

Ayuda Diseño tren de aterrizaje

AB:	Distancia trasera desde el tren principal al principio del ángulo de upweep
AlphaTO:	Ángulo de rotación en despegue
AlphaC:	Ángulo de clearance
Hf(Hfmin):	Altura del tren de aterrizaje (mínima)
hcg:	Altura del centro de gravedad
Xmg(Xmg_min/Xmg_max):	Posición del tren principal (mínima/máxima)
W:	Peso de la aeronave
X NLG:	Posición del tren de morro
XCGfor:	Posición del centro de gravedad más adelantado
XCGaft:	Posición del centro de gravedad más atrasado
F _{nmax} /W:	Relación entre fuerza máxima soportada por el tren de morro y peso
a _L :	Aceleración en aterrizaje (en valor absoluto)
a _{TO} :	Aceleración en despegue (en valor absoluto)
F _{viento} :	Fuerza del viento lateral
R giro:	Radio de giro
V _{taxi} :	Velocidad de taxi

Ayuda Diseño tren de aterrizaje

I_{yy_mg} :	Inercia en eje y del tren principal
Theta:	Aceleración angular de cabeceo en despegue
T	Empuje
Lw	Sustentación ala
L _{htp}	Sustentación estabilizador horizontal
Ma	Momento aerodinámico
D	Resistencia aerodinámica
h _T	Altura del punto de aplicación del Empuje
h _D	Altura del punto de aplicación de la resistencia aerodinámica
X _{ca wf}	Posición del centro aerodinámico del ala-fuselaje
X _{ca HTP}	Posición del centro aerodinámico del estabilizador horizontal
x _{cg}	Posición estimada del centro de gravedad de la aeronave
n _M /n _N	Número de ruedas del tren principal(por lado)/de morro
F _{nmin} /F _{nmax} /F _{nmaxDC} :	Fuerza mínima/máxima/máxima en condiciones dinámicas del tren de morro
F _{mmin} /F _{mmax} /F _{mmaxDC} :	Fuerza mínima/máxima/máxima en condiciones dinámicas del tren principal
B	Batalla
Phi _{OT taxi/viento}	Ángulo overturn(mínimo para evitar vuelco)en situación de taxi/viento cruzado
T _{min taxi/viento}	Vía (mínimo para evitar vuelco) en situación de taxi/viento cruzado

Ayuda Diseño tren de aterrizaje

dM/dN	Diámetro rueda tren principal/tren de morro
wM/wN	Ancho rueda tren principal/tren de morro
Ad/Aw	Parámetro A diámetro/ancho
Bd/Bw	Parámetro B diámetro/ancho

Aceleración angular de cabeceo en despegue

No	Aircraft type	Take-off pitch angular acceleration; $\ddot{\theta}$ (deg/sec ²)
1	Highly maneuverable (e.g. acrobatic, fighter)	10-20
2	Utility; semi-acrobatic	10-15
3	Normal light General Aviation	8-10
4	Small transport	6-8
5	Large transport	4-6

Ancho y diámetro neumáticos

Main wheels diameter or width = $A \frac{W}{W_0}$	Diameter		Width	
	A	B	A	B
General aviation	1.51	0.349	0.7150	0.312
Business twin	2.69	0.251	1.170	0.216
Transport/bomber	1.63	0.315	0.1043	0.480
Jet fighter/trainer	1.59	0.302	0.0980	0.467

3.4.2. Diseño tren de aterrizaje

En la sección “Diseño del tren de aterrizaje” se calculan de forma aproximada parámetros referentes al diseño inicial del tren de aterrizaje dadas restricciones para su correcta disposición y funcionamiento. Estos parámetros incluyen:

- Datos geométricos: Altura del tren de aterrizaje, vía, batalla, posición del tren principal.
- Fuerzas mínimas y máximas soportadas por el tren principal y el tren de morro ante condiciones estáticas o dinámicas.
- Dimensiones de los neumáticos.

Figura 3-13. Sección Diseño tren de aterrizaje

En la interfaz gráfica pueden observarse dos sectores, el primer sector de datos de entrada (en color naranja en la figura 3.13) y el segundo sector de resultados (en color rojo en la figura 3.13).

La sección de datos de entrada está dividida en paneles que representan restricciones sobre el diseño del tren de aterrizaje o bien estimaciones de valores de interés. A continuación, se detallarán cada uno de los paneles:

- Ángulo de clearance α_c

En este panel se impone una restricción sobre el tren de aterrizaje para evitar que la cola de la aeronave impacte durante el despegue. Para evitar esto, los aviones suelen recortar la parte final del fuselaje introduciendo un ángulo de upsweep.

