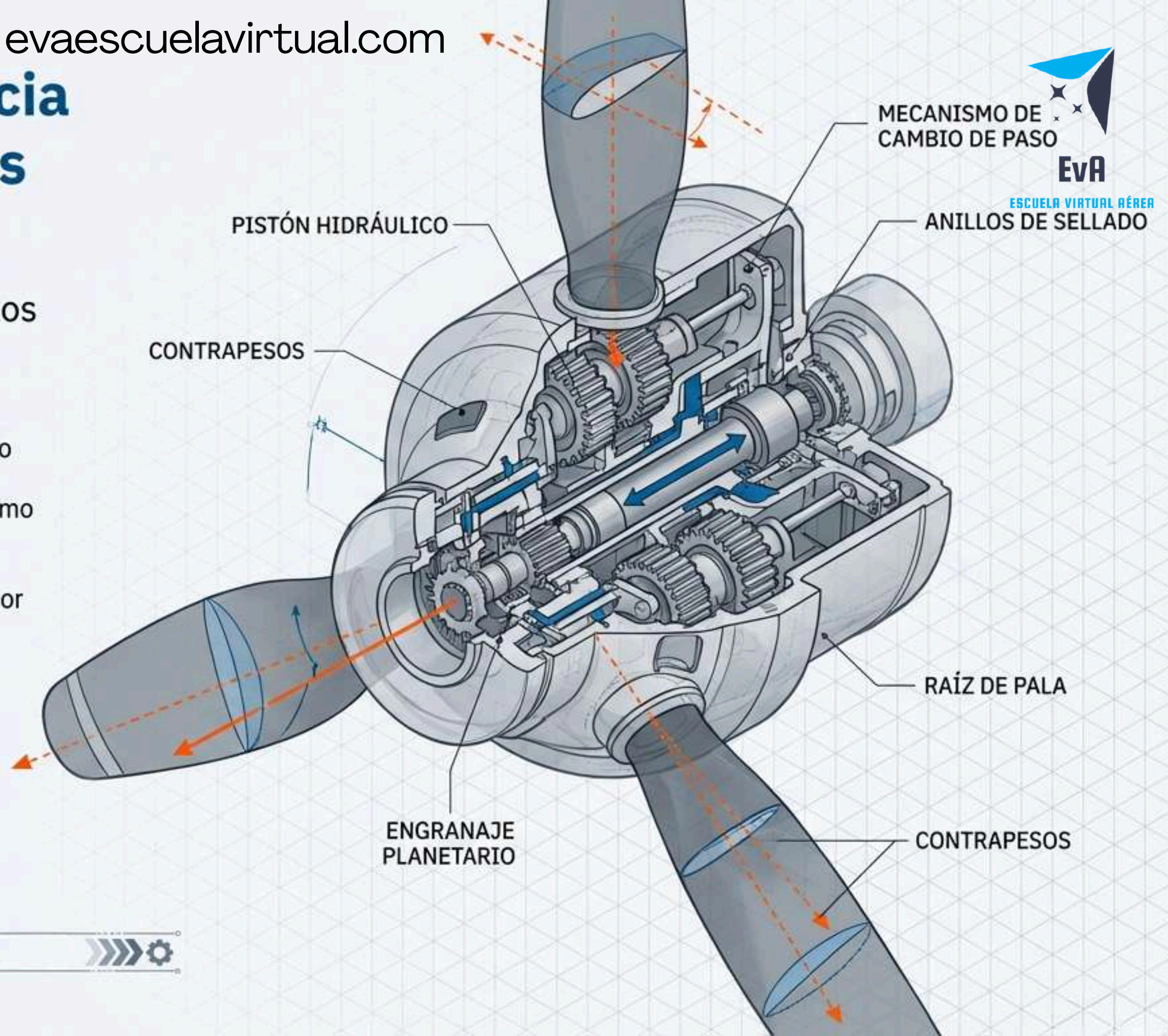


# Dominando la Eficiencia Aerodinámica: Hélices de Paso Variable

Evolución, mecánica y operación de los sistemas de velocidad constante.

La hélice de paso variable permite ajustar el ángulo de ataque de las palas durante el vuelo, optimizando el empuje para diferentes condiciones como despegue, ascenso y crucero. Mediante un mecanismo hidráulico o hidráulico o mecánico, el piloto o el gobernador mantienen una velocidad de rotación constante (RPM), maximizando la eficiencia del motor y el rendimiento general de la aeronave.

- Optimización del Empuje: Ajuste automático para máxima tracción.
- Velocidad Constante: Mantenimiento de RPM óptimas por el gobernador.
- Mayor Eficiencia: Reducción del consumo de combustible y desgaste.



