Aerotecnia

Comentarios a una teoría

Por *MARIANO DE LA IGLESIA*
Comandante de Aviación e Ingeniero aeronáutico

NO es ciertamente el señalar la paja en el ojo ajeno una ocupación de las más brillantes; pero por una vez pido perdón al lector y voy a hacer ciertas refutaciones a una teoría, pues creo aclararán ciertos conceptos fundamentales de mecánica que no en todos los casos, a nuestro juicio, hemos visto bien interpretados.

Nos referimos a una teoría aproximada para el cálculo del factor del viento en la zona influída por la hélice (1).

A continuación, y para poder referirnos a ella, transcribimos la parte fundamental de la misma:

«Admitimos que la hélice propulsora comunica *delante de su plano de rotación* una velocidad adicional (aV) a la masa de aire contenida en un cilindro limitado al círculo barrido por la hélice (fig. 1).

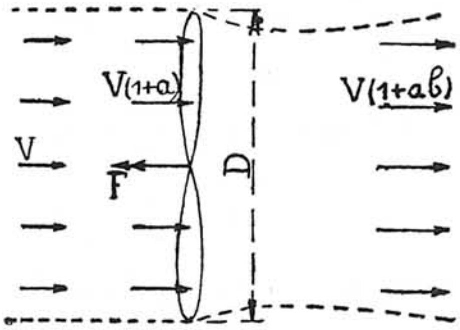

Fig. 1. Esquema del funcionamiento global de una hélice propulsora (teoría de Froude). V, velocidad aerodinámica; $V(1+a)$, velocidad en la parte anterior del círculo barrido; $V(1+ab)$, velocidad en la parte posterior de la hélice; F, tracción propulsora.

»Entonces, siendo V la velocidad del movimiento relativo, la velocidad aerodinámica delante del plano de rotación será:

$$V + aV = V(1+a),$$

y detrás de la hélice será, del mismo modo,

$$V + abV = V(1+ab).$$

»Por unidad de tiempo la masa de aire influída por la hélice será:

$$M = \rho S V (1+a),$$

siendo $S = \dfrac{\pi D^2}{4}$ la superficie del círculo barrido por la hélice. Esta masa de aire animada inicialmente de una velocidad V poseía a alguna distancia de la hélice una cantidad de movimiento

$$MV = \rho S V^2 (1+a).$$

»Después de su paso a través de la hélice esta cantidad es:

$$MV(1+ab) = \rho S V^2 (1+a)(1+ab).$$

»Según el teorema de las cantidades de movimiento se tendrá:

$$F = MV(1+ab) - MV = \rho S V^2 ab (1+a).$$

»Por otra parte, el trabajo total que ha dado la hélice a la masa de aire influída es:

$$FV(1+a) \qquad [1].$$

»Este trabajo es igual a la semivariación de la fuerza viva de esta masa influída:

$$FV(1+a) = \frac{1}{2} M[V^2(1+ab)^2 - V^2],$$

o también

$$FV(1+a) = \frac{FVab}{2} + FV,$$

de donde resulta

$$b = 2.»$$

A continuación, y fundándose en el valor obtenido para b, deduce como expresión para el factor del viento:

$$«R' = (1+2a)^2 = 1 + \frac{2F}{\rho S V^2} = 1 + 20{,}4 \frac{F}{V^2 D^2} \qquad [2],$$

poniendo

$$S = \frac{\pi D^2}{4},$$

y $\rho = 0{,}125$ para el aire a 15 grados y 760 milímetros.»

El punto donde nosotros disentimos es en la apreciación del trabajo [1] por unidad de tiempo, que, según la teoría, es

$$FV(1+a).$$

Aun cuando esto puede ser cierto, faltan razonamientos para probarlo. Parece como si la fuerza F estuviera fija en un punto y la masa de aire pasara por ese punto sin que en él se verificara un cambio brusco de velocidad.

Es decir: la fuerza F, que ejerce su influencia en una

(1) La teoría a que se refiere es la de R. E. Froude expuesta en el libro *La Aviación actual*, de M. Toussaint, página 182. (N. de la R.)

extensa zona hacia adelante, en el punto donde está situada parece no ejercer ninguna. Si fuera de otra manera, la masa de aire sufriría un incremento de velocidad apreciable y la velocidad de salida sería mayor que

$$V(1+a)$$

y el trabajo no podría evaluarse sin tener en cuenta ese aumento de velocidad.

