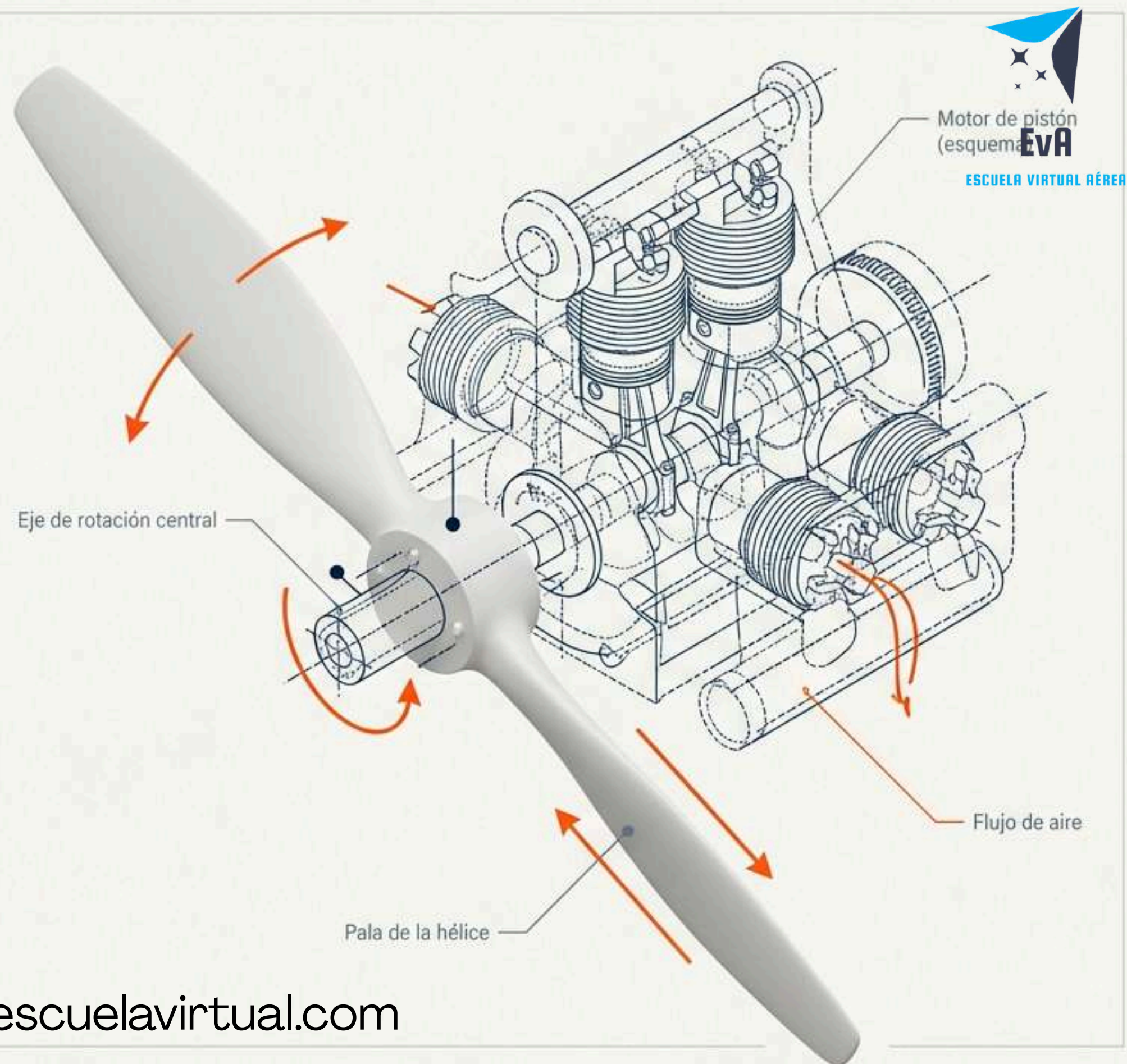


Aerodinámica de Hélices: De la Geometría a la Eficiencia

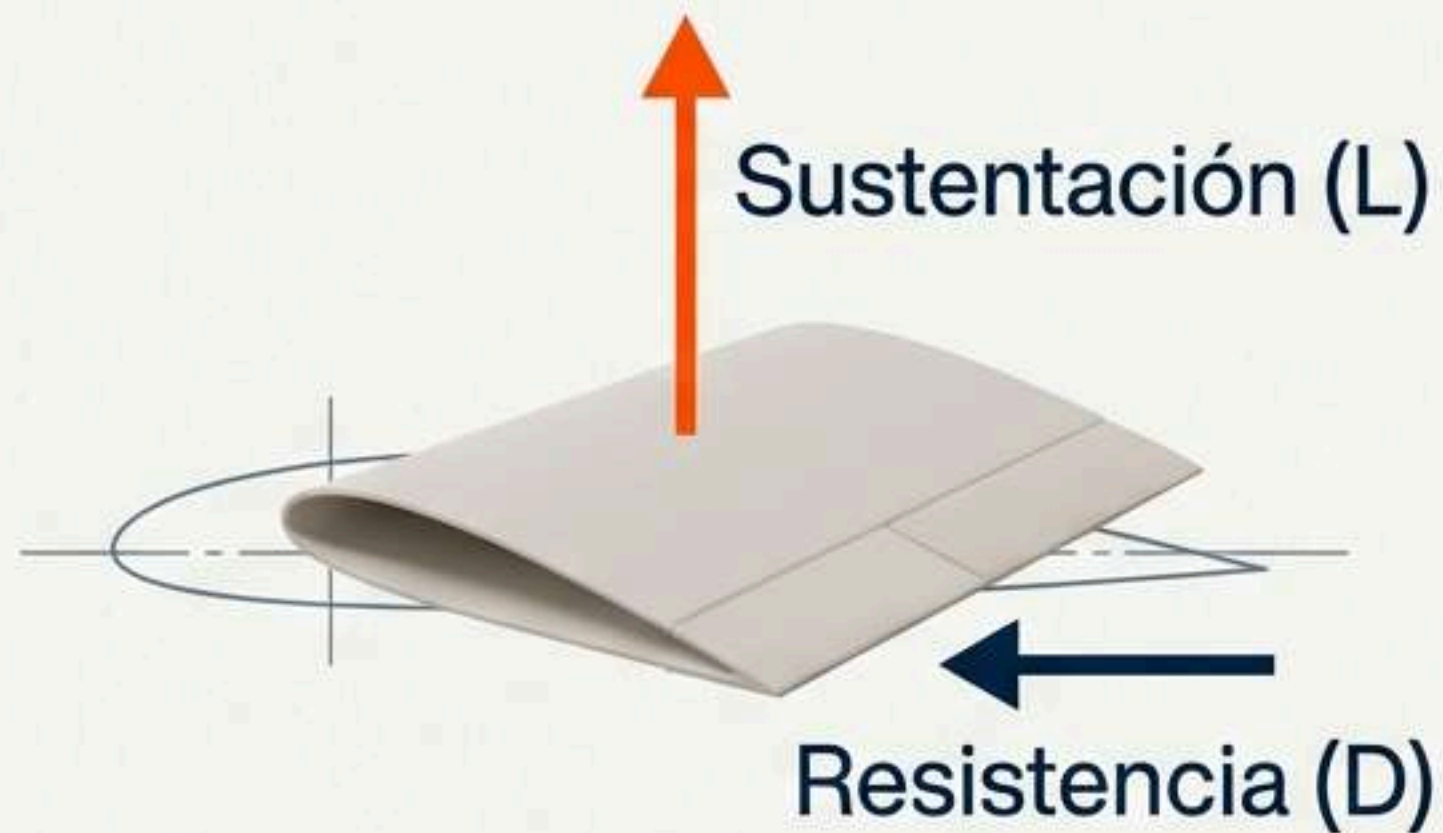
Principios de conversión de energía y optimización en vuelo.

Una hélice se compone de dos o más palas unidas a un eje de rotación central. Su objetivo fundamental es la conversión de energía: transforma la energía mecánica de rotación del motor en energía cinética, acelerando una masa de aire hacia atrás para generar tracción.