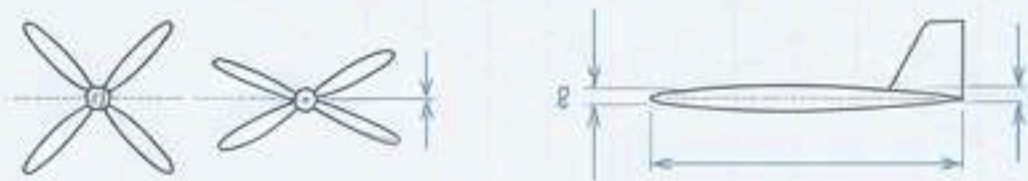
EvA

ESCUELA VIRTUAL AÉREA

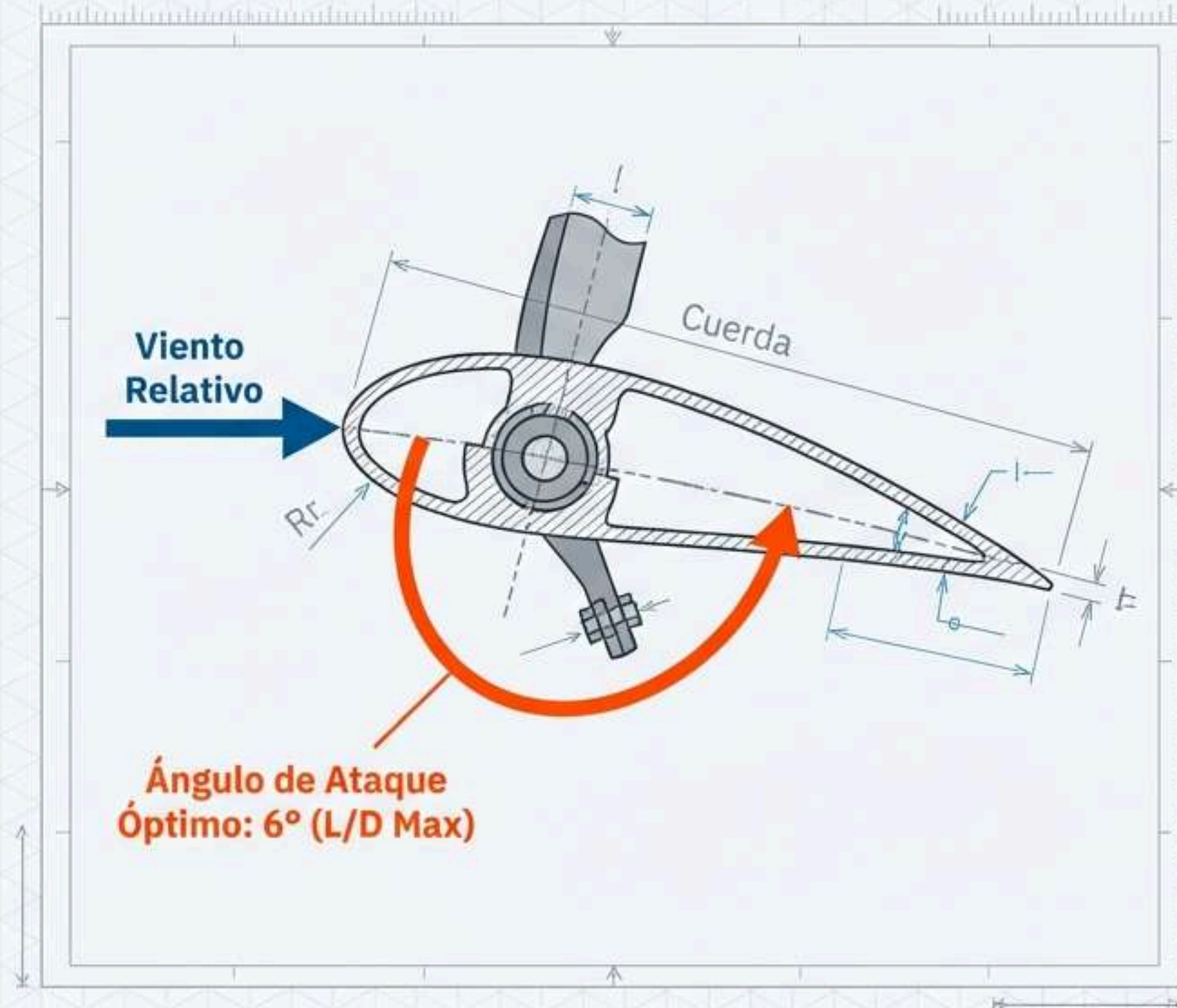


# El Desafío: La Búsqueda del Ángulo Perfecto

- Las hélices de paso fijo son un compromiso: o son eficientes en despegue (Paso Bajo) o en crucero (Paso Alto), pero nunca en ambos.

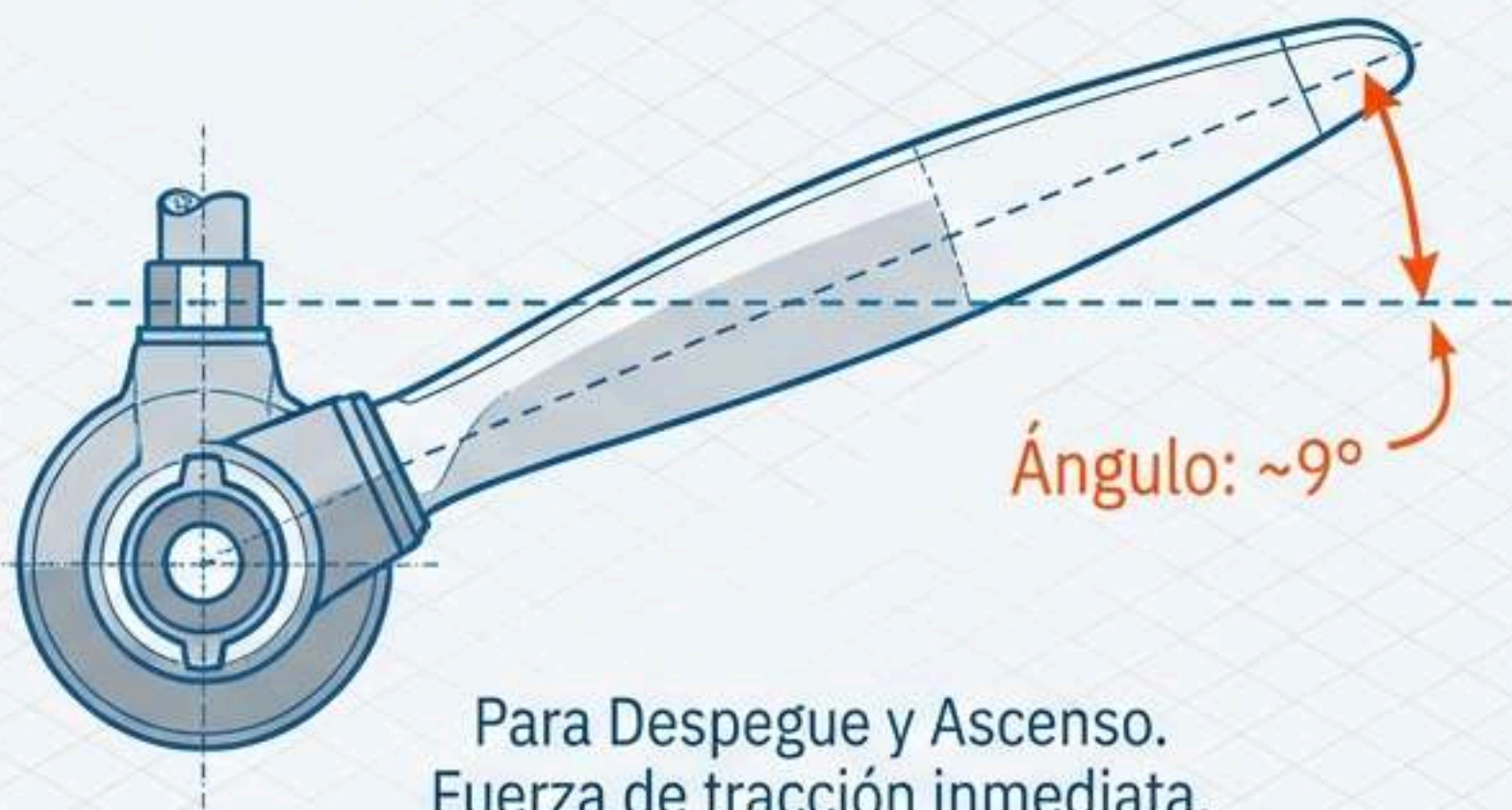


- El objetivo de la ingeniería aeronáutica es mantener el ángulo de ataque de la pala cerca de su punto de máxima eficiencia (**L/D Max**), que generalmente se encuentra alrededor de los **6 grados**.
- El reto es mantener esos 6 grados a pesar de los cambios drásticos en la velocidad de la aeronave y la velocidad rotacional de la hélice.



