

## AERONÁUTICA.

### VUELO.

Sobre las causas del vuelo han investigado i espuesto teorías los siguientes:

Alfonso Borelli, en su obra "De motu animalium," escrita en Roma en 1685, dice que el ala es un propulsor mui perfecto, pues obra en cualquier sentido que se mueva o le choque el viento, a causa de su contextura flexible en su borde posterior i ríjida en el anterior. Esto es en parte cierto, pero nó un principio absoluto.

En 1763 Santiago de Cárdenas, en Lima, comprobó el hecho de las plumas propulsoras i esplicó el por qué los cóndores no ajitan las alas para volar i sólo mueven las remijias.

En 1837, Mr. Mac Gillivray, en su Historia de los pájaros de la Gran Bretaña, acepta la teoría de Borelli, sentando que el golpe del ala debe ser vertical, i observa como Cárdenas la flexion hacia arriba de las remijias.

En 1865, el duque d'Argyll, en su "Reign of Law," está de acuerdo tambien con Borelli i dice: escepto para detener el vuelo, los pájaros no pueden herir el aire con sus alas sino directamente de arriba abajo.

En 1869, el profesor E. J. Márey, de Paris, en su "Mecánica del vuelo de los insectos" dice: que durante el golpe descendente, la márgen posterior o flexible del ala cede en una direccion ascendente, tomando la inclinacion suficiente para que la cara inferior del ala mire hácia atras i haga con el horizonte un ángulo de  $45^{\circ}$  mas o ménos, segun las circunstancias; i que al subirla cede hácia abajo, recorriendo ese borde un ángulo de  $90^{\circ}$  próximamente en vir-

tud de su flexibilidad, i que esto, ayudado de la resistencia del aire, amolda el ala a las necesidades del vuelo sin que el ave tenga que preocuparse de ese movimiento, como afirman otros autores. Ha ejecutado tambien valiosos estudios fotográficos de las aves en vuelo.

M. Chabrier acepta la misma teoría i agrega que el ala tiene solamente un período de actividad; esto es que los músculos del ave obran sólo al bajarla súbitamente, volviendo a su colocacion primitiva por la reaccion del aire.

Durckheim en su "Teología de la naturaleza," hablando del vuelo de los insectos, vierte la misma teoría.

A las anteriores hai que agregar las opiniones de Straus i Girard.

El capitán Hutton en 1872 i muchos otros, como el profesor Owen, M. Bishop, M. Lucy, etc., han suministrado importantes datos para dilucidar el problema del vuelo.

El mas orijinal entre los investigadores modernos es Mr. J. Bell Pettigrew, cuyas teorías contradicen a las anteriores.

Paciente observador i prolijo anatomizador de insectos i aves, suministra en su libro, "La locomocion en los animales," gran cantidad de datos para el estudio del vuelo. De sus espérimentos i observaciones deduce que la márjen flexible del ala sirve de poco en el vuelo, i, por consiguiente, niega que el ala sea un propulsor parecido a la cola del pez. Segun él, el vuelo se debe a ocho factores que el ave hace obrar concientemente, i en resúmen a que todas las partes del aparato volador son hélices o describen, al moverse, curvas cerradas en 8.

El ingeniero chileno don Francisco Miralles, en 1889 publicó un opúsculo titulado "Locomocion aérea," en que espone su conviccion de que el que persiga la solucion del problema del vuelo humano debe tomar por modelo el ave que mas se le acerca en tamaño i peso, sin detenerse a examinar como lo hace el mosquito. En el viejo mundo, dice, no tienen el modelo del cóndor que vuela inmóvil. La teoría de Miralles asombra por su sencillez i uno se resiste a creerla por lo fácil i simple.

L. P. Muillard, en su libro, "L'Empire de l'Air" espone la misma convicción de que el modelo ha de buscarse en las aves grandes i pesadas, añadiendo que es inútil estudiar los insectos i las aves pequeñas, i que en Europa no se ha descubierto el vuelo humano por que no hai al alcance un buen modelo como los grandes vultúridos. A éstos debería imitarse, porque, cuando se tiene poca fuerza disponible, es necesario reproducir el sistema que la exija ménos.

"El que ha visto, dice, al vuitre en su gran vuelo, siquiera cinco minutos, i no ha reconocido la posibilidad de la direccion aérea, es, por lo ménos... mal organizado para el análisis." El ave no es un brujo, ni puede violar las leyes de la naturaleza; sólo se tiene a la vista un fenómeno biológico tan inexplicable, complicado i hacedero como el equilibrio i la marcha en dos piés, o en velocípedo. La aplicacion del cálculo a estos fenómenos no ayuda a su realizacion; pero el hábito, el instinto i la sensibilidad lo ejecutan exactamente.

Entre muchos datos importantes, comprueba que las alas anchas no resisten a los vendavales, aunque sean las del Águila, i que las angostas son propias para volar en los fuertes vientos.