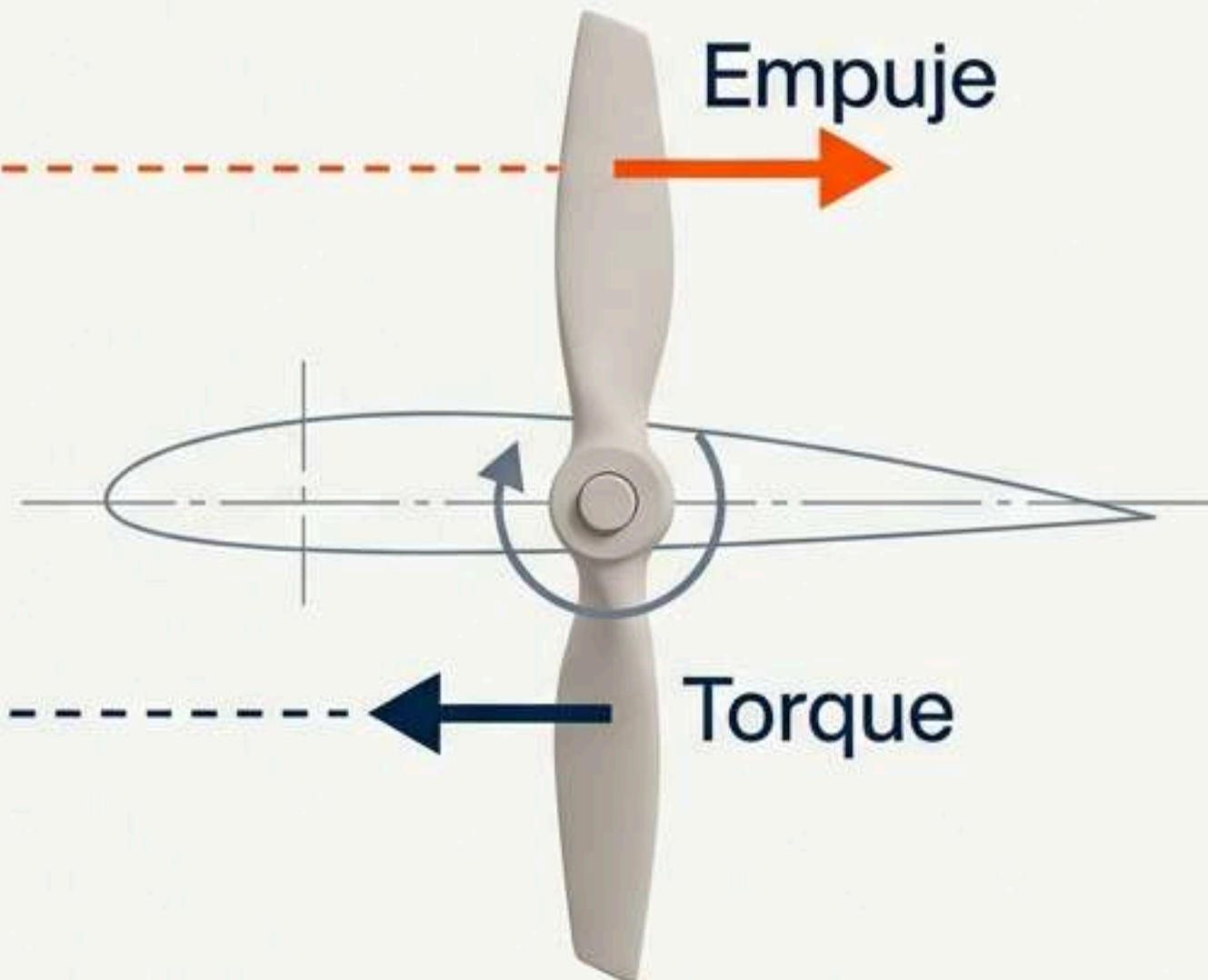


La Pala es un Ala en Rotación

Ala de Avión

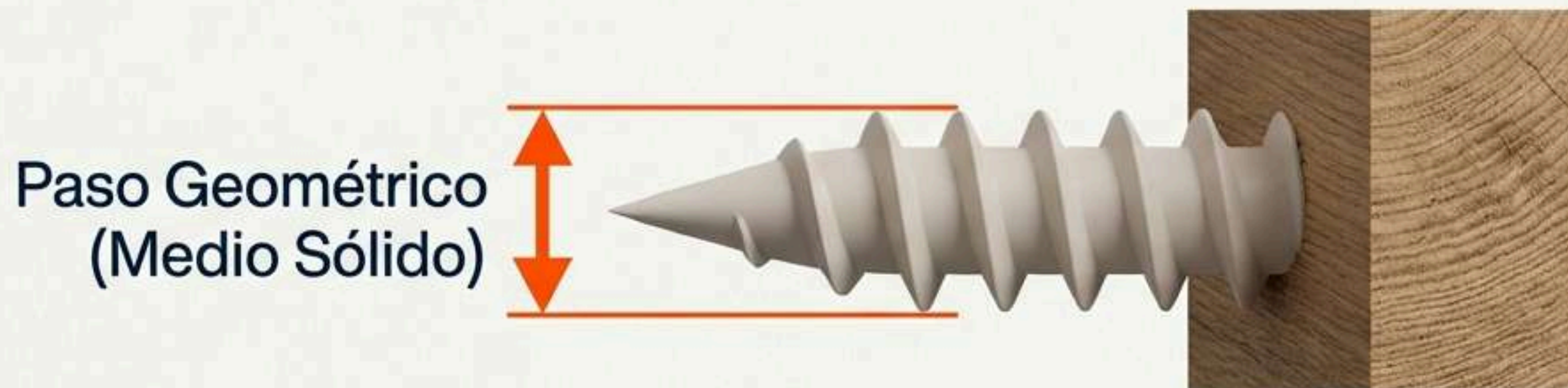


Pala de Hélice

