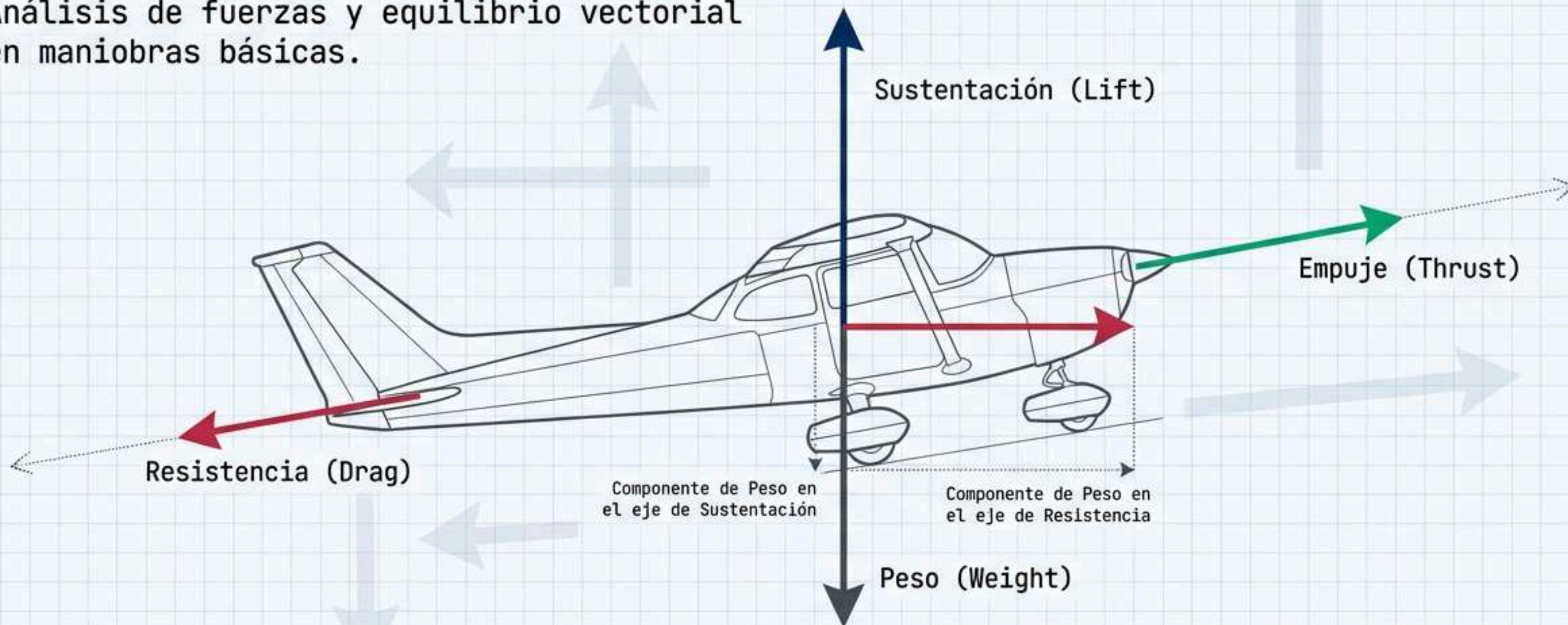


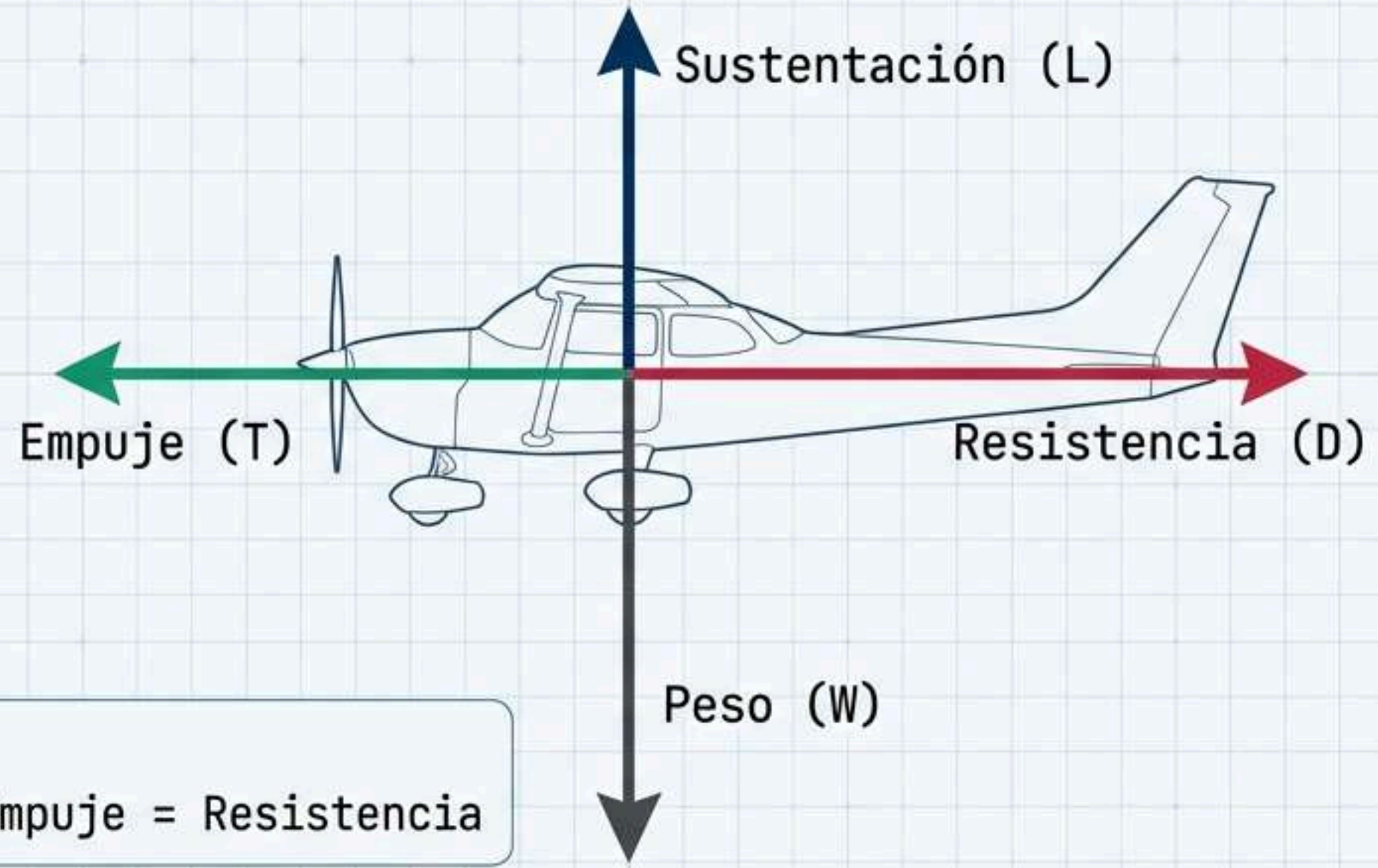
Ascensos, Descensos y Planeos: Una Perspectiva Aerodinámica

Análisis de fuerzas y equilibrio vectorial
en maniobras básicas.



El punto de partida: Vuelo Recto y Nivelado

Para entender las maniobras, primero debemos definir el equilibrio. En vuelo recto y nivelado a velocidad constante, la sumatoria de fuerzas es cero.



$$\Sigma F = 0$$

La Regla de Oro:
Sustentación = Peso | Empuje = Resistencia

Nota: Esto no significa que todas las fuerzas sean iguales entre sí. La Sustentación y el Peso son significativamente mayores que el Empuje y la Resistencia.

La excepción a la regla: El Vuelo Lento



Incluso en vuelo nivelado, la intuición puede fallar. En una configuración de Vuelo Lento (nariz arriba, velocidad constante), las fuerzas se mezclan:

- **Fuerza Aerodinámica:** Se divide en Sustentación Efectiva (vertical) y Resistencia Inducida (horizontal).
- **Empuje:** Se divide en Empuje Efectivo (avance) y una componente vertical que ayuda a la sustentación a vencer el peso.