La situación de impacto puede evaluarse mediante el ángulo de clearance, ángulo formado entre el suelo y la línea que une el tren principal con el principio del ángulo de upsweep. Para evitar el impacto, hay que asegurarse de que el ángulo de clearance sea superior al ángulo de ataque máximo en despegue.

$$\alpha_c \geq \alpha_{TO}$$

El programa permite evaluar el ángulo de clearance dada la altura del tren de aterrizaje, o bien calcular la altura mínima del tren de aterrizaje para que satisfaga la restricción dado un ángulo de ataque máximo en despegue.

$$\alpha_c = \arctan\left(\frac{H_f}{AB}\right)$$

$$H_{fmin} = AB \cdot \tan(\alpha_{TO})$$

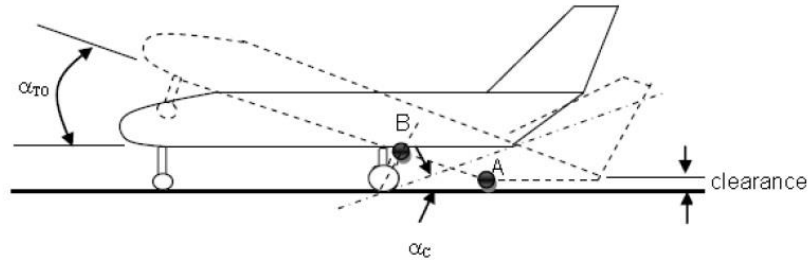


Figura 3-14. Restricción ángulo de clearance

- Ángulo de tipback α_{tb}

En este panel se impone una restricción sobre la posición del tren de aterrizaje principal para evitar volcar hacia atrás sobre el tren principal. De acuerdo con dicha restricción, la posición del tren de aterrizaje principal respecto al centro de gravedad del avión debe satisfacer el requisito del ángulo de tipback.

$$\alpha_{tb} \geq \alpha_{TO} + 5^\circ$$

El programa permite evaluar el ángulo de tipback dada la posición del tren de aterrizaje principal, o bien calcular la distancia mínima del tren de aterrizaje principal medida desde el centro de gravedad para que satisfaga la restricción dado un ángulo de ataque máximo en despegue.

$$\alpha_{tb} = \arctan\left(\frac{x_{mg}}{h_{cg}}\right)$$

$$x_{mgmin} = h_{cg} \tan(\alpha_{TO} + 5^\circ)$$

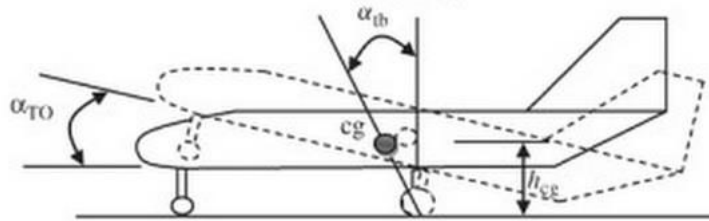


Figura 3-15. Restricción ángulo de tipback

- Ángulo de overturn Φ_{ot}

En este panel, se impone una restricción sobre la vía del tren de aterrizaje (distancia entre las ruedas que se encuentran más a la izquierda y las ruedas que se encuentran más a la derecha). La vía tiene que estar diseñada para que el avión no pueda volcar debido a condiciones de giro en una maniobra de taxi o de viento cruzado.

