

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

ESTADO ACTUAL DE LA AVIACIÓN

Conferencia dada en la Escuela nacional de Puentes y Calzadas
el 28 de Enero de 1909

por M. Taris, Ingeniero, antiguo alumno de la Escuela Politécnica.

(CONCLUSIÓN)

Los motores de los aeroplanos, las hélices propulsoras.—

El aparato motor desempeña en la aviación, sobre todo en este momento, un papel capital. No solamente el motor ligero ha hecho del aeroplano lo que él es, sino que los progresos de la aviación van estrechamente ligados á los de los órganos de propulsión. Únicamente estos órganos, si funcionan de una manera más y más regular, permitirán prolongar y multiplicar los experimentos. Girar indiferentemente dos, tres, cuatro horas sin parada ni incidente alguno, es el punto al que es necesario llegar con el motor del aeroplano. Cuando esto se alcance, es cuando los aviadores podrán lanzarse, con una seguridad mucho mayor, al aprendizaje del vuelo.

Es probable que la conducción de los aeroplanos no presente dificultad seria. En efecto, para convencerse de ello es suficiente pensar que la duración total de la permanencia en la atmósfera de un hombre como Henri Farman después de dos años de ensayo, no pasó de un pequeño número de horas, y ello fué debido al motor únicamente. Los mil incidentes creados por los motores son en signo los que han limitado á este aviador y á todos los demás su permanencia durante minutos en el aire. ¿Qué habilidad no tendrían hoy si hubieran permanecido realmente una hora por semana en los aires?

En general, los motores de los aeroplanos reproducen, hasta en el detalle, los procedimientos de la mecánica automóvil. El aligeramiento se ha obtenido sobre todo por procedimientos geométricos, condensando y aproximando entre sí los órganos móviles; por ejemplo, se han enlazado dos, y después cuatro bielas á la misma manivela. El intervalo de tiempo que separa los esfuerzos motores sucesivos ha permitido conservar á los cojinetes de bolas y á los árboles las dimensiones, y, por consecuencia, el peso que las correspondería en el caso de una sola biela.

Establecidos sobre este principio, los motores de aviación son casi todos hoy de cilindros en estrella, es decir, dispuestos según los radios de un círculo. Tales son los moto-

res Rep, Farcot, Gnôme, Gobron-Brillié, etc. La escuela precedente, menos atrevida, se limitó á unir dos á dos los cilindros según ejes rectangulares con la misma manivela; tales son los motores Antoinette, Renault, ENV, etc.

Es imposible entrar aquí en el detalle de las dificultades del problema de los motores ligeros; algunos solamente parece que están definitivamente resueltos: el enfriamiento y el engrase. El enfriamiento, que ha sido objeto de numerosas investigaciones, se obiene por dos procedimientos rivales, la circulación de agua y el *air-cooling*.

El primero exige un peso suplementario de agua y una doble envolvente, más una bomba y una tubería.

El segundo requiere aletas, y por lo tanto pesadas. El *air cooling*, sin embargo tiene numerosas ventajas en cuanto al peso, pero es menos seguro hasta ahora.

Se ha dicho en muchas ocasiones de algunos motores, en verdad muy notables, que realizaban lo que se designa por *caballo-kilogramo*. Este resultado no se ha alcanzado todavía, porque el peso de los órganos motores debe evidentemente comprender el conjunto del motor, de los tubos y depósitos diversos del radiador, de los aparatos de encendido, etc.

Calculando de esta manera el peso de los mejores tipos actuales, se llega generalmente á 3 kilogramos por caballo. Sin embargo, el motor rotativo Gnôme, de acero níquel, parece algo más ventajoso, puesto que no llega á 100 kilos para más de 50 caballos efectivos. No hay duda que estos resultados no serán muy rebasados, sobre todo por el aumento notable de la velocidad de rotación, de que se puede esperar algo más.