Da, además, varias acertadas reglas sacadas de innumerables experiencias, i espone varios cuadros con las diversas proporciones de peso, superficie i dimensiones de todos los tipos de voladores.

#### ÚLTIMOS INTENTOS.

En los últimos diez años, los que buscan la solución del tránsito aéreo, se han mostrado casi en su totalidad partidarios de "lo mas pesado que el aire. Sin embargo, ha habido intentos con aerostatos, el último de los cuales es un término medio entre lo mas liviano i lo mas pesado que el aire. Consiste en un globo, por decirlo así, cilíndrico i terminado en su proa por un cono, construido de hojas de aluminio. Este globo, rígido, con su barquilla, su motor i sus hélices propulsoras, pesa tanto como el aire desalojado i hai que impulsarlo para que se eleve. El inventor es un señor Schwart; se ensayó el año pasado en Alemania, pero sufrió una caída que hizo pedazos el aparato, escapando, sin embargo, vivos Schwart i sus compañeros.

No es éste el primer aerostato de metal que se proyecta. Hace cerca de cuarenta años que M. J. B. Lossie exhibía un proyecto de aerostato cilíndrico metálico en forma de tornillo, movido por la fuerza de unos 300 hombres que irían adentro conduciendo otros 300 pasajeros. Posteriormente el proyecto de aerostato lenticular de M. Capazza, ancho i aplanado así como el anterior era largo i delgado.

Ya que hablamos de M. Capazza, no está demás recordar su último invento aerostático, que consiste en una acertada colocacion de los paracaidas-redes que deben llevar los globos, mediante la sencilla idea de colocar el globo dentro del paracaidas que le serviría de cubierta exterior.

Entre los estudios por la via de "lo mas pesado que el aire," citaremos el de Gustavo Trouvé, especie de ave artificial o insecto que ajita sus alas mediante esplosiones sucesivas de pólvora, i con el cual consiguió recorrer unos 80 metros.

El del austriaco Wellner ensayado con éxito en pequeño i sin resultado en grande, el 15 de Marzo de 1893.

Este aparato es mui orijinal, pues no tiene ni alas ni hélices, i se suspende por la accion de dos cilindros jiratorios, con paletas que jiran, a su vez, manteniéndose en situacion de actuar siempre en sentido favorable al ascenso. Segun informó una comision especial, la teoría del aparato Wellner representa una orijinal trasformacion mecánica del vuelo de algunas aves e insectos; otros lo han bautizado con el nombre de turbina aérea.

El del aleman Jerman Ganswindt que es un helicóptero de gran hélice horizontal con un paracaidas i motor a pólvora.

El de Mr. Hargrave en Australia que consistió en un aeroplan con pequeñas alas propulsoras, en lugar de hélices, i movidas por un motor a vapor de poco peso.

Sobre la construccion de motor eficaz i de poco peso para volar, han estudiado i llegado a felices soluciones, Maxim, Langley, Tatin, Richet, M. Ader i otros.

El motor empleado por Maxim para impeler un enorme aero-

plan, que corrió varios metros sin tocar el suelo, tenia 300 caballos de fuerza, era a vapor calentado con nafta, i sólo pesaba 10 kilogramos por caballo. En lo demas el aparato no es orijinal i se parece al que Mr. Thomas Moy ideó en 1871, i a la primitiva disposicion dada a los aeroplanos por Wenhan i Stringfellow.

El motor del aparato de Mr. Víctor Tatin i Carlos Richet, presentado a la academia por M. Marey, pesaba 25 kilogramos por caballo de fuerza, i todo el aparato 33 kilogramos. Los planos sostenedbres estaban dispuestos, formando alas, quilla i cola; se consiguió que volara 140 metros, a razon de 18 metros por segundo, sin desequilibrarse.

El de Langley en Estados Unidos pesaba a razon  $1\frac{1}{2}$  kilogramo por caballo de fuerza, contando máquina, caldera i fogon, i empleaba de uno a uno i medio caballo para hacer dar 800 a 1,200 revoluciones por minuto a las ruedas motoras.

El aparato completo pesaba 15 kilogramos, i puede clasificarse entre los aeroplanos, apesar de los dos pares de alas que presenta.

Sus ensayos fueron mui alagadores; voló varias veces mas de un kilómetro. En los ANALES del Instituto se publicó una relacion mas detallada.

En el aparato de alas cóncavas i hélices propulsoras de M. Ader, las máquinas pesaban a razon de 1 kilogramo por caballo i contando el jenerador i el condensador a razon de 3 kilogramos, tenian 20 caballos de fuerza i pesaba 500 kilogramos con su provision de combustible i la persona conductora. Las alas con 15 metros de largo soportaban un peso de 20 kilogramos por metro cuadrado.

Stentzel en 1896 construyó un aparato flexióptero con un peso total de 30 kilogramos con 7 metros cuadrados de superficie i  $1\frac{1}{2}$  caballo de fuerza; las alas jugaban en un ángulo de  $90^\circ$  i el motor era de ácido carbónico líquido; voló a razon de 6 metros por segundo impellido por el batir de sus alas, dando poco mas de un golpe por segundo.