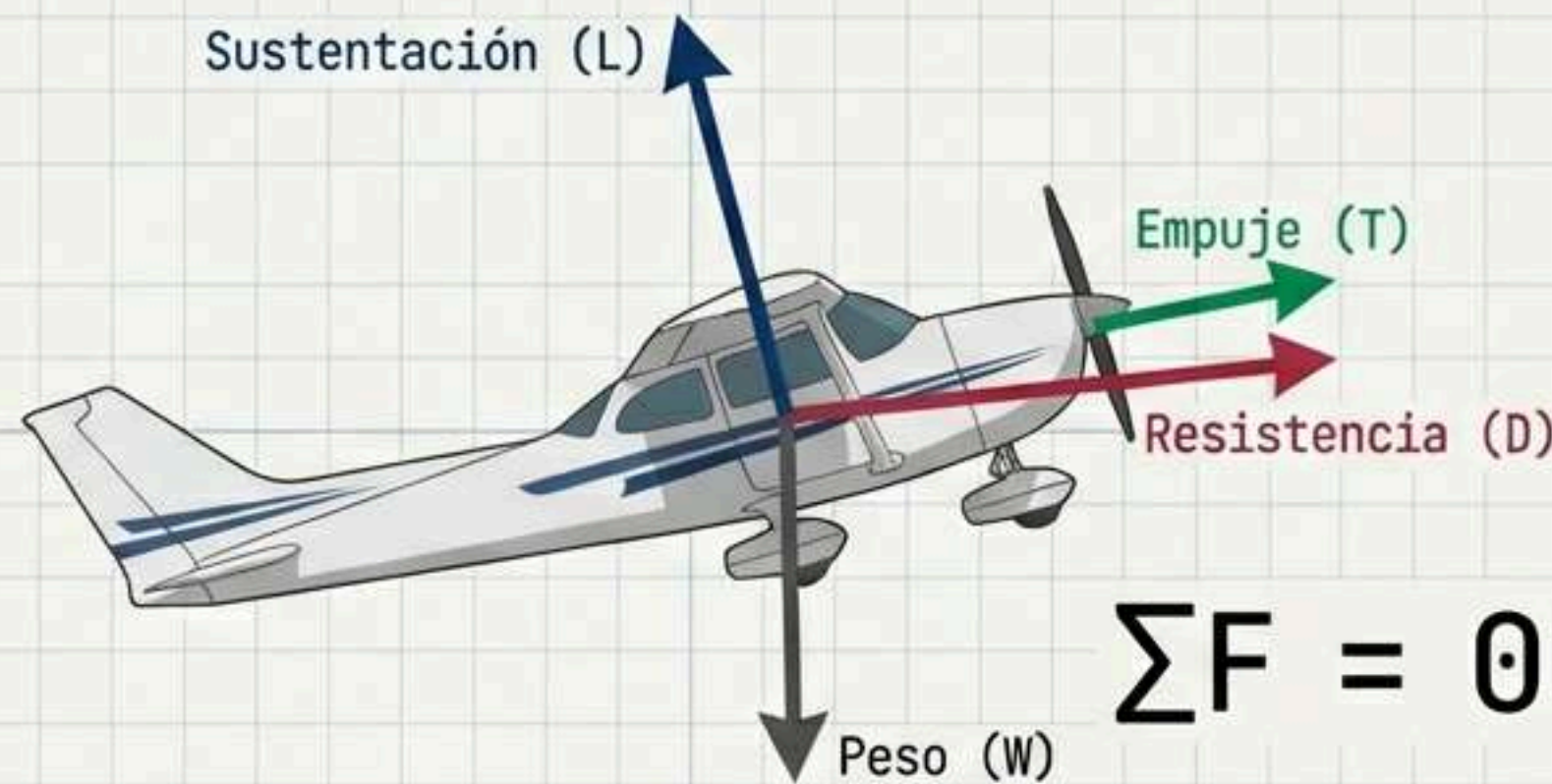
Conclusión: Para que la suma sea cero, todas las fuerzas hacia arriba deben igualar a las de abajo, y todas las de adelante a las de atrás.