Además, las moléculas que abandonan el punto de aplicación de la fuerza siguen acelerando su movimiento, y esto parece poco claro.

Tratemos, pues, de explicarnos el fenómeno: la fuerza F es la resultante de todas las fuerzas elementales que se desarrollan en los distintos puntos de la hélice.

Esas fuerzas elementales son fuerzas de las llamadas instantáneas, pues que son originadas por choques que en un brevísimo tiempo producen un aumento notable en la velocidad.

Como hemos prescindido de pérdidas de calor y energía cinética debida a movimientos transversales del aire, estamos en presencia de un propulsor ideal que, percusionando sobre las distintas moléculas, las impulsa, incrementándolas su velocidad en la misma dirección de su movimiento.

Claro que el incremento de velocidad que cada molécula recibe debe ser superior a

$$V(1+ab)-V(1+a);$$

pero a continuación se crea un vacío que tira de las moléculas anteriores impulsándolas y frena a las que recibieron el impulso hasta reducir su velocidad a

$$V(1+ab).$$

Sea como sea, lo cierto es que la percusión funciona como si actuara sobre toda la línea de moléculas que preceden a la que directamente recibe el choque.

Si nos imaginamos (fig. 2) un rosario formado por perdigones unidos entre sí por un hilo elástico y en el punto

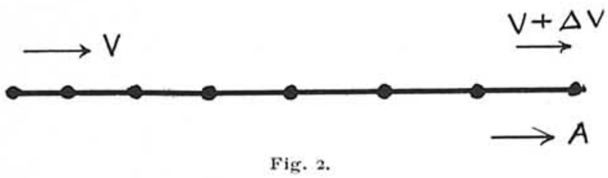

Fig. 2.

A del espacio impulsamos a cada perdigón que pase, tendremos una imagen, desde luego imperfecta, del fenómeno.

Tendremos, pues, para el cálculo de los trabajos elementales de cada impulsión, que tener en cuenta todas las moléculas influídas por el choque que recibe una.

Después aplicaríamos la fórmula

$$A=i\times\frac{v_1+v_2}{2}$$

que dice que el trabajo de una percusión es igual al impulso por la semisuma de las velocidades antes y después del choque.

Pero la fórmula anterior es una consecuencia del principio de la conservación de la energía, cuya expresión es precisamente el teorema de las fuerzas vivas, puesto que no hay pérdidas de calor ni más cambio de energía que la mecánica en cinética.

Como el principio citado lo podemos aplicar a la totalidad del fenómeno, llegaremos forzosamente al mismo resultado estableciéndolo para la totalidad de la masa influída que si calculáramos los trabajos elementales.

Pero si multiplicamos por $\frac{1}{2}\,[V+V(1+ab)]$ los dos miembros de la expresión

$$F=M(1+ab)\,V-M\,V,$$

resulta

$$F\times\frac{1}{2}\,[V+V(1+ab)]=\frac{1}{2}\,M\,[(1+ab)^2\,V^2-V^2];$$

y como el segundo miembro es la variación de energía cinética, el primero es el trabajo, y como F es la tracción,

$$\frac{1}{2}\,[V+V(1+ab)]=V+\frac{ab}{2}\,V$$

es el camino recorrido en vez de

$$V(1+a),$$

como supone la teoría.

Claro que si puede demostrarse la igualdad

$$1+a=1+\frac{ab}{2},$$

será $b=2$; pero habrá de razonarse con toda independencia del teorema de las fuerzas vivas, cuyo contenido no puede ser otro que el expuesto.

Y dos palabras para terminar: en la fórmula final, donde se determina el valor del factor del viento R' [2], se toma para ρ, masa del metro cúbico de aire, el valor $\rho=0{,}125$ para el aire a 15 grados y 760 milímetros, o sea para las condiciones normales.

Pero si tenemos en cuenta que el gasto en las distintas secciones ha de ser el mismo y designamos por ρ_1 la masa del metro cúbico de aire en las condiciones normales, donde la velocidad es V, cuando la velocidad sea $V(1+a)$ el valor de ρ será

$$\rho_2=\frac{\rho_1}{1+a}$$

y es fácil ver que el valor de R' sería entonces

$$R'=\left(1+\frac{F}{\rho_1\,S\,V^2}\right)^2$$

en la que sí podríamos tomar para ρ el valor

$$\rho_1=0{,}125.$$