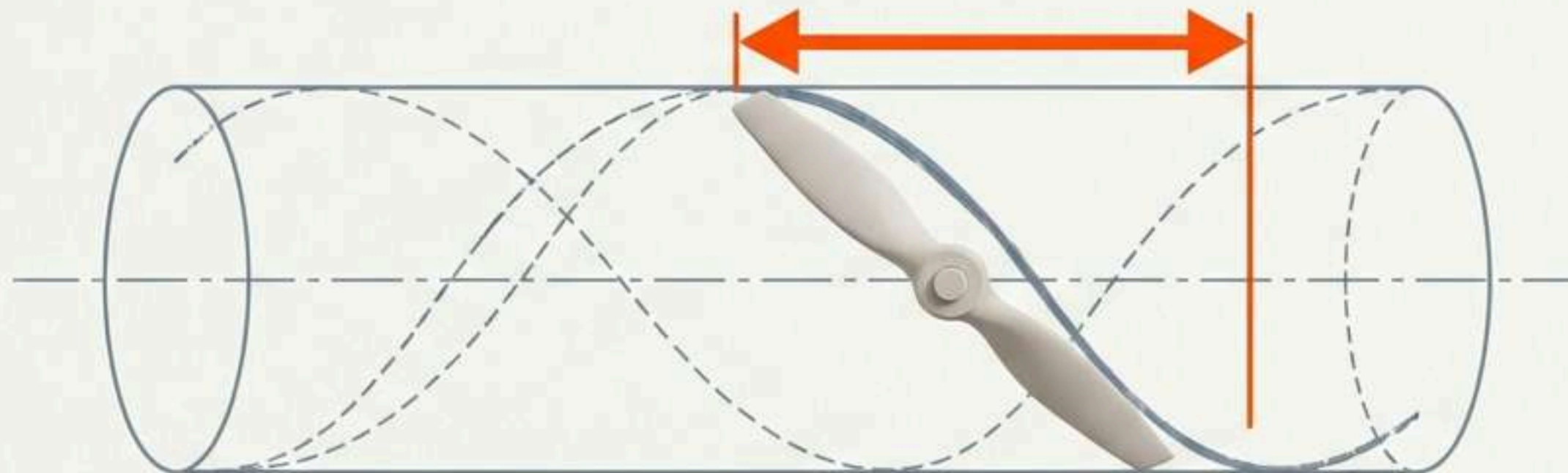


Cada pala es un perfil aerodinámico. Buscamos maximizar la relación Empuje/Torque, **análogo al L/D de un ala.**