El mito de la sustentación en el ascenso

1. Iniciación (Aceleración)



2. Ascenso Establecido (Velocidad Constante)

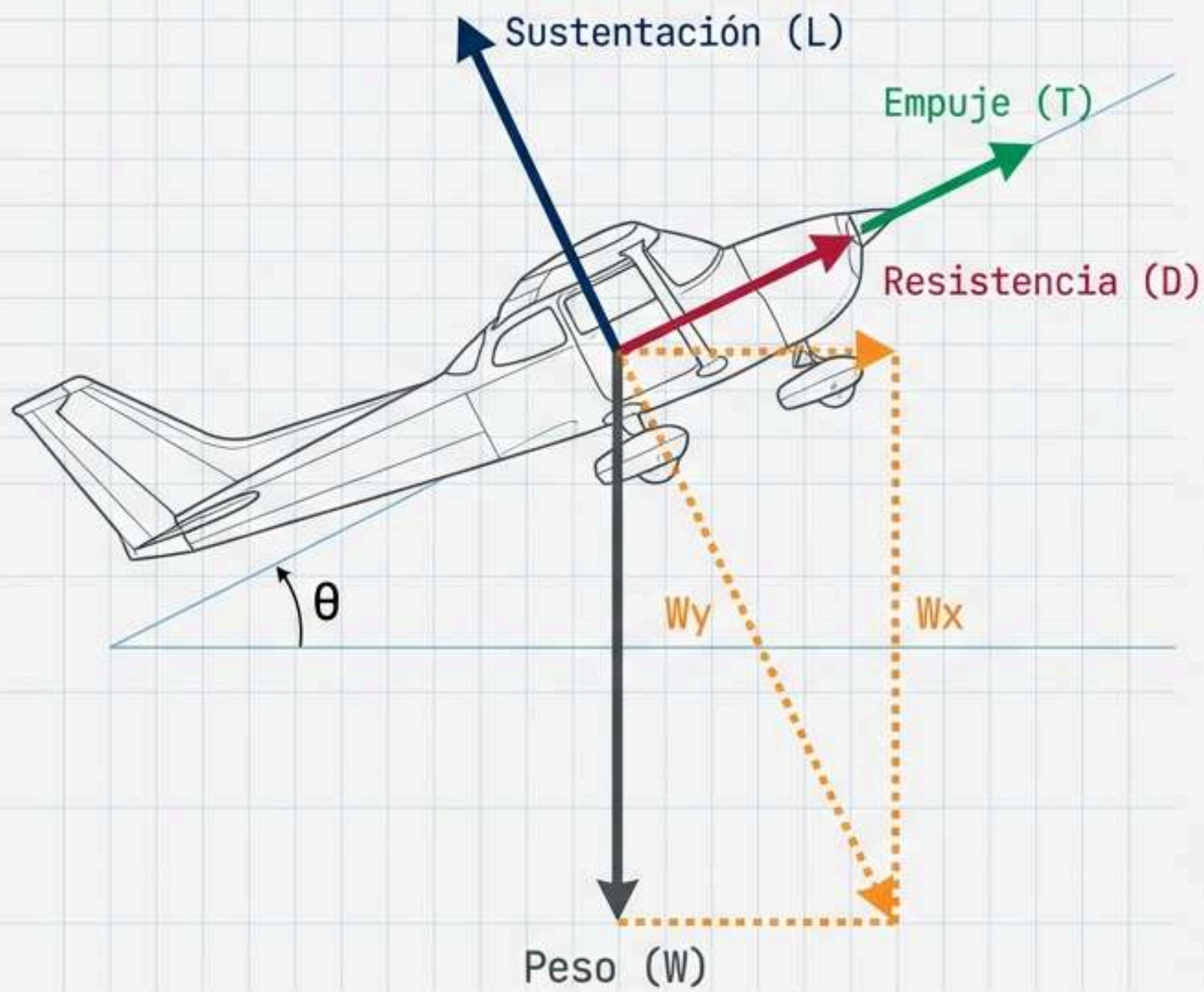


El Mito: "Para subir, la sustentación debe ser mayor que el peso".

La Realidad: Ese desbalance solo es necesario momentáneamente para iniciar la aceleración hacia arriba.

Ascenso Constante: Una vez establecida la maniobra, la sumatoria de fuerzas debe volver a ser cero. Si la sustentación siguiera siendo mayor que el peso, la aeronave continuaría acelerando verticalmente indefinidamente.