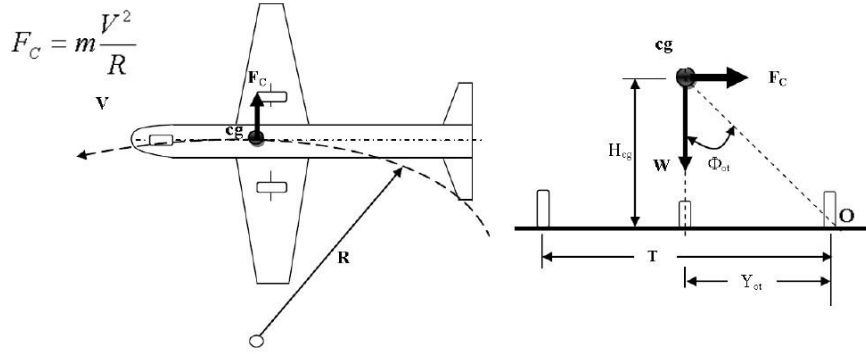


Figura 3-16. Condiciones de giro en maniobra de taxi

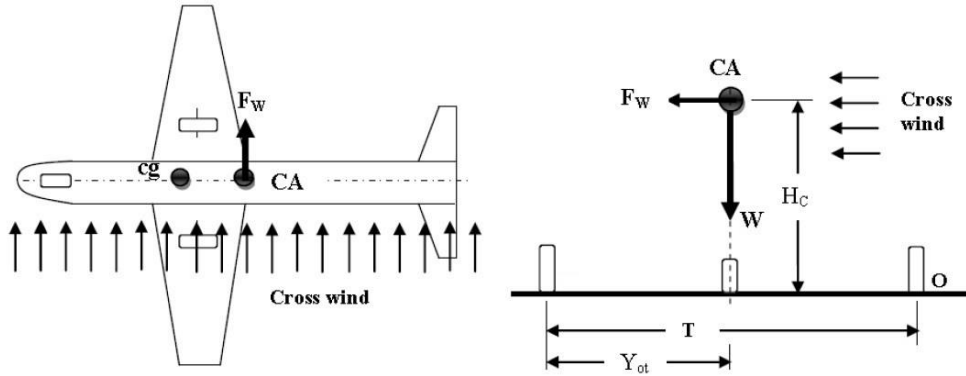


Figura 3-17. Condiciones de viento cruzado

En ambas condiciones, el ángulo de overturn debe verificar que:

$$\Phi_{OT} \leq \Phi_{OT_{min}} \text{ siendo } \tan(\Phi_{OT}) = \frac{T/2}{h_{cg}}$$

En la condición de giro en una maniobra de taxi, el momento restitutivo es función de la vía:

$$\sum M_0 = 0 \rightarrow Wg \cdot \frac{T_{min_{taxi}}}{2} + F_c \cdot h_{cg} = 0$$

$$F_c = W \frac{V_{taxi}^2}{2}$$

Obteniéndose:

$$T_{min_{taxi}} = \frac{2F_c h_{cg}}{Wg}$$

$$\Phi_{OT_{min_{taxi}}} = \arctan\left(\frac{F_c}{Wg}\right)$$

De forma similar, en la condición de viento cruzado:

$$\sum M_0 = 0 \rightarrow Wg \cdot \frac{T_{min_{taxi}}}{2} + F_c \cdot h_{cg} = 0$$

Obteniéndose:

$$T_{min_{viento}} = \frac{2F_{viento} h_{cg}}{Wg}$$

$$\Phi_{OT_{min_{viento}}} = \arctan\left(\frac{F_{viento}}{Wg}\right)$$

- Cargas tren de aterrizaje

En este panel, se impone una restricción sobre la batalla del tren de aterrizaje (distancia entre el tren de aterrizaje de morro y el tren de aterrizaje principal) para que sea capaz de soportar una determinada carga máxima estática sobre el tren de morro. Además, se calculan aproximadamente las cargas mínimas y máximas estáticas y la carga máxima dinámica tanto del tren principal como de morro.

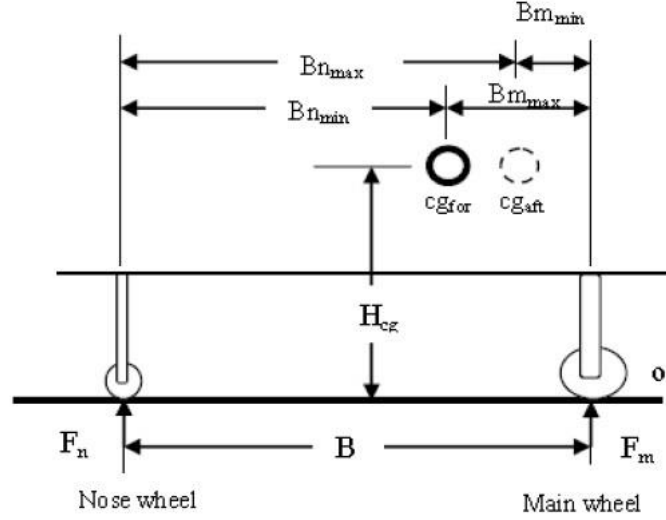


Figura 3-18. Definición batalla

Las cargas mínimas y máximas estáticas del tren de aterrizaje de morro:

$$F_{n_{min}} = \frac{B_{m_{min}}}{B} Wg$$

$$F_{n_{max}} = \frac{B_{m_{max}}}{B} Wg$$

La carga máxima dinámica del tren de aterrizaje de morro (se da en la situación de aterrizaje):

$$F_{n_{maxDC}} = \frac{B_{m_{max}}}{B} Wg + \frac{W|a_L|h_{cg}}{B}$$

Las cargas mínimas y máximas estáticas del tren de aterrizaje principal:

$$F_{m_{min}} = \frac{B_{n_{min}}}{B} Wg$$

$$F_{m_{max}} = \frac{B_{n_{max}}}{B} Wg$$

La carga máxima dinámica del tren de aterrizaje principal (se da en la situación de despegue):

$$F_{m_{maxDC}} = \frac{B_{n_{max}}}{B} Wg + \frac{W|a_{TO}|h_{cg}}{B}$$

La batalla necesaria para soportar una determinada carga máxima estática sobre el tren de morro se obtiene de:

$$B = \frac{B_{n_{min}}}{1 - \frac{F_{n_{max}}}{Wg}}$$

- Take-off rotation

En este panel se impone una restricción de la distancia entre el tren principal y la posición más adelantada del centro de gravedad para una configuración del tren principal de detrás del centro de gravedad de la aeronave de forma que la aceleración angular en cabeceo $\ddot{\theta}$ sea mayor que un valor deseado.