Geometría Estática: El Concepto de Paso (Pitch)



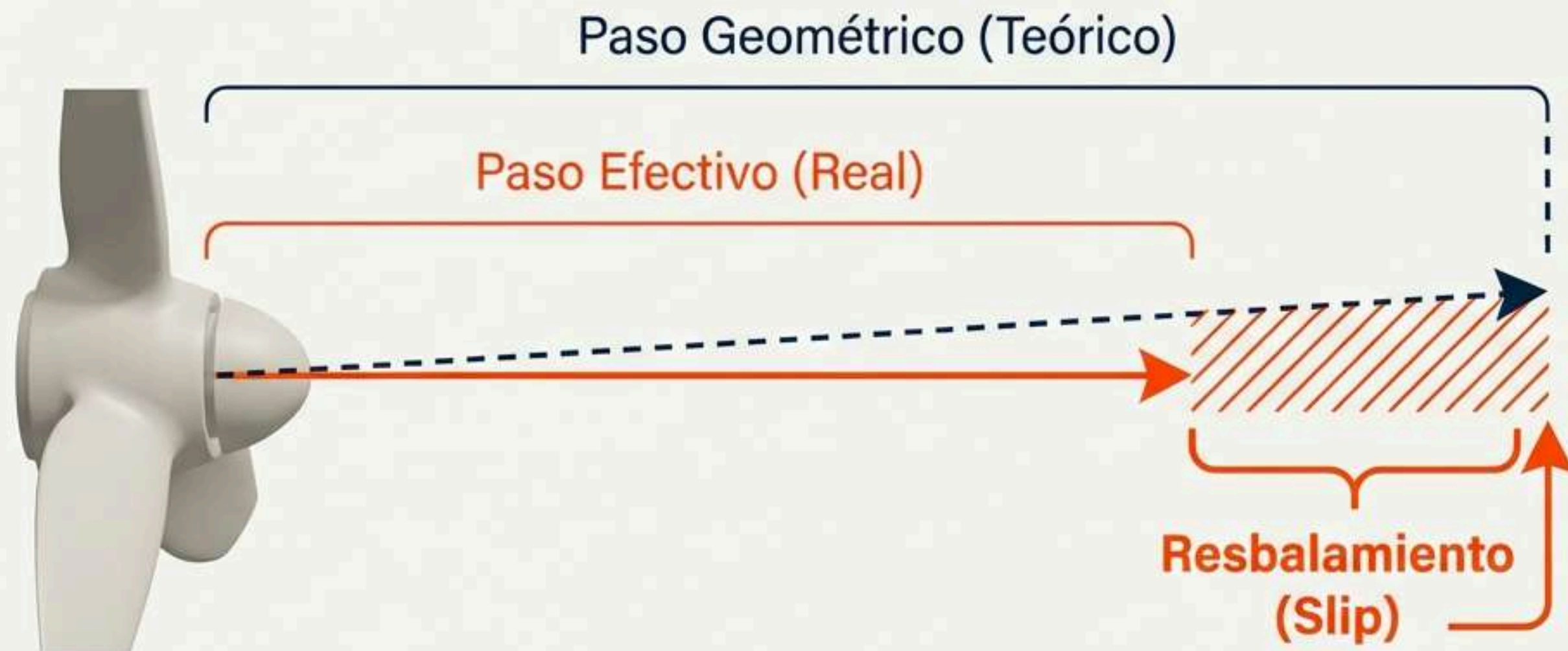
Paso Geométrico
(Medio Sólido)



Ángulo de la Pala: Ángulo entre la cuerda y el plano de rotación.

Paso Geométrico: Distancia teórica que avanza la hélice en una revolución de 360° sin deslizamiento.

La Realidad del Fluido: Paso Efectivo y Resbalamiento



El aire es un fluido, no un sólido. El "resbalamiento" es la pérdida de eficiencia inevitable. El objetivo del diseño es minimizar esta diferencia manteniendo un ángulo de ataque óptimo.

Dinámica de Vuelo: La Ecuación del Ángulo de Ataque



Factores determinantes:

1. Ángulo de la pala (Fijo).
2. Velocidad Rotacional (RPM).
3. Velocidad hacia adelante (TAS).