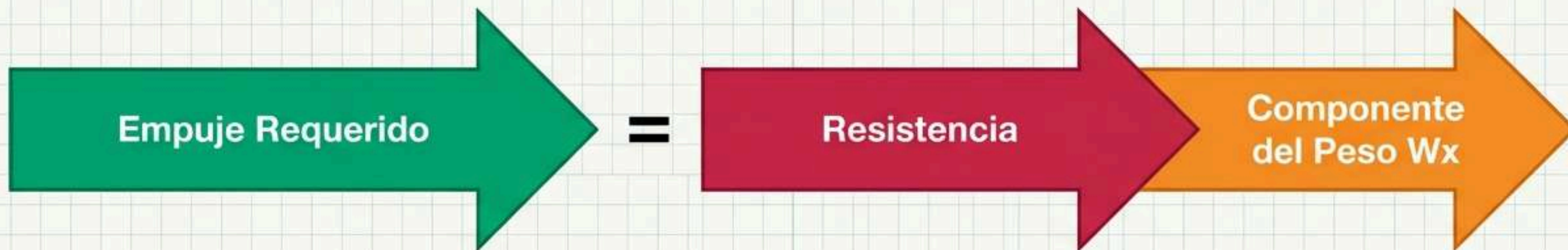
Anatomía de un Ascenso: Descomponiendo el Peso



Al inclinar la trayectoria, el Peso (W) se divide en dos componentes:

- **Componente Vertical (W_y)**: Actúa en contra de la sustentación.
- **Componente Horizontal (W_x)**: Actúa hacia atrás, sumándose a la resistencia aerodinámica.
- **La Física**: La magnitud de esta fuerza trasera es $\text{Peso} * \text{sen}(\theta)$.
- Esto crea una "nueva resistencia" que el motor debe vencer.