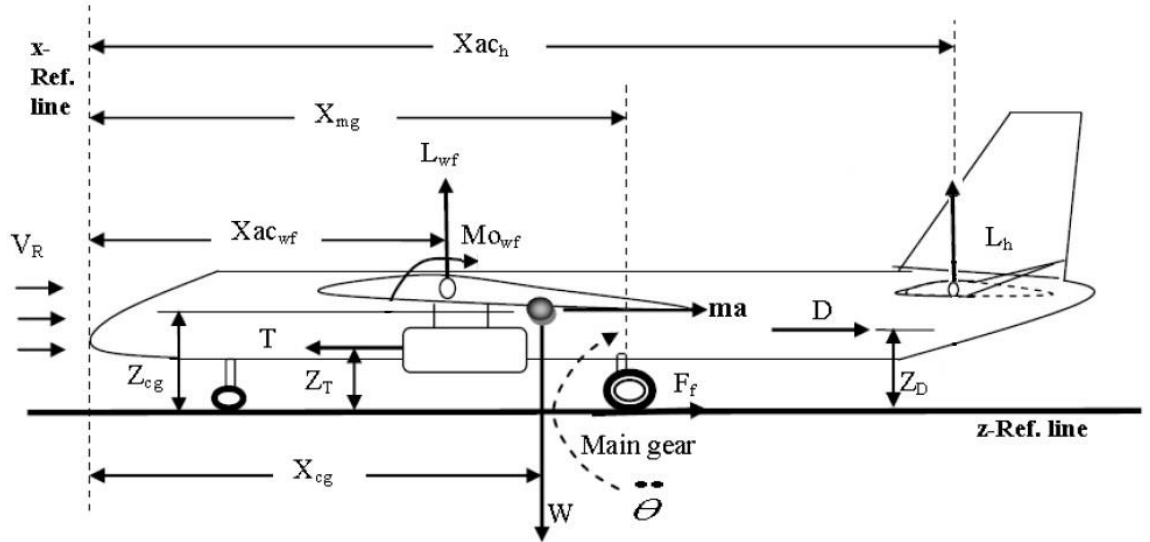


Figura 3-19. Condiciones take-off rotation

Teniendo en cuenta los momentos que actúan en las condiciones de despegue:

- Momento debido al peso de la aeronave
- Momento debido al empuje
- Momento debido a la resistencia aerodinámica
- Momento de sustentación del ala
- Momento de sustentación del estabilizador horizontal
- Momento aerodinámico
- Momento debido a la aceleración angular

Aplicando el equilibrio de momentos en el tren de aterrizaje principal:

$$I_{yy_{mg}} \ddot{\theta} = L_{wf} (x_{mg_{max}} - x_{ca_{wf}}) - L_{htp} (x_{ca_{htp}} - x_{mg_{max}}) + T \cdot h_T + D \cdot h_D + M_a - Wg(x_{mg_{max}} - x_{CG}) + Wa_{TO}h_{cg}$$

Despejando $x_{mg_{max}}$ y asumiendo que la línea de referencia x se encuentra en el centro de gravedad, se obtiene:

$$x_{mg_{max}} = \frac{I_{yy_{mg}} \ddot{\theta} - D \cdot h_D + T \cdot h_T - M_a - Wa_{TO}h_{cg} - Wg \cdot x_{cg} + L_{wf} \cdot X_{ca_{wf}} + L_{htp} \cdot X_{ca_{htp}}}{L_{wf} + L_{htp} - Wg}$$

- Neumáticos

En este panel se imponen las dimensiones de las ruedas, diámetro y ancho, para soportar el peso del tren de aterrizaje de acuerdo con las siguientes expresiones, siendo A_d , A_w , B_d y B_w parámetros proporcionados en el PDF de ayuda de la sección.

Dimensiones de las ruedas del tren de aterrizaje de morro:

$$d_N = A_d \left(\frac{F_N}{n_N} \right)^{B_d}$$

$$w_N = A_w \left(\frac{F_N}{n_N} \right)^{B_w}$$

Dimensiones de las ruedas del tren de aterrizaje principal y número de ruedas necesarias (por cada lado, izquierdo y derecho) asumiendo que el diámetro de las ruedas del tren de morro son un 60% del diámetro de las ruedas del tren principal:

$$d_M = d_N / 0.6$$

$$n_M = \frac{F_M}{2} \left(\frac{d_N}{0.6 A_d} \right)^{-\frac{1}{B_d}}$$

$$w_M = A_w \left(\frac{F_M}{2 n_M} \right)^{B_w}$$