Cómo la Velocidad Altera el Ángulo de Ataque



Estático: AoA Máximo = Ángulo de Pala

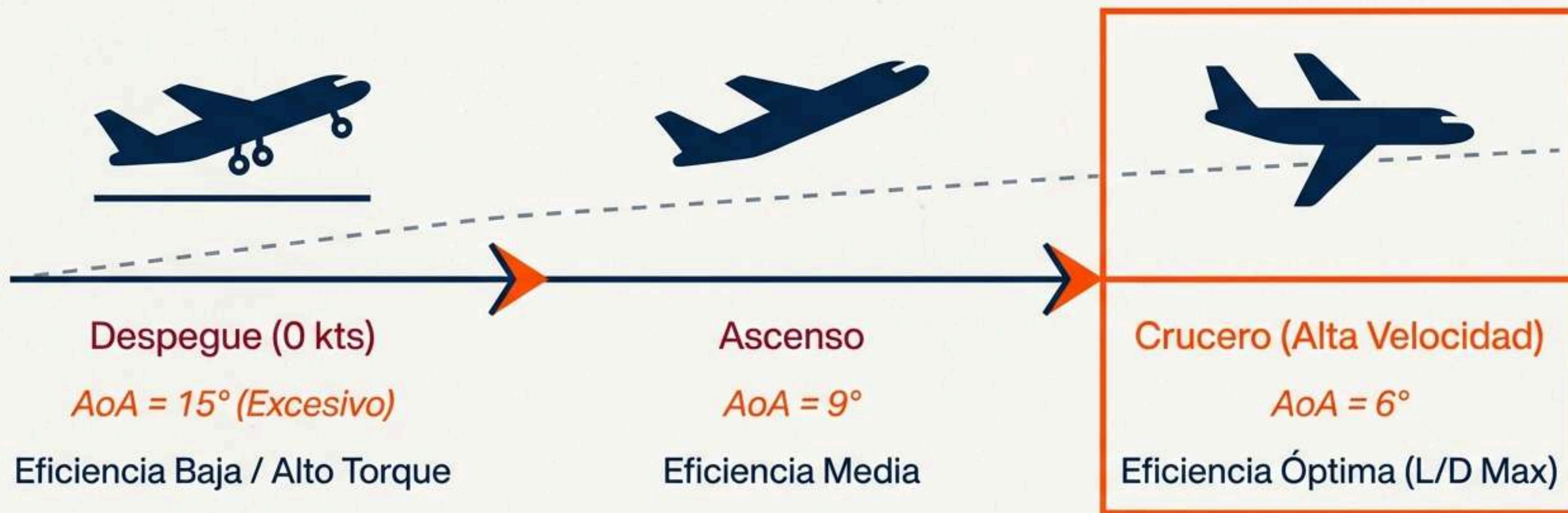
Mayor Velocidad TAS = Menor Ángulo de Ataque

El Objetivo: L/D Max (4° a 6°)



Para máxima eficiencia, la hélice debe mantener este estrecho ángulo de ataque. En hélices de paso fijo, esto es un reto matemático.

Caso de Estudio A: Hélice de Paso Alto (Crucero)



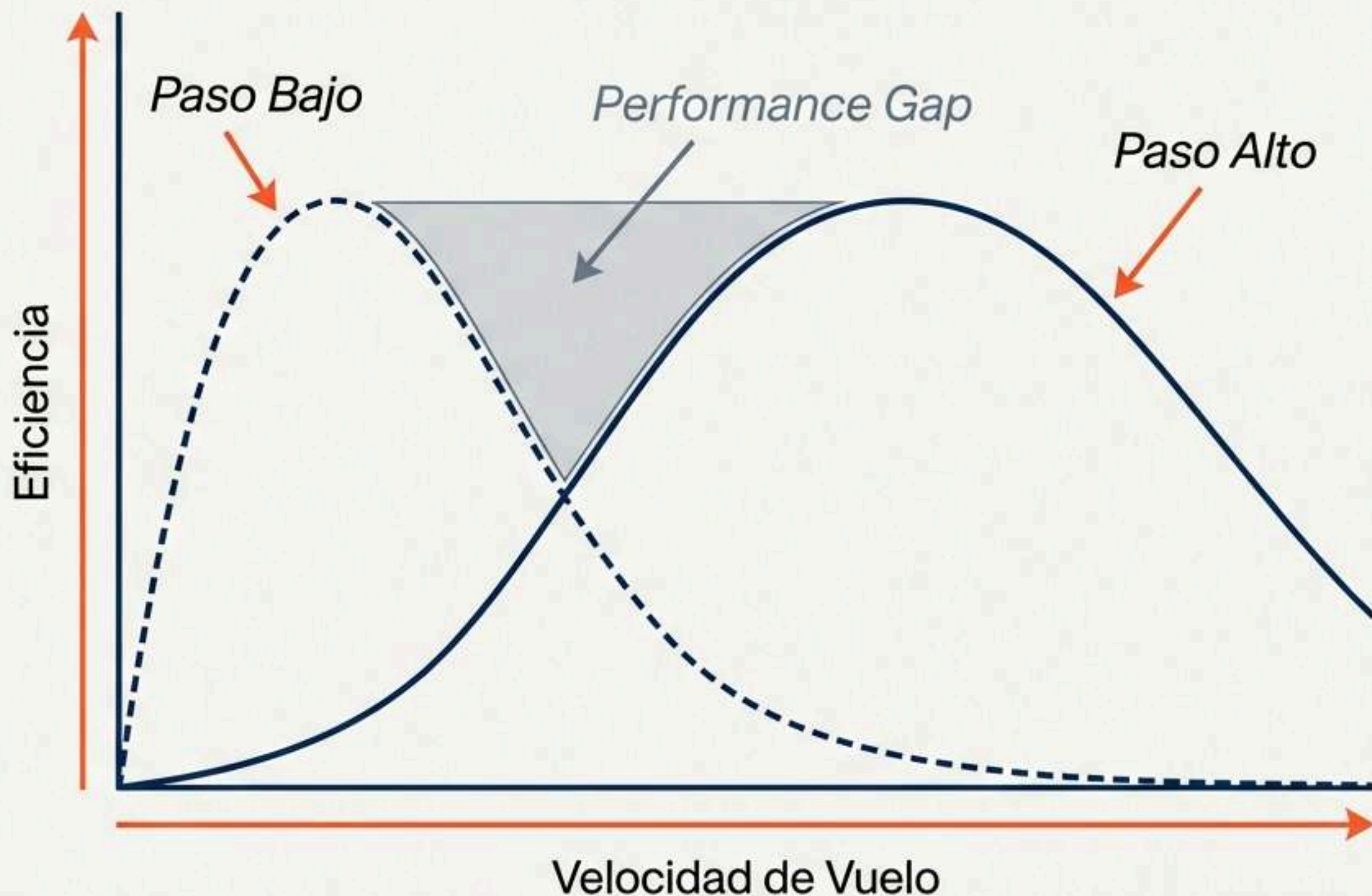
Esta hélice está optimizada para la velocidad, sacrificando el rendimiento de despegue.

