

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) entsegu aerodinamikoaren arloko laborategi akreditatu bat da eta haien betebeharren artean eskalazko eredueta egindako entseguak daude. Bai arlo aeroespazialean eta baita ingeniartzan oro har ere: ibilgailuen diseinua, itsasontziak, eraikinak, estrukturak edo energia eolikoa.

“Epiarkier” aire-globo gidatuen egileak INTA kontratatu du prototipo berri bateko arraste indarra aztertzeko. Jarritako tunel-gune guztien artean, laborategiak entseguak ur-tunel batean egitea erabaki du. Han, globo gidatu eredu, 1/20 eskalan egindakoa, euskarri batean finkatzen da. Euskarrian instrumentazioa dago (indar sentsoak) eta fluxua ponpa batekin kontrolatzen da. Ponparen abiadura alda daiteke.

Globo gidatu prototipoaren 36 km/h-ko abiadura baterako, laborategian eta antzekotasun balditzetan 1649 N-ko arraste indar bat neurtu da, entsegutako abiaduratan. Eskatzen da:

- a) Entsegu kontrolatzen duten 2 parametro adimentsionalak zeintzuk diren ezarri, kualitatiboki justifikatuz.
- b) Laborategiak zergatik aukeratu duen erabilitako tunel mota hori (ur tunela haize tunela erabili behar) justifikatu, antzekotasunaren teoria erabiliz.
- c) Ur-tunelaren, globo gidatu ereduaren abiadura zein den kalkulatu.
- d) Prototipoaren arraste potentzia kalkulatu.

Datuak:

- Aire (1 bar eta 25 °C): $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 15,58 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $k=1,4$ eta $R=29,3 \text{ m/K}$
- Ura: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

a)

La velocidad es baja con respecto a la velocidad del sonido: los efectos de compresibilidad no son importantes y por tanto el número de Mach no es controlante en el ensayo.

Dado que no existe superficie libre el número de Froude tampoco es un parámetro relevante.

Así, los parámetros adimensionales a considerar de cara a la semejanza serán el número de Reynolds y el coeficiente de resistencia o arrastre (esta conclusión puede también determinarse de manera analítica considerando la dependencia de la fuerza de arrastre con las variables U , L , ρ y μ y aplicando el Teorema de Buckingham).

b)

De cara a la semejanza dinámica entre modelo y prototipo deberá existir igualdad de números de Reynolds:

$$Re_m = \frac{U_m L_m}{\nu_m} = Re_p = \frac{U_p L_p}{\nu_p}$$

La velocidad la velocidad a la que se debe mover el modelo será:

$$U_m = U_p \frac{L_p}{L_m} \frac{\nu_m}{\nu_p}$$

La velocidad del aire en un túnel de viento sería:

$$U_m = U_p \frac{L_p}{L_m} \frac{\nu_m}{\nu_p} = 10 \frac{20}{1} \frac{15,58 \cdot 10^{-6}}{15,58 \cdot 10^{-6}} = 200 \text{ m/s}$$

De este valor de velocidad se derivan dos problemas:

- Trabajar con elevadas velocidades de flujo de aire (limitación experimental)
- Trabajar con números de Mach relativamente altos ($M > 0,2$) y tener que considerar efectos de compresibilidad

Para evitar estos dos problemas, se ensaya en un túnel de agua (la viscosidad cinemática del agua es unas 15 veces menor que la del aire, y con ello la velocidad de ensayo en agua baja en la misma proporción).

c)

A partir de la relación anterior y con los datos disponibles:

$$U_m = U_p \frac{L_p}{L_m} \frac{\nu_m}{\nu_p} = 10 \frac{20}{1} \frac{10^{-6}}{15,58 \cdot 10^{-6}} = 12,84 \text{ m/s}$$

d)

La potencia de arrastre vendrá determinada por:

$$P_D = F_D U$$

En el ensayo se ha obtenido la fuerza de arrastre sobre el modelo. El valor de la fuerza sobre el prototipo se determina mediante semejanza dinámica en base al coeficiente de arrastre.

$$\frac{F_{Dm}}{\frac{1}{2} \cdot \rho_m \cdot A_m \cdot U_m^2} = \frac{F_{Dp}}{\frac{1}{2} \cdot \rho_p \cdot (\lambda^2 \cdot A_p) \cdot U_p^2}$$

$$F_{Dp} = F_{Dm} \frac{\rho_p}{\rho_m} \left(\frac{U_p}{U_m} \right)^2 \left(\frac{L_p}{L_m} \right)^2 = 1649 \text{ N} \frac{1,2}{1000} \left(\frac{10}{12,84} \right)^2 \left(\frac{20}{1} \right)^2 = 480,1 \text{ N}$$

La potencia de arrastre en el prototipo del dirigible será por tanto:

$$\mathbf{P_{Dp} = F_{Dp} U_p = (480,1 \text{ N})(10\text{m/s}) = 4,8 \text{ kW}}$$