# La Primera Evolución: Paso Variable de Dos Posiciones

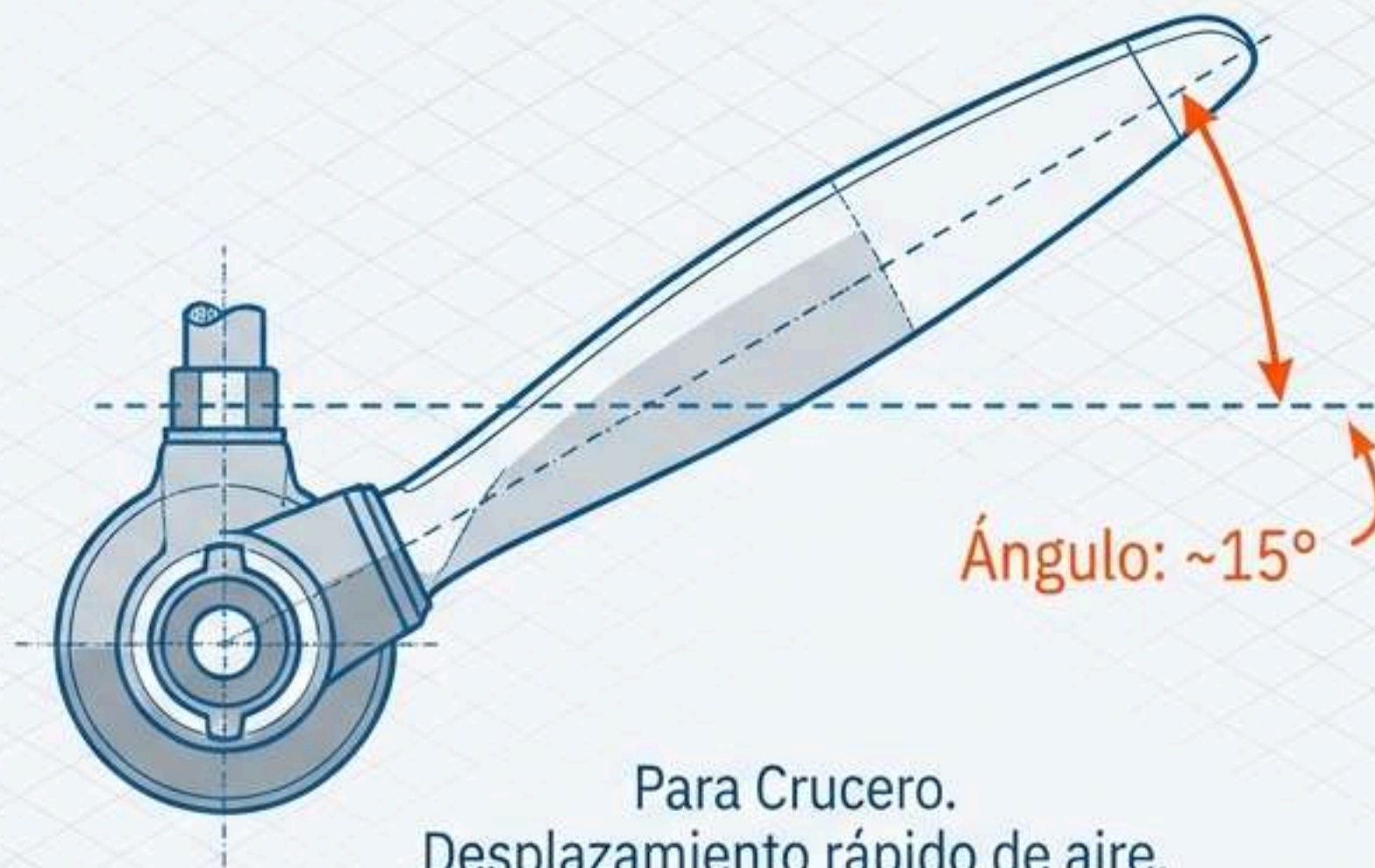
PASO BAJO (FINE PITCH)



Ángulo:  $\sim 9^\circ$

Para Despegue y Ascenso.  
Fuerza de tracción inmediata.

PASO ALTO (COARSE PITCH)