La demanda de Empuje Adicional

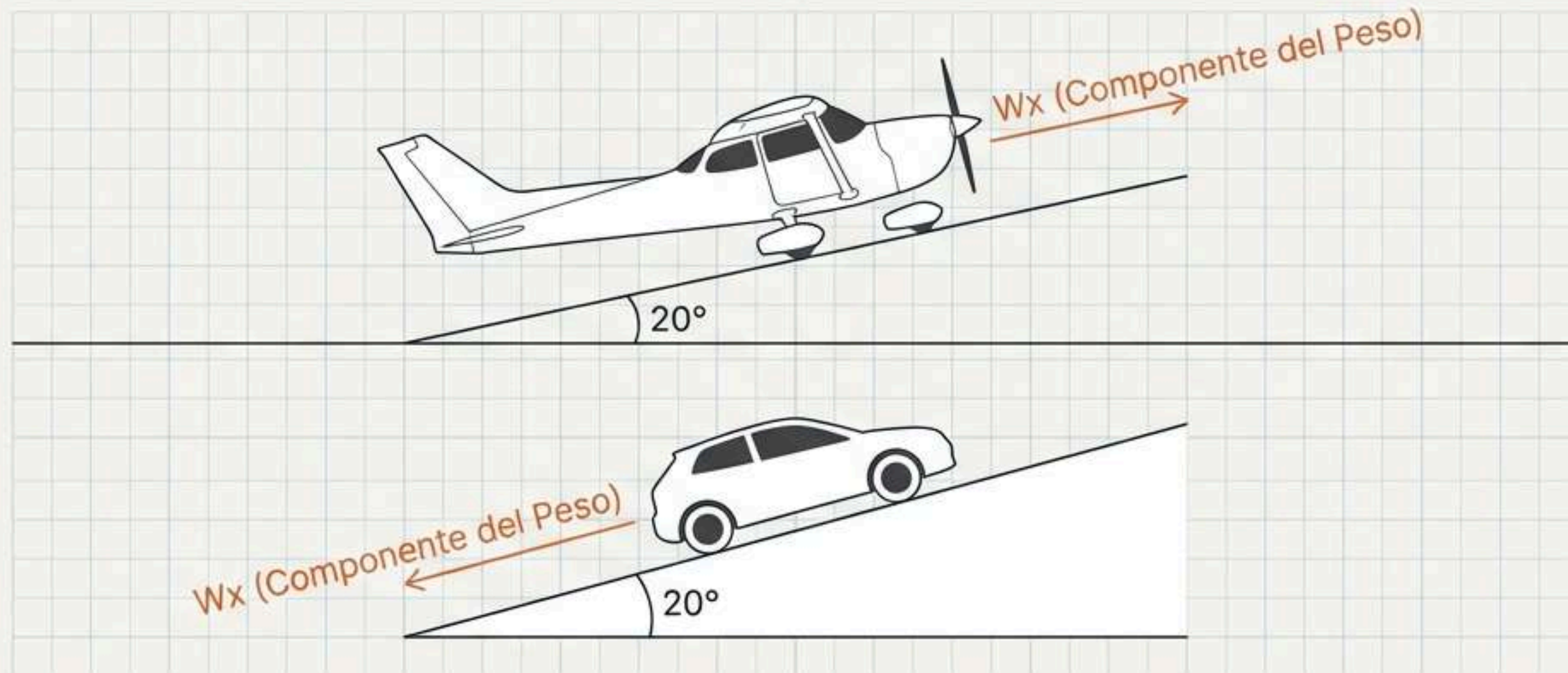


$$\text{Empuje Requerido} = \text{Resistencia} + (\text{Peso} * \text{sen}(\theta))$$

En un ascenso, el empuje no solo debe vencer la resistencia aerodinámica natural.

El "Empuje Adicional" requerido es directamente proporcional al ángulo de inclinación. A mayor ángulo, mayor será el componente del peso tirando hacia atrás, y más potencia necesitaremos para mantener la velocidad constante.

Analogía Terrestre: El coche en la ladera



El principio es idéntico a un coche subiendo una cuesta.

- Fuerzas en contra: Fricción/Aire (Resistencia) + Gravedad tirando hacia atrás (Componente del Peso).
- Al igual que el coche necesita pisar más el acelerador para no perder velocidad en la subida, el avión requiere exceso de empuje para contrarrestar la gravedad que ahora actúa en contra de la trayectoria.

El Descenso: Cuando la gravedad ayuda



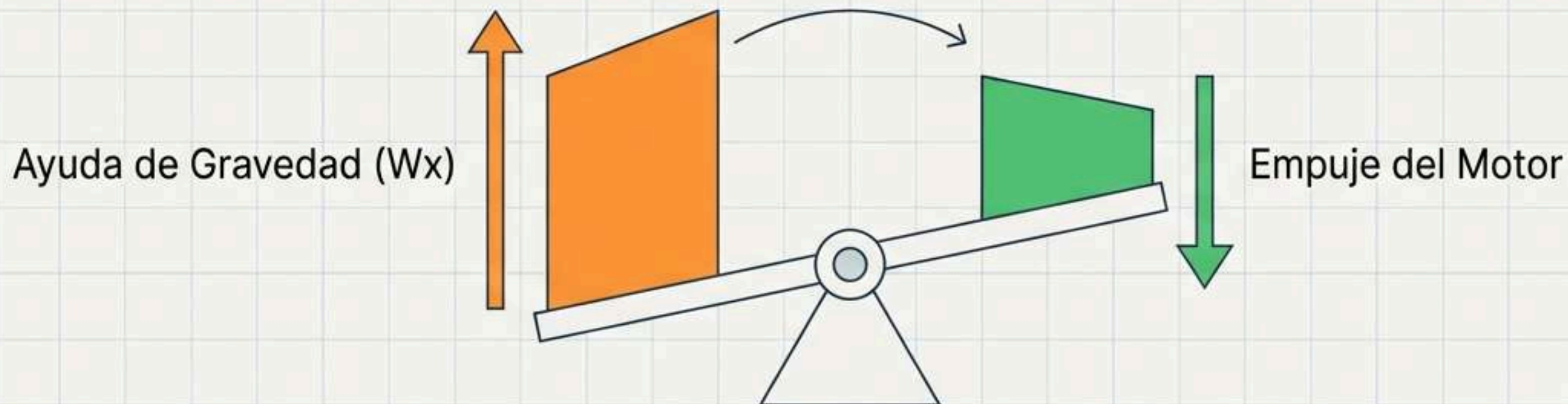
Para descender, reducimos el ángulo de ataque momentáneamente. Pero, ¿qué pasa una vez establecidos?

Nuevamente descomponemos el Peso, pero el resultado cambia:

- **Componente Horizontal (Wx)**: Ahora actúa a favor de la trayectoria.

Fórmula: $\text{Empuje Total} = \text{Empuje del Motor} + (\text{Peso} * \text{sen}(\theta))$

Gestión de Energía: Reducción de Empuje



Si mantuviéramos la misma potencia del motor durante un descenso, la aeronave aceleraría debido al empuje extra de la gravedad.