Caso de Estudio B: Hélice de Paso Bajo (Ascenso)



Esta hélice maximiza la potencia inmediata, pero se vuelve inútil a altas velocidades.

La Curva de Eficiencia: El Compromiso del Paso Fijo

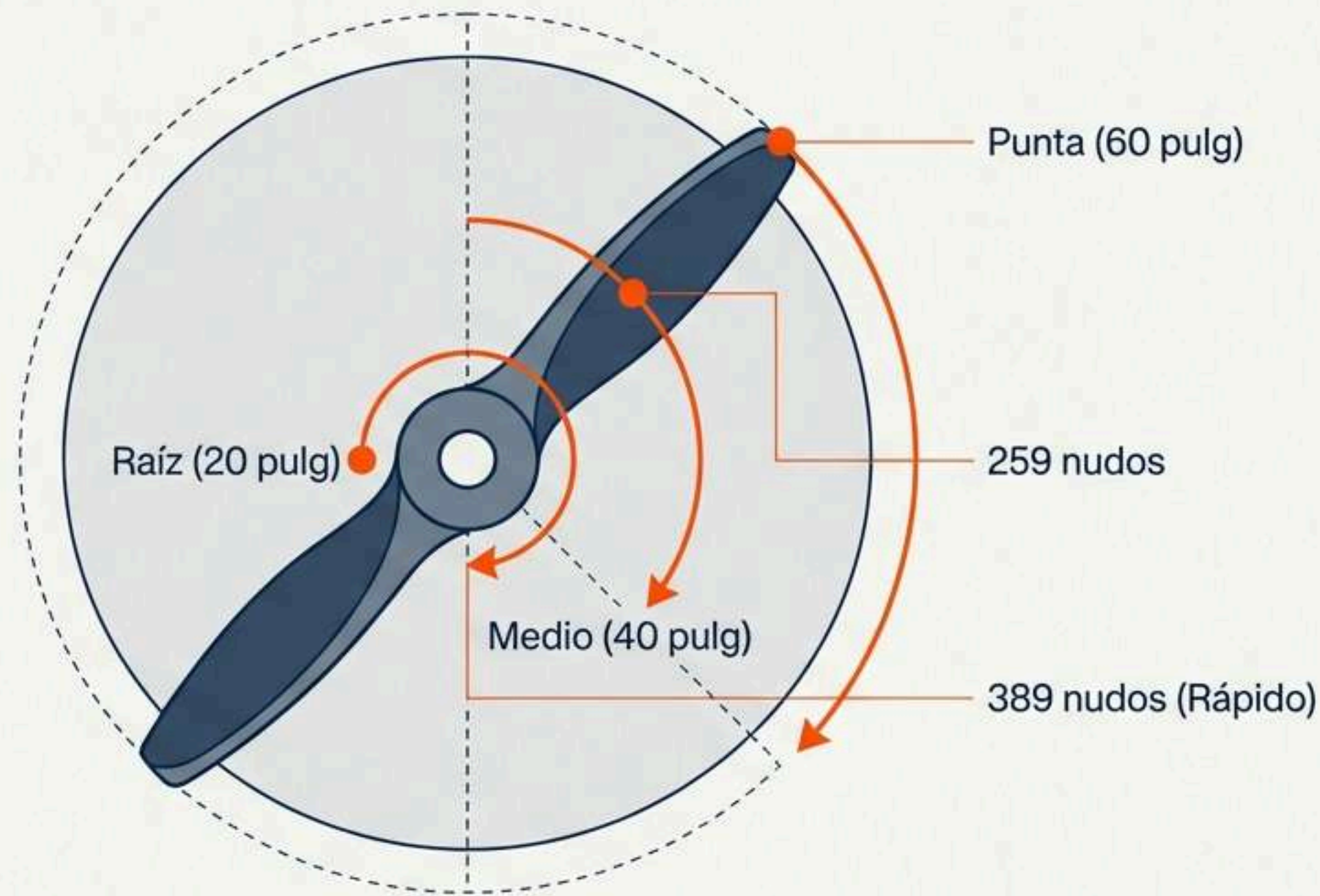


El Compromiso:

