, el desprendimiento de la capa límite se produce de golpe, y no tiene por qué producirse a la vez en las dos semi-alas. Esto depende de la situación aerodinámica de las partes del ala, o sea, la maniobra que esté realizando (o intentando realizar) el piloto.

Las situaciones en las que se puede producir el desprendimiento de la capa límite son tres, principalmente: el despegue, el aterrizaje y las maniobras sobre el timón de profundidad (horizontal) que impliquen g's positivas (tirones de la palanca al pecho).

Para evitar la entrada en pérdida en el despegue basta con no tirar demasiado de la palanca hacia atrás. Al tener el avión poca velocidad y actuar en exceso sobre el timón de profundidad, se aumenta el ángulo de ataque mucho más fácilmente que si llevamos más velocidad, y al superar el valor de entrada en pérdida y no tener suficiente altitud para recuperar el final suele ser estrellar el avión.

En el vuelo recto y nivelado, es decir, la sustentación es igual al peso del avión (variómetro=0 m/s), para cada velocidad corresponde un valor fijo de ángulo de ataque, de forma que a mayor velocidad, menor ángulo de ataque y a menor velocidad, mayor ángulo de ataque. Para descender, basta reducir el ángulo de ataque a una velocidad dada, o reducir la velocidad a un ángulo de ataque dado.

En el aterrizaje, al ser la velocidad baja, el ángulo de ataque aumenta casi al máximo, con el consiguiente peligro de entrada en pérdida. La solución es controlar la velocidad anemométrica del avión, ya que por debajo de cierta velocidad, que depende del avión, el ángulo de ataque que debería tener el ala es mayor que el máximo, produciéndose la pérdida de sustentación.

En las maniobras con g's positivas, normalmente en virajes horizontales, se produce un aumento del ángulo de ataque debido a la acción del timón de profundidad e independientemente de la velocidad a la que vaya el avión, aunque se producirá más fácil cuanto más despacio vaya este, ya que la respuesta aerodinámica del avión es mayor. Si se nota la zona de turbulencia que precede a la aparición de la pérdida, la solución es aflojar mando de profundidad para reducir el ángulo de ataque.

FACTOR DE CARGA

El factor de carga se define como la relación existente entre la suma de todas las fuerzas que actúan en el autogiro (gravedad, fuerza centrífuga, aceleraciones, etc.) y el peso total del mismo.

El factor de carga aumenta en los virajes, sobre todo por encima de los 45° de inclinación, que aumenta de forma considerable.

En condiciones de turbulencia muy fuerte, se debe volar a mínima velocidad. Ya que el factor de carga aumenta con la velocidad, y en vuelo turbulento pueden aparecer ráfagas de aire que pueden hacer sobrepasar a la aeronave su límite estructural.