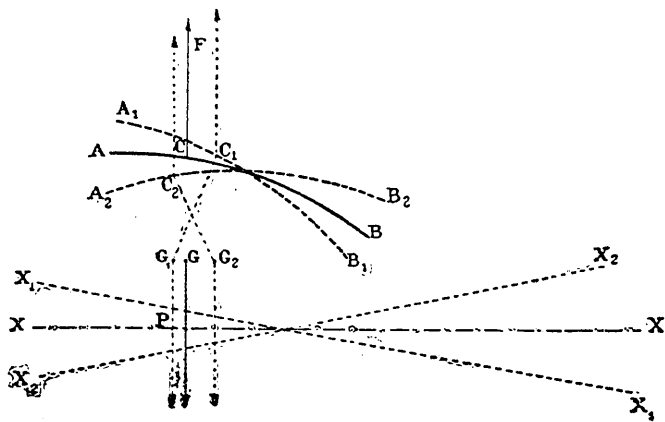
Otra cuestión es la de la alimentación de gases carbonados que debe efectuarse bajo presión, cuando la duración del relleno de los cilindros desciende por debajo de 1/50 de segundo, que es próximamente su valor actual.

Estas consideraciones son suficientes para demostrar cuál es el orden de dificultades relativas al problema de los motores ligeros de esencia de petróleo. Nada impide, es verdad, el recurrir para la aviación á cuerpos más ricos en energía mecánica, los gases, por ejemplo, pero ninguna investigación sistemática se ha hecho hasta ahora en este sentido, al menos que se sepa.

El establecimiento de las hélices aéreas sufre del estado embrionario en que se encuentra la teoría de los propulsores marinos helicoidales.

La resistencia, opuesta al desplazamiento de un elemento de superficie de estos propulsores en el agua, no es todavía conocida de una manera precisa, ni en magnitud ni en dirección. Además no se puede asimilar de una manera absoluta la *traslación* de un plano inclinado en un fluido á su *rotación* alrededor de un eje. El plano no funciona, por lo tanto, de la misma manera, según que se utilice como superficie sustentadora ó como superficie propulsora. Esquemáticamente se puede representar como sigue el efecto aerodinámico del aire sobre un elemento AB .

Sea XX' (fig. 5.^a) la proyección del eje del propulsor sobre un plano paralelo á sí mismo, O la traza de un radio de hélice sobre este plano y AB la intersección del elemento de superficie helicoidal ds con el plano de proyección. Sea $OM = V$ la velocidad de avance según el eje, MS la velocidad tangencial del elemento AB alrededor del eje XX' , ésta es igual

Fig. 5.^a

á $2\pi R \times N$, siendo R la distancia del elemento al eje y N el número de vueltas del propulsor por segundo. La velocidad verdadera es, por lo tanto, $OS = W$.

La acción del aire sobre AB se traduce por una presión *próximamente normal* á AB , pero de la que se ignora la dirección exacta. Una primera hipótesis consiste en suponer esta presión en el plano de proyección XOY . Consideremos los componentes de esta proyección según OS y según OT perpendicular á OS , es decir, según la velocidad verdadera y normalmente á esta velocidad.

Designaremos por OH y OK estas dos componentes.

Según la figura, OH es opuesta al movimiento del elemento; es el efecto perjudicial; OK será por oposición, considerada como efecto útil.

Es necesario hacer una segunda hipótesis para ir más lejos; ignoramos cómo varían respectivamente OH y OK con la velocidad de rotación y de avance; supondremos que la relación $\frac{OH}{OK}$ sea constante, cualquiera que sea la velocidad verdadera W del elemento, con tal que el ángulo $BOS = \alpha$ sea constante. Esto es verdad si se admite que, bajo un ángulo de ataque α , la resistencia al desplazamiento de un elemento ds es de la forma clásica:

$$F = R \cdot ds \cdot W^2 \cdot \sin \alpha.$$

En esta hipótesis, se puede poner, con M. S. Drzewiecki,

$$OH = \mu OK = \mu \pi$$

(En cuanto al valor de μ , éste depende necesariamente, por lo menos, de α y alcanza un valor mínimo para un valor

del ataque que será de 2° próximamente según los resultados conocidos. En estas condiciones $\mu = 0,05'$.)