- Paso Bajo = Potencia en Despegue.
- Paso Alto = *Velocidad en Crucero.*

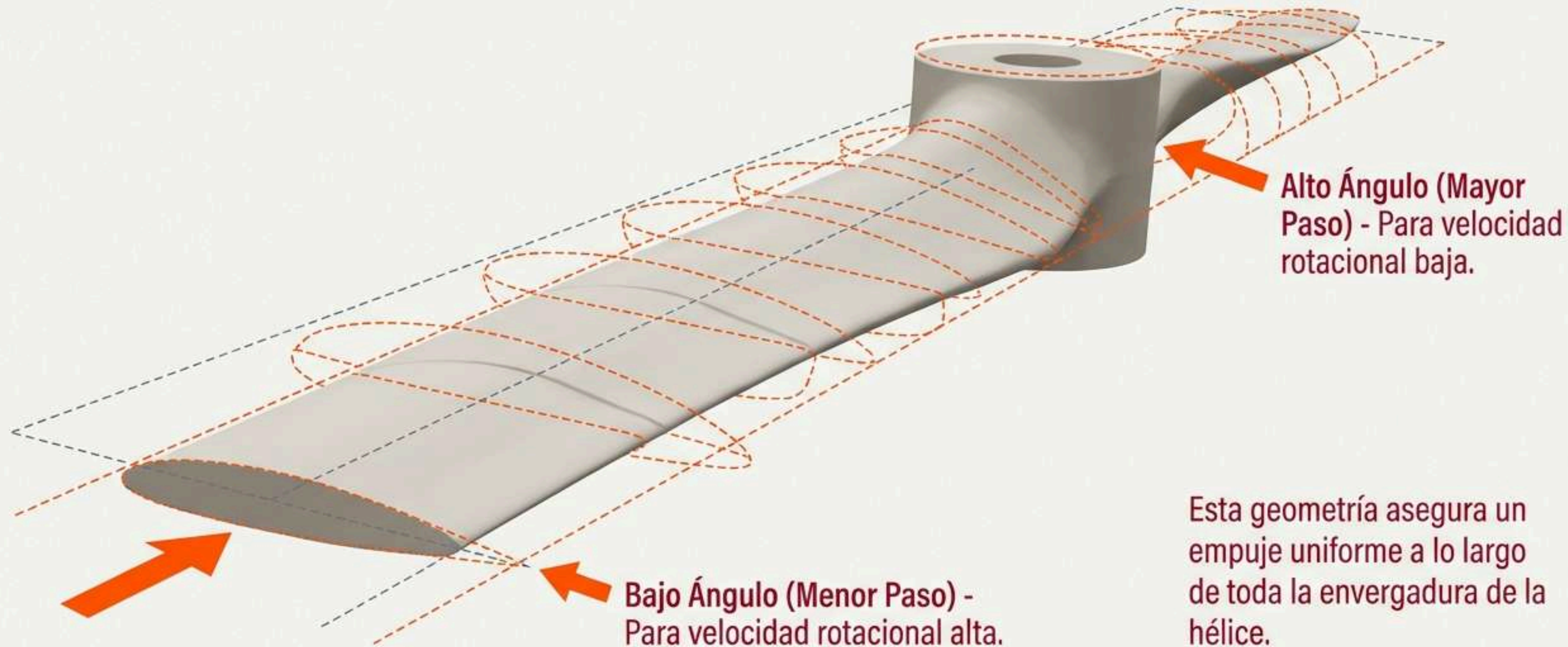
La misión define el diseño.

El Problema de la Velocidad Tangencial ($V = r \times \omega$)



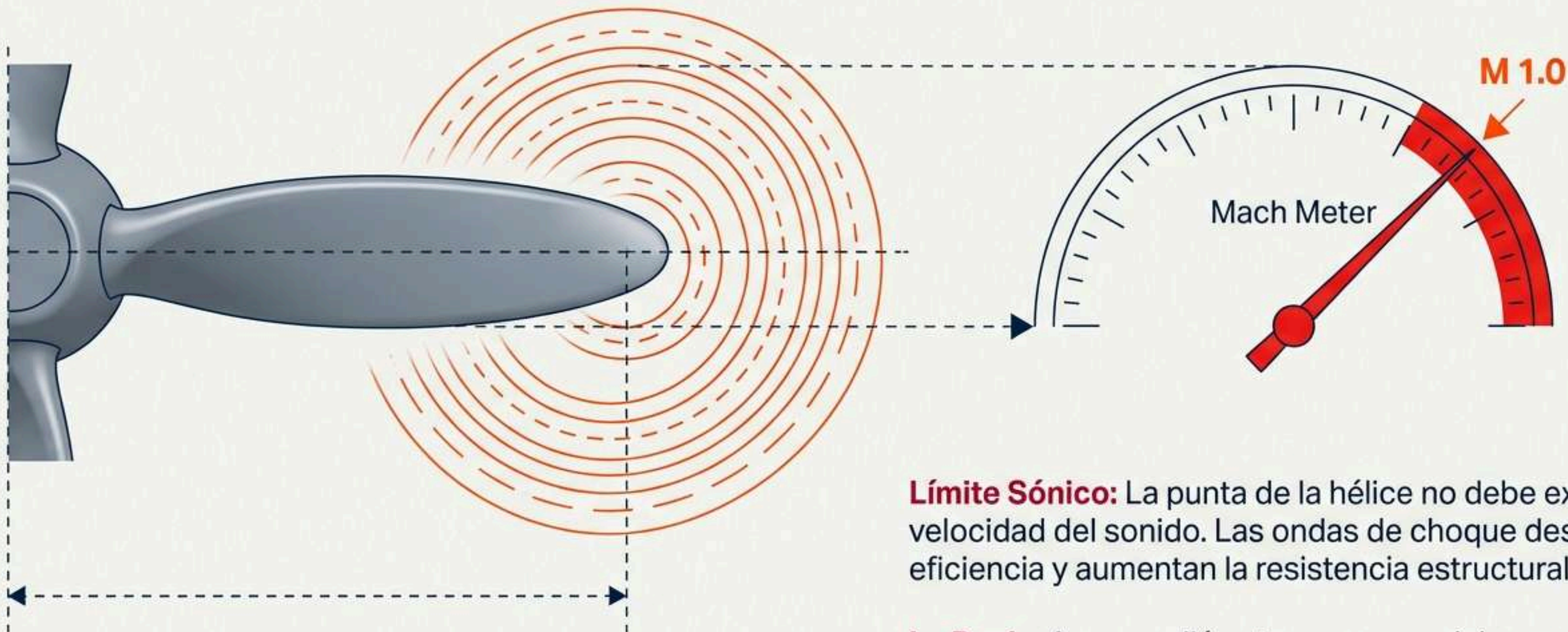
Si la pala fuera plana, la punta tendría un ángulo de ataque masivo comparado con la raíz debido a *la diferencia de velocidad*.