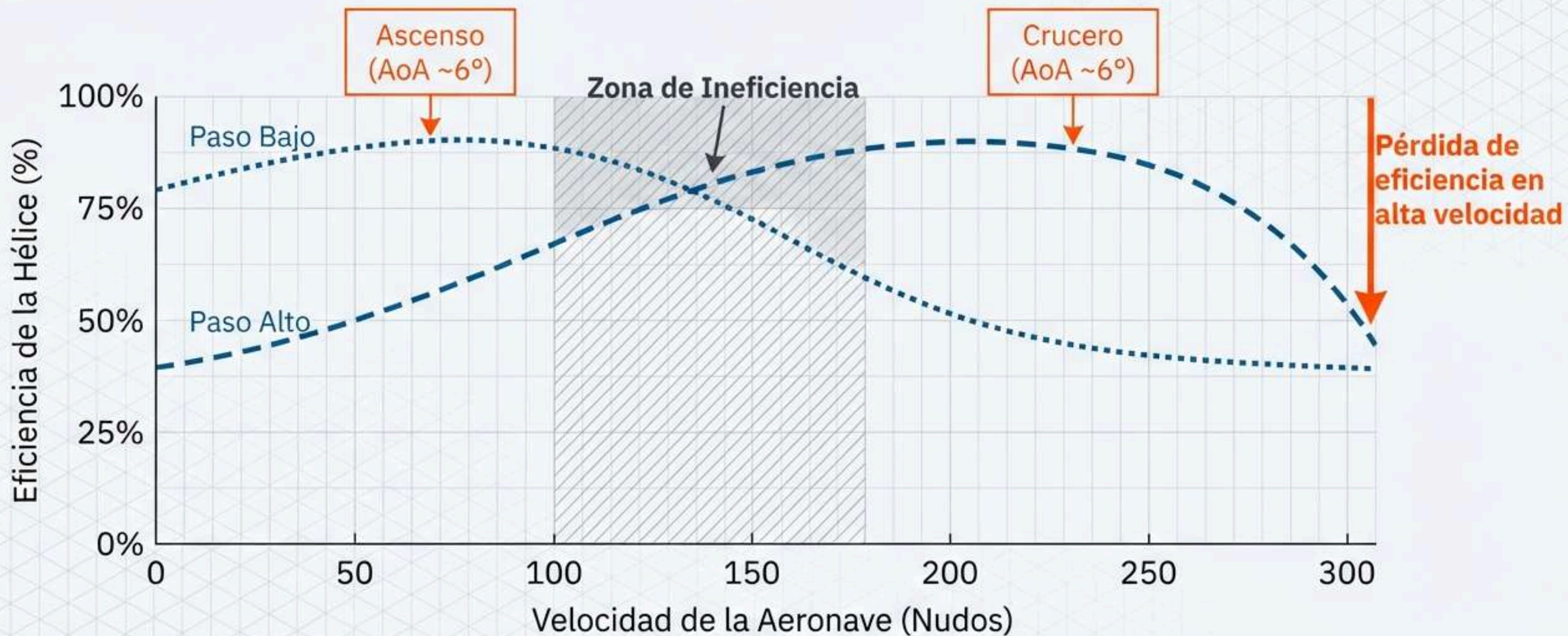
Ángulo:  $\sim 15^\circ$

Para Crucero.  
Desplazamiento rápido de aire.

Aunque añade peso y complejidad, este sistema permite acercarse al L/D Max en dos puntos distintos del vuelo.

# Análisis de Rendimiento: Una Solución Incompleta

La hélice de dos posiciones mejora el rendimiento, pero deja brechas de ineficiencia significativas.

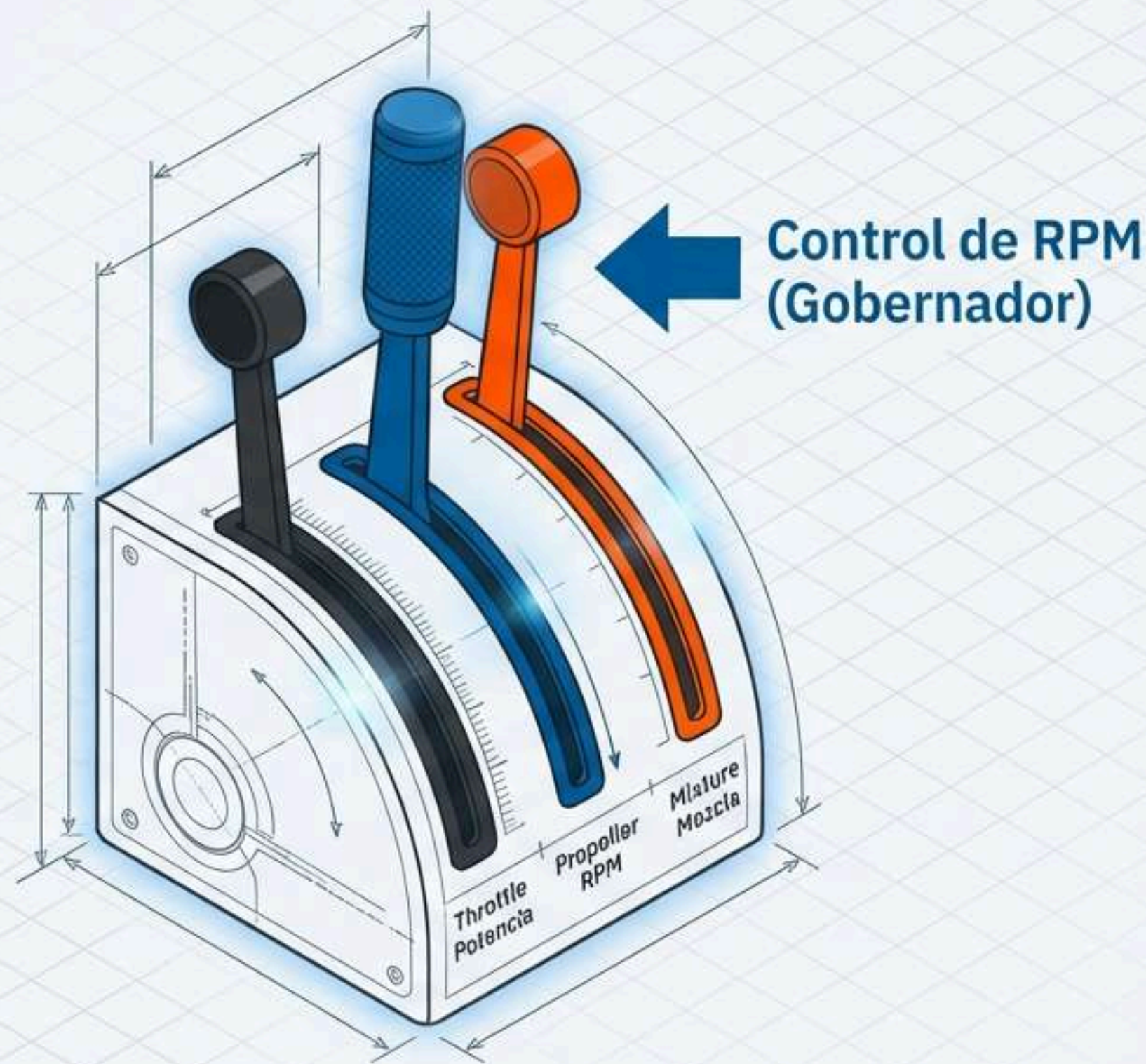


# La Solución Definitiva: Velocidad Constante

A diferencia de las dos posiciones, este sistema ajusta el ángulo de las palas automáticamente a través de un rango continuo.