Para estudiar el efecto útil del propulsor, queda por considerar las proyecciones de π y de $OH = \mu \pi$ sobre el eje $X'X$ y sobre el eje YY' . Las primeras suministrarán el efecto útil, produciendo la velocidad V de avance; las segundas el trabajo motor necesario. Se tiene inmediatamente:

$$\begin{array}{l} \text{Sobre } X'X \text{ proy. } OK + \text{ proy. } OH = \pi (\sin \omega - \mu \cos \omega) \\ Y'Y \quad \text{ídem} \quad \text{ídem} = \pi (\cos \omega - \mu \sin \omega) \end{array}$$

El trabajo útil segundo es evidentemente:

$$T_u = \pi (\sin \omega - \mu \cos \omega) \times V$$

El trabajo motor segundo, es del mismo modo:

$$T_{u2} = 2\pi RN \pi (\cos \omega + \mu \sin \omega)$$

El rendimiento ρ es, pues:

$$\rho = \frac{V}{2\pi RN} \frac{\sin \omega - \mu \cos \omega}{\cos \omega + \mu \sin \omega}$$

Pero se tiene:

$$\frac{2\pi RN}{V} = \tan \omega$$

por lo tanto:

$$\rho = \frac{1}{\tan \omega} \cdot \frac{\sin \omega - \mu \cos \omega}{\cos \omega + \mu \sin \omega}$$

ó

$$\rho = \frac{\tan \omega - \mu}{\tan \omega (1 + \mu \tan \omega)}$$

Se puede considerar la variación de ρ : 1.º, con $\tan \omega$; 2.º, con μ :

1.º $\rho = f(\omega)$. — El rendimiento es máximo para el valor de $\tan \omega$ que anula $\frac{d\rho}{d \tan \omega}$, es decir, para las raíces de la ecuación:

$$\mu \tan^2 \omega - 2\mu^2 \tan \omega - \mu = 0$$

ó

$$\tan^3 \omega - 2\mu \tan \omega - 1 = 0$$

El valor de $\tan \omega$ que da el rendimiento máximo es pues:

$$\tan \omega \mu = \mu \pm \sqrt{1 + \mu^2}$$

El valor del mismo máximo es:

$$\rho \mu = \frac{1}{(\mu + \sqrt{1 + \mu^2})^2} = \frac{1}{\tan^2 \omega \mu}$$

Para que sea lo más próximo de la unidad posible, es necesario que $\tan^2 \omega \mu = 1$ ó $\omega \mu = 45^\circ$.

Se ve que este rendimiento crece para cada elemento, á partir del eje, hasta un punto en que $\tan \omega = 1$; después decrece regularmente.

2.º $\rho = f(\mu)$ — $\rho \mu$ decrece extremadamente de prisa, para una ala dada, cuando μ crece de 0 á 1. Vale próximamente 0,90 para $\mu = 0,05$, lo que corresponde á $\alpha = 1^\circ 50'$ (resultado á comprobar).

Para tener un valor de $\rho \mu$ aceptable, es necesario, por lo

tanto, abstenerse de hacer α muy pequeño. Se tiene así un método para trazar las hélices; se hace α *a priori* igual á $1^{\circ}50'$ y se determina después la longitud del ala, de tal suerte que en la extremidad la expresión $\rho = \frac{\text{tang } \omega - \mu}{(1 + \mu \text{ tang } \omega) \text{ tang } \omega}$ conserve un buen valor. Para esto es suficiente trazar la curva que representa ρ en función de $\text{tang } \omega$ para observar que no se puede pasar en buenas condiciones el valor $\text{tang } \omega = 5$ ó 6 , sin lo cual ρ cae rápidamente por debajo de los valores que interesan. Tomando $\text{tang } \omega = 5$, se tiene:

$$\text{tang } \omega = \frac{2\pi RN}{V} = 5,$$

de donde

$$R = 5 \times \frac{V}{2\pi N}$$

Pero $\frac{V}{N}$ es el *avance por vuelta* A , $\frac{V}{2\pi N} = \frac{A}{2\pi}$.

Dando á esta expresión el nombre de *módulo*, se ve que las alas de las hélices, que tienen un *buen rendimiento*, no tienen apenas más de 5 ó 6 módulos de longitud. Tales son los resultados obtenidos por M. P. Drzewiecki.

Es bueno observar aquí:

- 1.º Que estos resultados implican muchas hipótesis.
- 2.º Que no pueden servir para calcular exactamente una hélice más que á condición de que se dé M , es decir, A , es decir, V . Pero V depende evidentemente del valor de la hélice; hay, pues, aquí una especie de círculo vicioso.
- 3.º Que no tiene interés el trazar rigurosamente la base de las aletas para obtener un buen rendimiento, puesto que la potencia que ésta absorbe es despreciable enfrente de la potencia absorbida por la extremidad.

Sin embargo, las consideraciones precedentes, aplicables á todas las hélices, ponen en claro, de una manera evidente, el lado experimental y el lado teórico de la construcción de los propulsores aéreos.

