

EJERCICIO

**Objetivo:** Desarrollar las ecuaciones aeroelásticas con cargas externas. Analizar la influencia de una carga externa en el sistema aeroelástico. Distinguir entre un problema de respuesta y un problema de inestabilidad aeroelástica. Introducción a las ecuaciones en el dominio del tiempo (estado-espacio).

**Introducción:** La figura inferior izquierda corresponde al ala de un avión cisterna de reabastecimiento en vuelo mediante el sistema cesta-pértiga. La manguera ejerce una tensión estacionaria  $T_0$  que depende de la velocidad de vuelo, la longitud de manguera extraída pero, en situaciones excepcionales, se desarrollan oscilaciones en la manguera que hacen que la tensión fluctúe con valores incrementales  $T$ . El diseño del avión cisterna debe tener en cuenta estas cargas no estacionarias.

**Enunciado:** La figura inferior derecha representa la sección típica 3/4 de un ala con rigidez a flexión  $K_h$  y rigidez a torsión  $K_\alpha$ . Existe una carga en el borde de salida que refleja las cargas introducidas por la manguera (tensión incremental  $T$ ) de forma aproximada. Se asume que la manguera oscila de forma que la tensión  $T$  se puede considerar una función armónica de frecuencia (rad/s)  $\omega_0$ . Considerar amortiguamiento estructural nulo. Se pide:

1. Formular la fuerza y momento aerodinámico ( $Q_h$  y  $Q_\alpha$  respectivamente) utilizando la teoría aerodinámica estacionaria que asume cargas proporcionales al ángulo efectivo  $\alpha + \dot{h}/U_\infty$ .
2. Formular las ecuaciones aeroelásticas en el dominio del tiempo y establecer la solución en la frecuencia para la excitación armónica  $T$  de frecuencia  $\omega_0$ .
3. Describir de forma cualitativa la dependencia de la velocidad de flutter con la excitación externa  $T$  y con la frecuencia  $\omega_0$ .
4. Calcular la velocidad de flutter adimensionalizada  $2U_F/\omega_\alpha c$  para los siguientes valores de los parámetros (se utiliza la misma notación que en las clases teóricas):  $\Lambda_1 = -0,1$ ,  $x_\alpha = 0,20$ ,  $r_\alpha = 0,50$ ,  $\mu = 10.$ ,  $\omega_h/\omega_\alpha = 0,50$  y los siguientes valores de la fuerza de excitación adimensionalizada  $2T/mc = 1$ . y  $\omega_0 = 1rad/s$ .
5. Formular las ecuaciones en el dominio del tiempo del apartado (2) en el formato Estado-Espacio  $d\{x\}/dt = [A]\{x\} + [B]\{u\}$ .

**Homework:** Se realiza el siguiente cambio de variable:  $x_1 = h$ ,  $x_2 = \alpha$ ,  $x_3 = \dot{h}$  y  $x_4 = \dot{\alpha}$ . Compruebase que el sistema aeroelástico en el dominio del tiempo se puede escribir como una EDO de primer orden:  $d\vec{x} = [A]\vec{x} + [B](2T/mc)$ , donde  $\vec{x} = [x_1 x_2 x_3 x_4]^T$  y  $2T/mc$  es la carga exterior adimensionalizada.