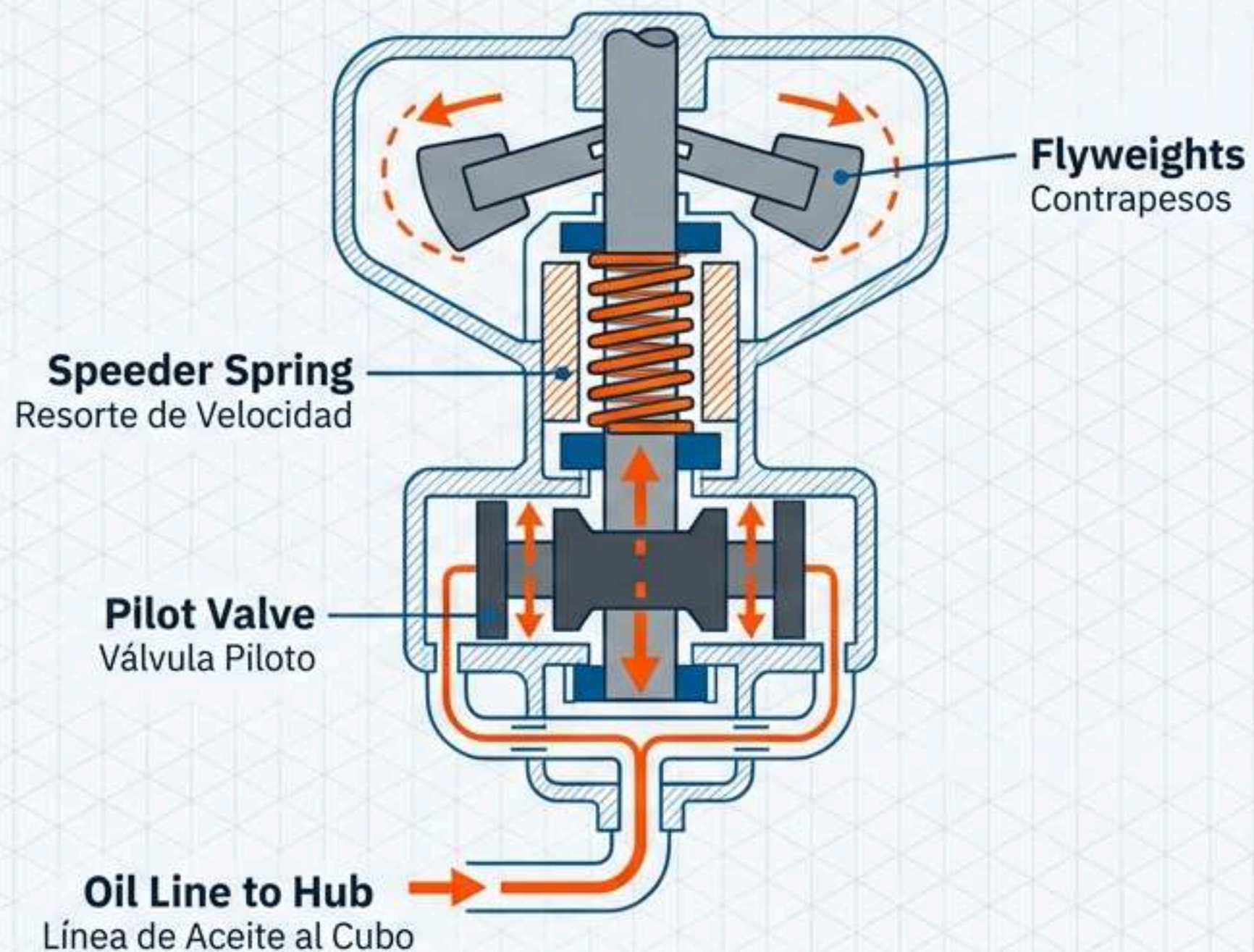
**El Objetivo:** Mantener las RPM constantes (seleccionadas por el piloto) sin importar la actitud del avión.

**El Resultado:** La hélice mantiene el ángulo de ataque óptimo (L/D Max) durante casi la totalidad del vuelo.



# El Cerebro del Sistema: El Gobernador

El Gobernador “siente” las RPM del motor y utiliza presión de aceite para ajustar el ángulo de las palas, buscando siempre el equilibrio.



1. Piloto selecciona RPM (ej. 1800) -> 2. Gobernador detecta variación -> 3. **Ajusta presión** de aceite -> 4. **Cambia ángulo** de pala para modificar la carga.

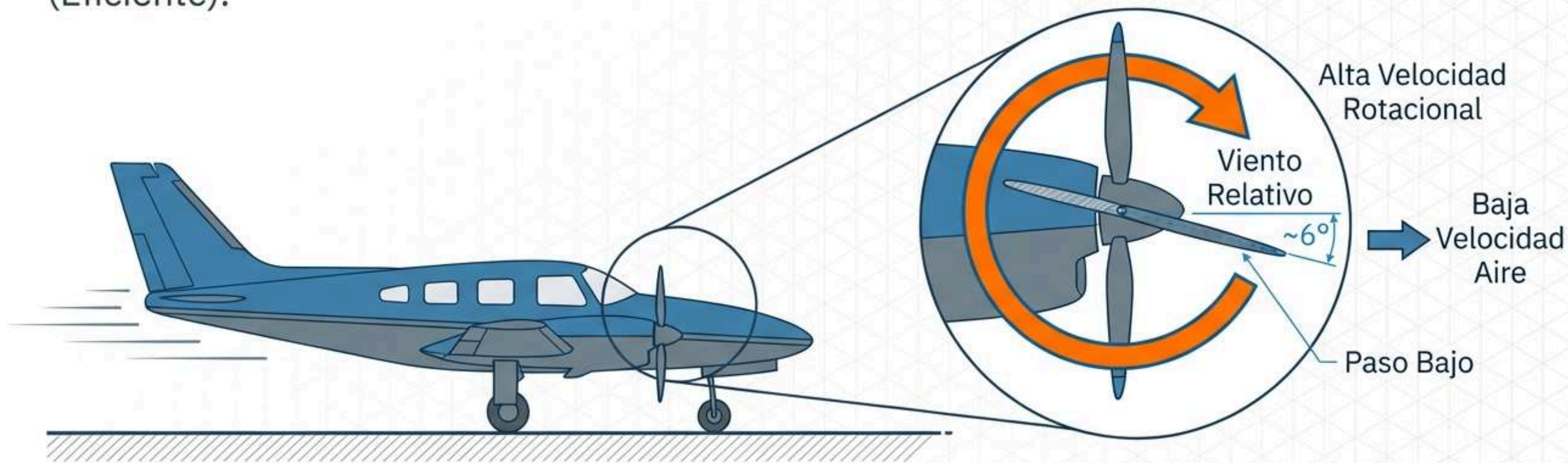
# Dinámica de Despegue: Maximizando la Rotación