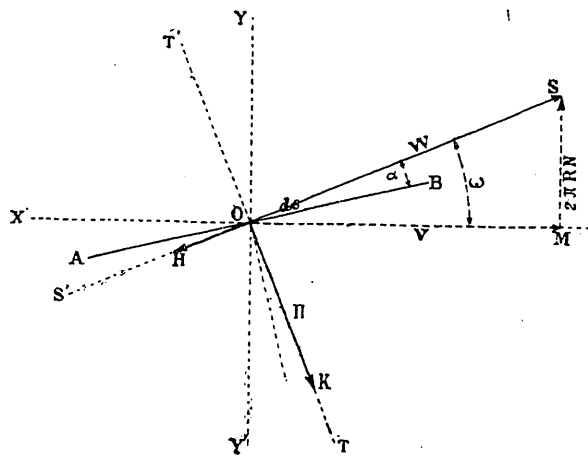


Fig. 6.ª

El porvenir de la aviación.—Limitándose á lo que parece verdadero de todo lo dicho hasta aquí, se puede decir que la aviación tiene delante de sí en el turismo al principio, en los transportes rápidos de objetos preciosos y de las personas después, en el arte militar finalmente, un campo de acción inmenso.

En cuanto á lo que puede preverse, algo cabe decir respecto de las velocidades futuras. Parece que las velocidades

de 200 kilómetros por hora se avecinan. Exigen, desde luego, progresos reales en la solidez de las superficies sustentadoras y sobre todo en la parte mecánica de los aeroplanos. Á superficie igual, una potencia, ocho veces superior, será necesaria para doblar las velocidades; pero esta es una objeción superficial, por no tener en cuenta la simultaneidad de estos dos fenómenos:

Incremento de las velocidades.

Disminución de las superficies sustentadoras y, por consecuencia, de la resistencia al avance.

Ésta tiene términos constantes, el aviador y los órganos de enlace: bastidor, montantes, tensores, etc., pero éstos no entran más que por un tercio en la resistencia total al avance. Tenido todo en cuenta, con motores tres ó cuatro veces más potentes que los actuales, habrá bastante, sin duda, para realizar las velocidades de 200 kilómetros por hora. En esta época, que no consideramos muy lejos, la importancia social de la aviación quedará plenamente confirmada.—O.

LOS PUERTOS DE HAMBURGO, AMBERES

Y VARIOS OTROS DE EUROPA

POR EL INGENIERO GUIDO JACOBACCI

PUERTO DE AMBERES

I.—Noticias históricas.

La ciudad de Amberes está situada sobre la orilla derecha del río Escalda á 81 kilómetros desde su desembocadura en el mar del Norte en Flesinga, y á 23 kilómetros aguas arriba de la frontera de Holanda. Sus comercios, muy florecientes en 1550, sufrieron una grande disminución hacia el fin de aquel siglo á causa de las guerras religiosas de esa época, y quedaron anulados en 1648 por el resultado de éstas. En el Tratado de Westfalia, España, obligada á reconocer la independencia de Holanda, tuvo que consentir en las cláusulas que ésta imponía, entre las cuales se hallaba la condición de que no sería permitida la navegación marítima sobre el Escalda. Esto representaba la ruina de Amberes y del comercio de las provincias flamencas que todavía pertenecían á España.

Tal estado de cosas se mantuvo durante siglo y medio, y en ese tiempo hasta el recuerdo de la antigua actividad había quedado perdido. En 1795 Amberes fué llamada á nueva vida por la República francesa, que declaró libre la navegación sobre el Escalda. Fueron excavados entonces algunos diques y construídos varios muros de muelles en el río, y se formularon grandes proyectos para favorecer la navegación interior; pero la caída de Napoleón y la anexión de Bélgica á Holanda en 1815 paralizó de nuevo el movimiento.

La separación de estos países, que ocurrió quince años después, no fué suficiente á reanimarlo, á causa del gravoso peaje que la Holanda impuso á la navegación sobre el Escalda, cobrando á los buques, por cada tonelada de registro, un derecho de $\text{₡ } 0,48$ o/s á la entrada y $\text{₡ } 0,16$ o/s á la salida. El Estado belga se hizo cargo del pago de estos derechos; pero entonces, con el desarrollo que el tráfico fué tomando, la carga se hizo tan gravosa para el Estado que el Gobierno inició negociaciones para el rescate del peaje,