Solución de Ingeniería: La Torción de la Pala



Esta geometría asegura un empuje uniforme a lo largo de toda la envergadura de la hélice.

Límites Físicos: Diámetro y Número Mach Crítico



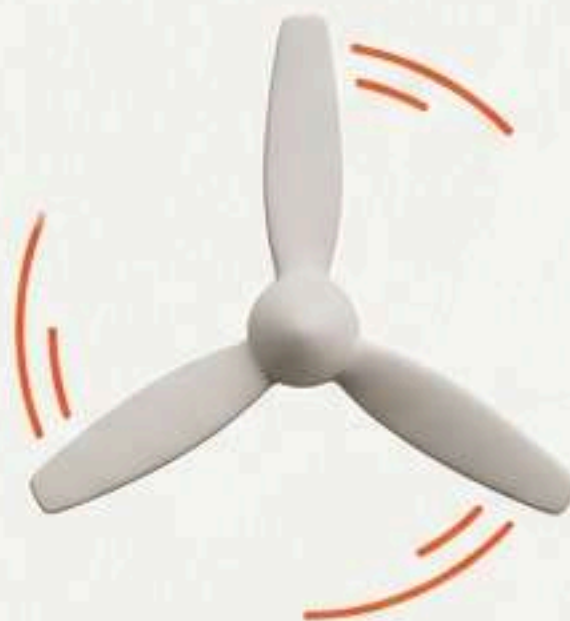
Límite Sónico: La punta de la hélice no debe exceder la velocidad del sonido. Las ondas de choque destruyen la eficiencia y aumentan la resistencia estructural.

La Regla: A mayor diámetro, menores deben ser las RPM permitidas.

Gestión de Potencia: ¿Por qué aumentar el número de palas?



Baja Solidez
Motores Pequeños



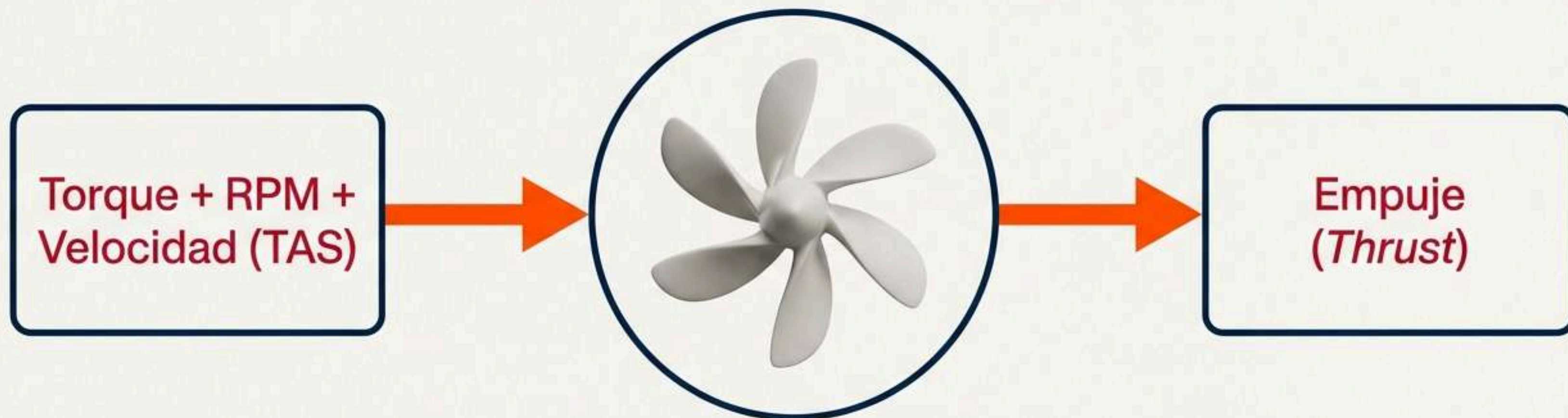
Mayor Área
Motores Medios



Alta Solidez
Motores Potentes

Cuando el motor genera más torque del que una hélice de 2 palas puede absorber (sin exceder los límites sónicos), la solución no es hacerla más grande, sino añadir palas para aumentar el área de superficie efectiva.

Resumen: El Arte del Balance Aerodinámico



1. La Hélice es un Ala: Convierte torque en empuje.
2. Ángulo de Ataque Dinámico: Varía constantemente con la velocidad.
3. Soluciones Estructurales: La torción y el número de palas resuelven los límites físicos de velocidad y potencia.