**Configuración:** 1800 RPM seleccionadas.

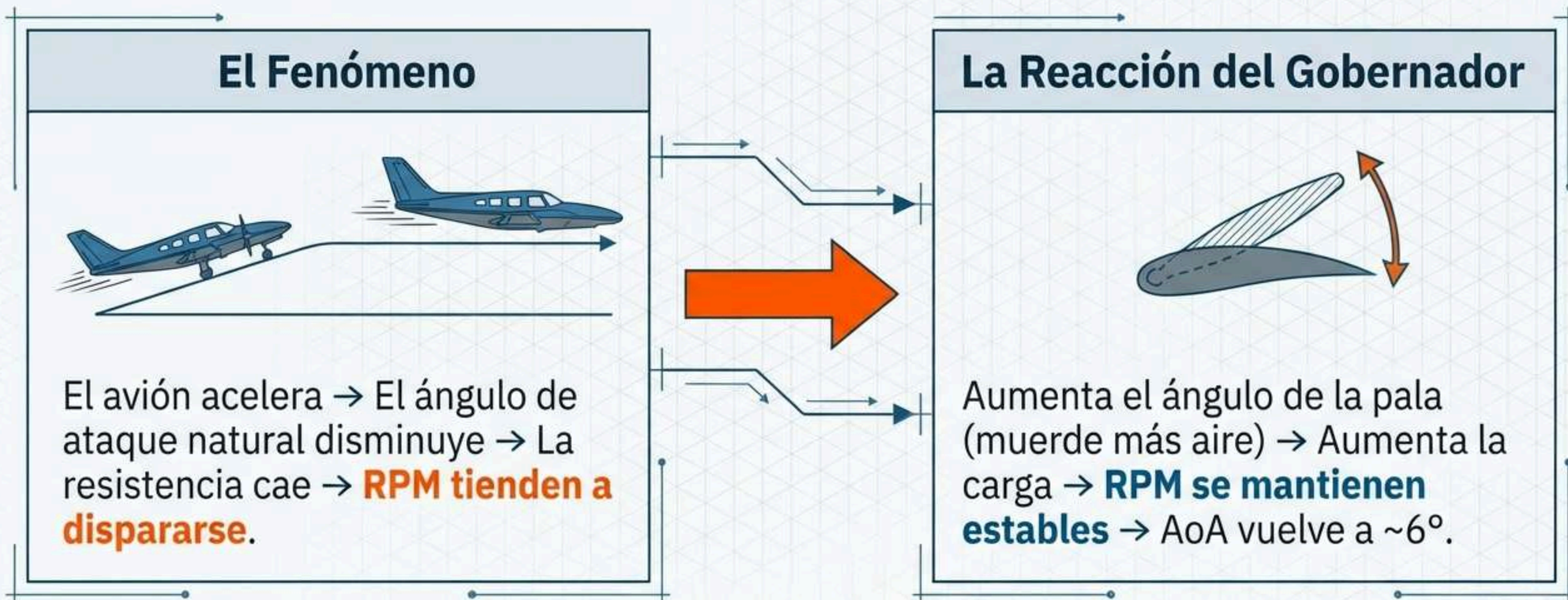
**Condición:** Baja velocidad aire = Baja carga aerodinámica.

**Acción:** El gobernador reduce el paso (Paso Bajo) para minimizar resistencia.

**Aerodinámica:** Viento relativo paralelo a rotación + Paso Bajo = Ángulo de Ataque  $\sim 6^\circ$  (Eficiente).



# Ascenso y Crucero: Gestionando la Aceleración



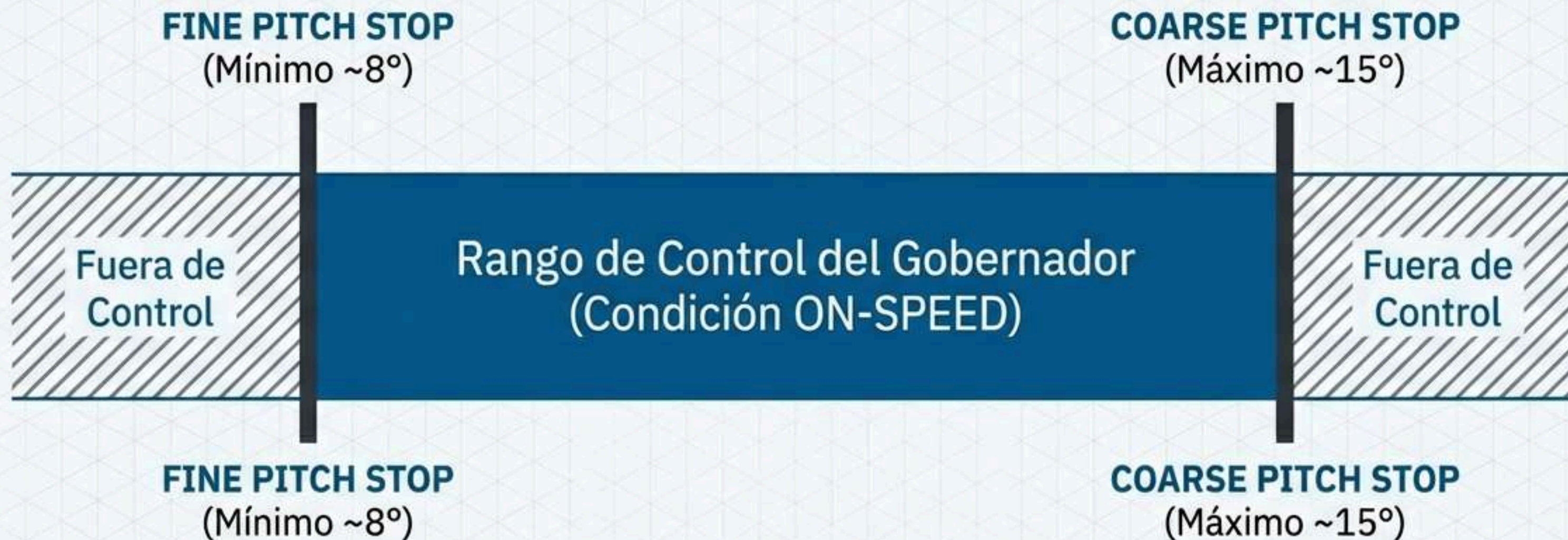
El sistema lucha constantemente contra la tendencia del motor a acelerarse al ganar velocidad.

# Reacción a Cambios de Carga

## Ejemplo: Reducción de Velocidad (Nariz Arriba)



# Los Límites Físicos: El Rango de Operación



El gobernador solo es efectivo mientras la física del vuelo permita operar dentro de estos dos topes mecánicos.

# Fuera de los Límites: Under-Speed y Over-Speed

## UNDER-SPEED



Velocidad muy baja.  
Gobernador no puede reducir más el paso.  
RPM caen.