La Solución: Se requiere una reducción de empuje para mantener la velocidad constante.

Esta reducción es proporcional al ángulo de descenso. A mayor inclinación, mayor "ayuda" de la gravedad, y menor potencia de motor requerida.

El límite del descenso y el uso de Spoilers



¿Qué sucede si la pendiente es tan pronunciada que incluso con el motor al mínimo (Idle) seguimos acelerando?

El componente del peso hacia adelante es mayor que la resistencia natural de la aeronave.

La Solución: Desplegar dispositivos de alta resistencia (aerofrenos o spoilers). Esto aumenta artificialmente la resistencia para igualar el empuje de la gravedad y permitir descensos pronunciados sin ganar velocidad.

El Planeo: Descenso sin motor



El planeo es un descenso controlado en ausencia total de empuje mecánico.

El Balance: La única fuerza que impulsa al avión hacia adelante es el componente del peso ($\text{Peso} * \sin(\theta)$). Para mantener una velocidad constante, este componente de gravedad debe ser exactamente igual a la Resistencia Aerodinámica.

La Geometría de la Eficiencia

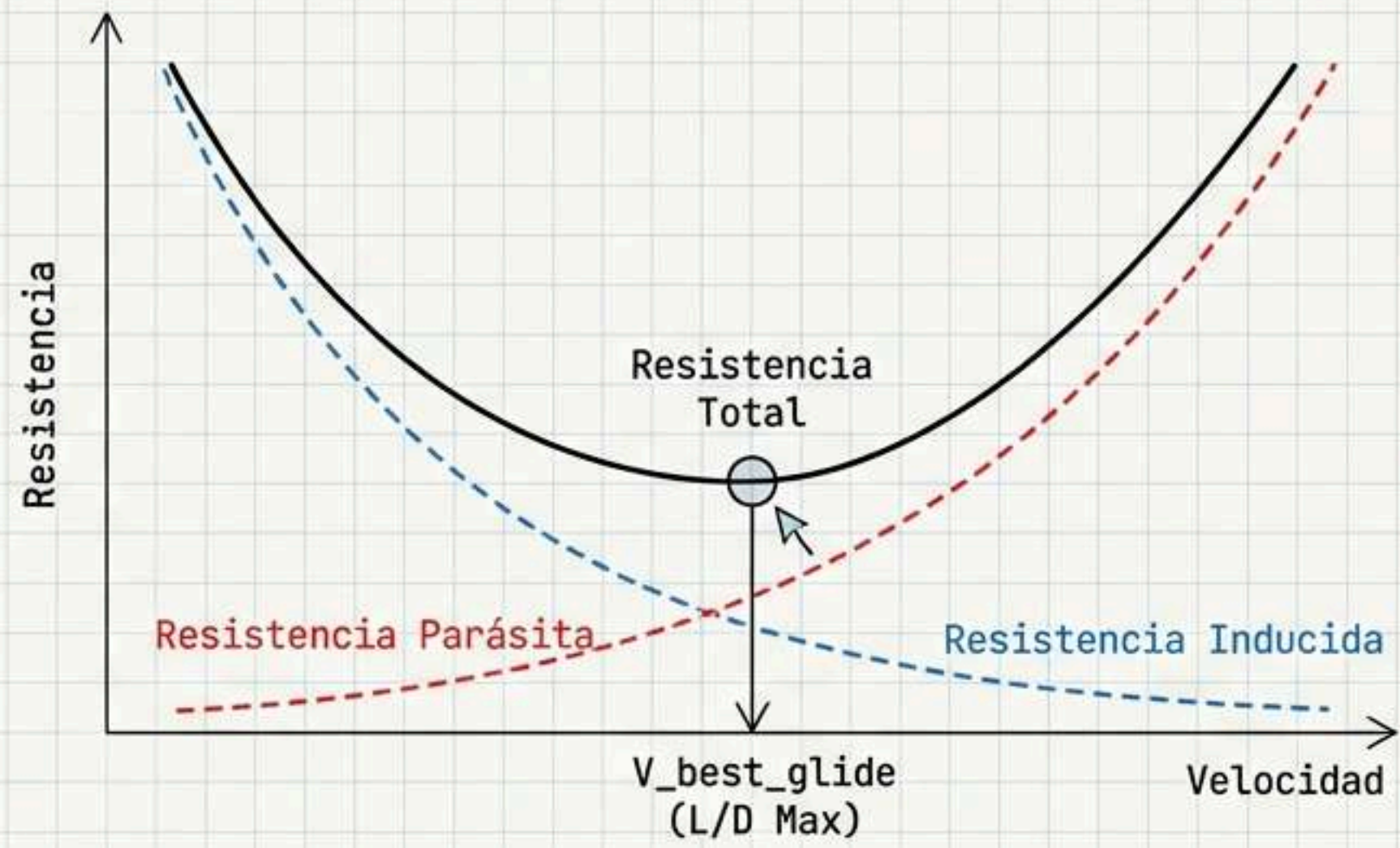