## OVER-SPEED

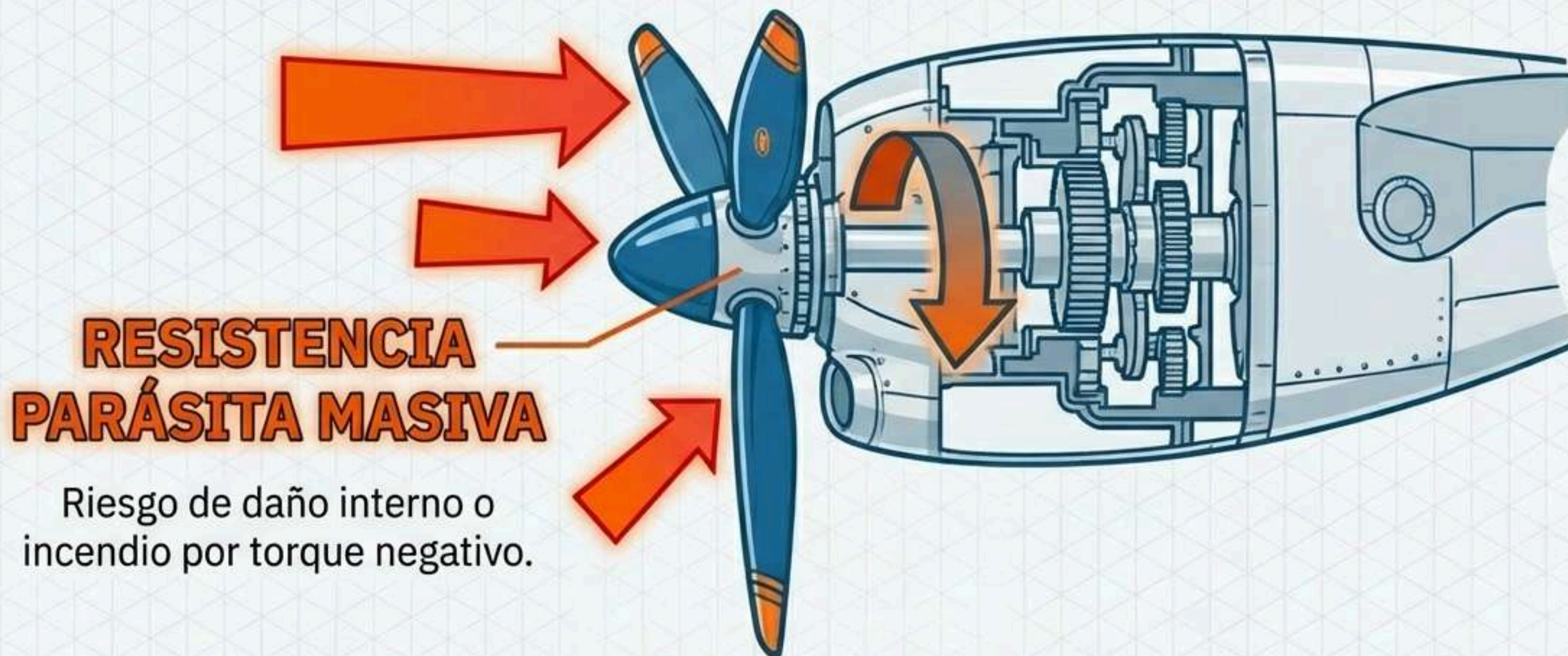


Velocidad excesiva.  
Gobernador no puede aumentar más el paso.  
RPM suben sin control.



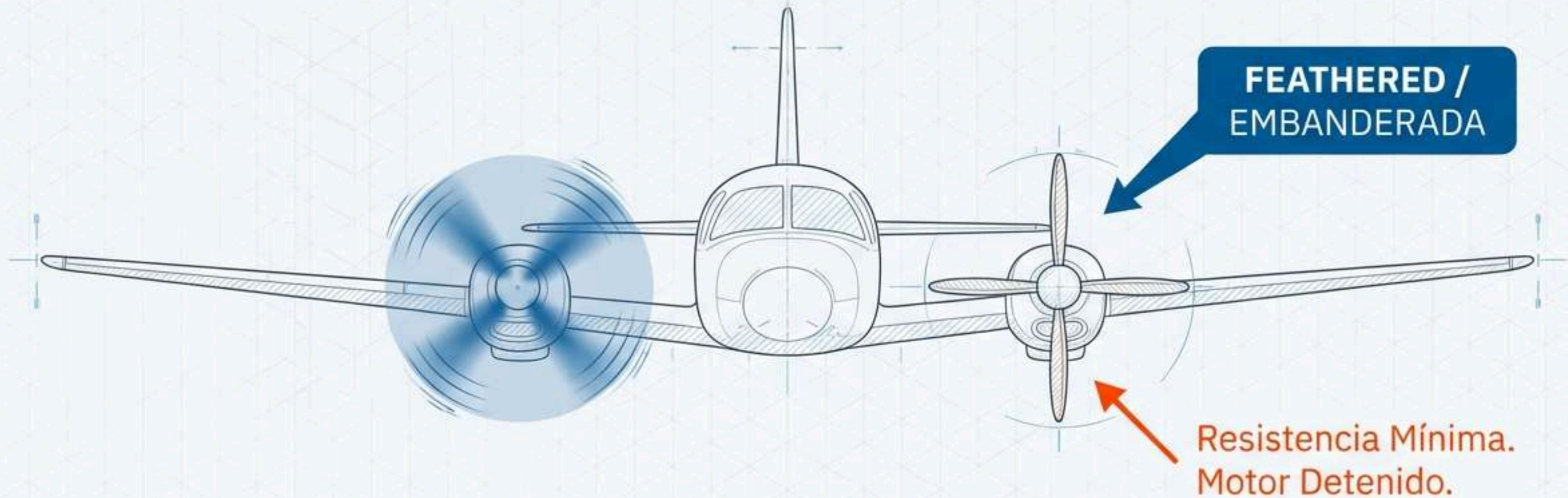
# El Peligro del “Molinete” (Windmilling)

Falla de Motor → RPM Caen → Gobernador reduce paso al mínimo (Fine Stop) intentando subir RPM.