El ángulo de planeo está dictado por la resistencia de la aeronave:

- Poca Resistencia: Se necesita poca 'ayuda' de la gravedad para vencerla -> Ángulo de descenso menor.
- Mucha Resistencia: Se requiere una componente de gravedad fuerte -> Ángulo de descenso pronunciado.

Objetivo: Reducir la resistencia al mínimo para maximizar la distancia.

En busca del número dorado: L/D Max

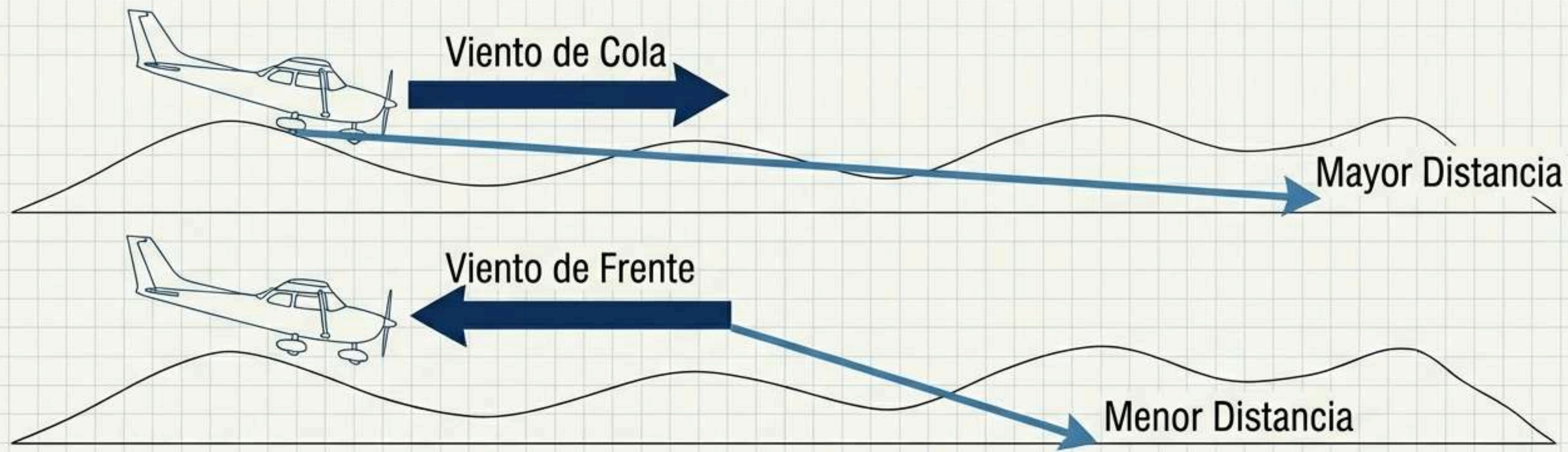


¿A qué velocidad debemos volar para llegar más lejos?

- Muy rápido: La resistencia parásita es excesiva.
- Muy lento: La resistencia inducida es excesiva.

El Punto Óptimo (L/D Max): La velocidad donde la resistencia total es mínima. Esta velocidad proporciona la mejor relación de planeo.

El factor final: El Viento



La aerodinámica determina la velocidad a través del aire (TAS), pero el viento determina el alcance real sobre el terreno.

- Viento de Cola: La Ground Speed aumenta. Mayor distancia.
- Viento de Frente: La Ground Speed disminuye. Menor distancia.

Conclusión: La gestión de energía no es solo física teórica; es adaptación constante al entorno.