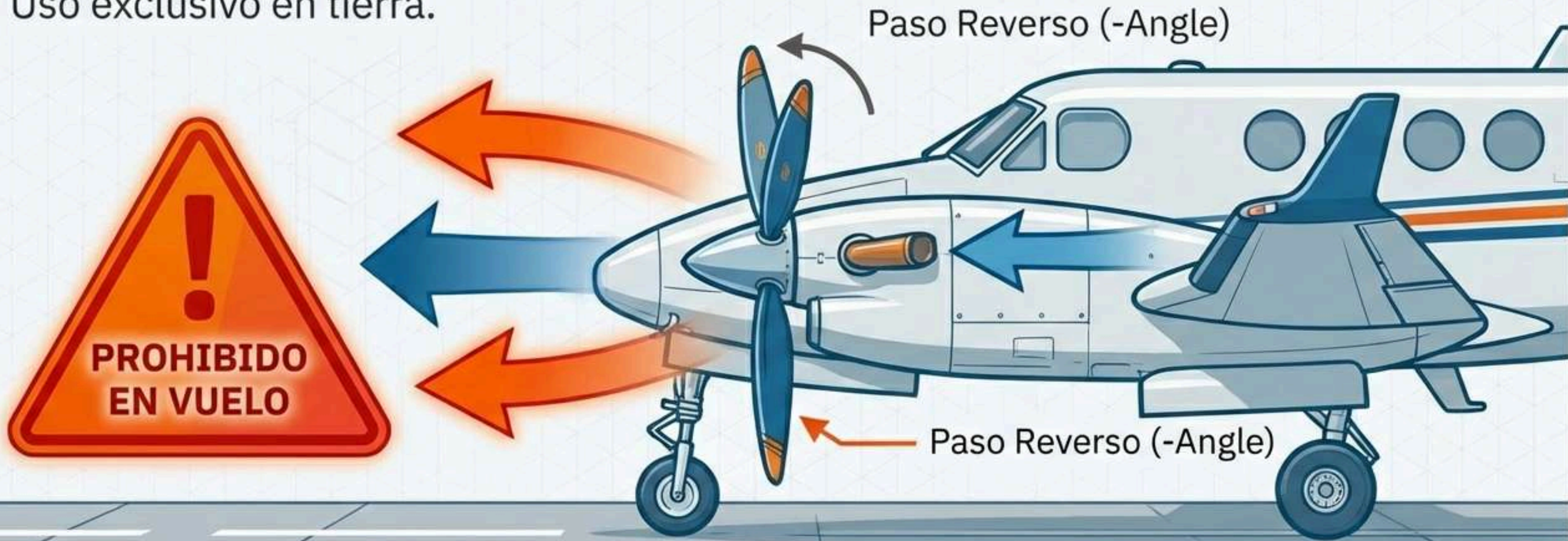
# Solución de Emergencia: Embanderamiento (Feathering)

Mecanismo que lleva las palas a  $\sim 90^\circ$ , alineándolas con el viento para detener la rotación y salvar el vuelo.



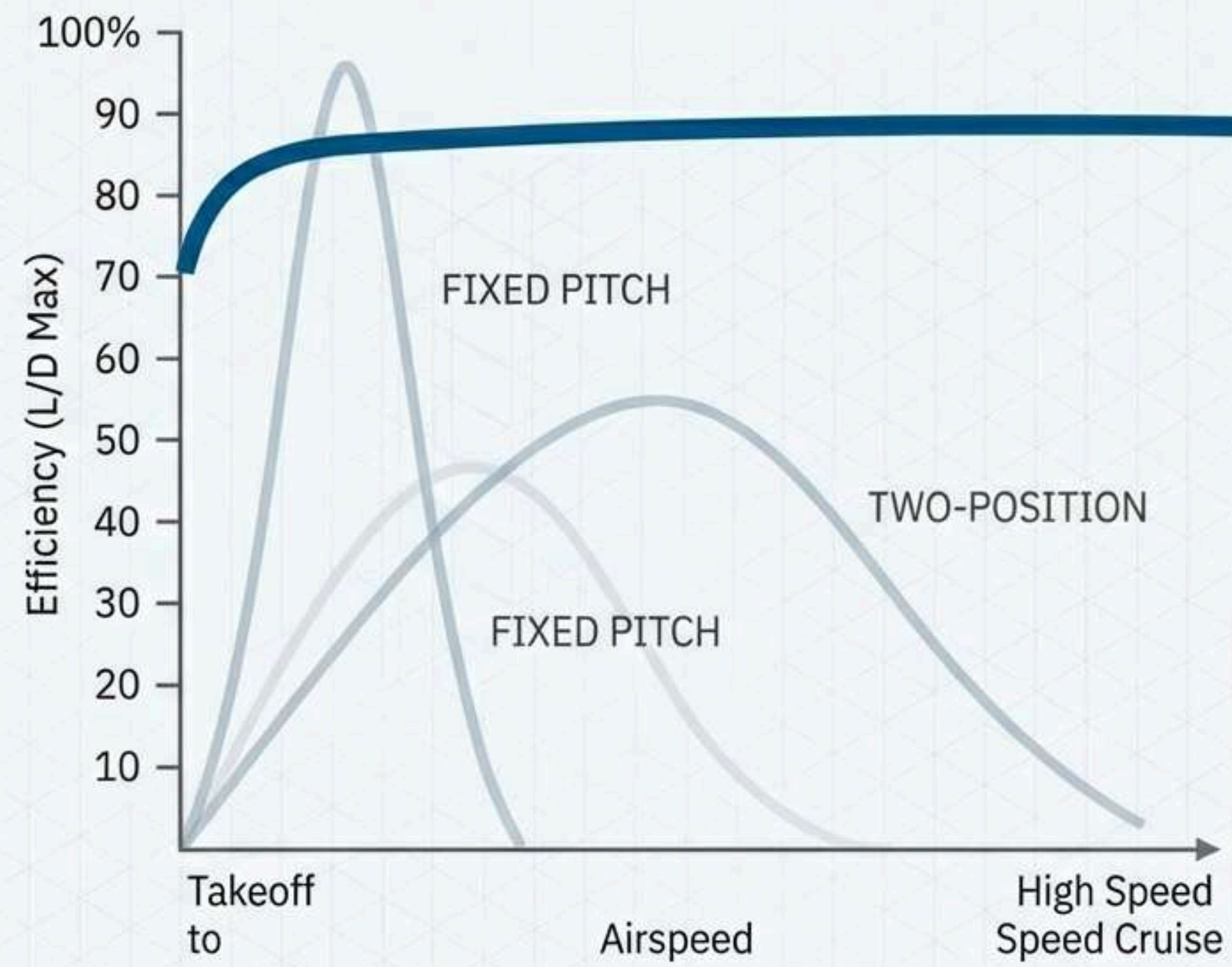
# Operación en Tierra: Paso Reverso (Reverse Pitch)

Movimiento de las palas más allá del Fine Stop hacia un ángulo negativo.  
Uso exclusivo en tierra.



## Frenado Aerodinámico

# Conclusión: El Dominio de la Curva de Eficiencia



**HÉLICE DE VELOCIDAD  
CONSTANTE**

- Eficiencia L/D Max continua (On-Speed).
  - Seguridad en fallas (Feathering).
  - Versatilidad en tierra (Reverse).
- El estándar de la aviación moderna.**