Muchos otros aparatos han debido ensayarse como el del vienes Guillermo Kress que juntó 4,000 marcos por suscripcion mediante un

informe favorable de peritos, i el éxito de pequeños modelos con la particularidad de un equilibrio perfecto en todo sentido. Tiene alas cóncavas como el de Ader i hélices i en la caja, que representa el cuerpo del ave, tiene dos filos como trineo, pudiendo deslizarse sobre la tierra, la nieve i el agua, de tal modo que, aunque no se eleve, sirve para correr a razón de 10 metros por segundo, apénas gravitando sobre el suelo o el agua.

El de Hofmann en Berlin con 65 metros cuadrados de superficie en forma de dragon con calderos de aluminio, hélice propulsora i sopladores, montados sobre piés de resortes que le permitian dar el primer salto i no deteriorarse al caer.

El de Koch de anchas alas i propulsores especiales de ruedas; i muchos otros aparatos en Inglaterra, Francia, Alemania, Austria, Rusia, Estados Unidos i aun Australia.

En otros aparatos, como el de Lilienthal i el de Chanutes, se ha suprimido por completo el motor i progresan en el aire merced a su propia gravedad. Los han llamado aviadores, pero en realidad son gravitadores. Chanutes en Chicago, tratando de perfeccionar el sistema de Lilienthal, superpuso 12 alas de 1.<sup>m</sup>80 de largo por 0.<sup>m</sup>90 de ancho, unidas con amarras elásticas a un bastidor fijo, dispuestas mas o ménos de a pares; sumaban 18 metros cuadrados i pesaban 17 kilogramos. Contra un viento de 5.<sup>m</sup>50 por segundo i con 5° de inclinacion, saltó 25 metros.

Despues con sólo dos superficies superpuestas i lanzándose de 18 metros de alto, recorrió 108 metros en 14 segundos.

El conocido i malogrado profesor Otton Lilienthal, que introdujo una reforma completa en el rumbo de los estudios aeronáuticos i fundó un club de *sportmen* aéreos que existe actualmente en Alemania, fué el primero que ensayó i consiguió volar como los cóndores, sin gastar fuerza ni ajitar las alas. Lo importante, decia él, no es fabricar un complicado, dispendioso e inmauejable aparato, sino tener intelijencia i valor para servirse sin esfuerzo de unas sencillas alas como las grandes aves veleras, el Cóndor i la Fragata. Se ejercitó al principio con velas de poca superficie i saltando desde pequeñas

alturas, i desde el primer momento aprendió que en contra del viento le era mas fácil el equilibrio i que alcanzaba mayor distancia sin asentar pié; poco a poco i a medida de la destreza adquirida aumentó la superficie de sus alas, agregó una cola o timon i se lanzó desde mas alto; a los tres años de ejercicios dió un salto de 500 metros, siempre contra el viento. Todas las tardes dedicaba unas cuantas horas a cernerse en el aire, i el mismo escribe la indescriptible sensacion que se experimenta en esos ejercicios; a los seis años contaba que, con 24 metros de superficie repartidos en dos pares de alas superpuestas i el hábito del equilibrio adquirido, se atrevia a afrontar vientos hasta de 9 metros por segundo, bastándole las brisas de 7 metros para quedarse suspendido, sin retroceder ni avanzar, ni subir ni bajar; pasando la velocidad a mas, le bastaba para elevarse verticalmente estender sus alas convenientemente orientadas i poner toda su atencion en el equilibrio. Esto ya era volar mui regularmente, para no gastar nada de fuerza; pero él deseaba remontarse a voluntad i dirigirse léjos; para esto, necesito, decia, saber hacer los jiros i las espirales que describen los buitres; pero será difícil obtener el éxito en el primer ensayo; el viento no me permite volverle la espalda i me puede castigar. En realidad, así pasó al intentarlo; perdió la vida despues de 7 años de constante dedicacion i continuos éxitos, dejando sentado que no es fuerza lo que falta sino el equilibrio.

Puedo terminar esta reseña histórica de los esfuerzos hechos por el hombre para obtener el dominio del aire, recordando el viaje de Mr. Andree al polo en globo, i el que fué hace poco en su busca, partiendo del norte de América, comandado por Antony Varriclé.

Ambos globos han sido proyectados con cuerdas pesadas que arrastran por tierra en lugar de lastre, i cuyo peso puede aumentarse recojiendo agua, nieve o tierra, mediante arados o baldes especiales que llevan en su estremidad. Así evitan el escape voluntario de gas cuando quieren descender. El de Varriclé lleva ademas un propulsor ascendente, movido mediante pedales por los viajeros, i otro horizontal, con la ayuda del cual i de una vela o timon cuadrado

pueden ceñir el viento hasta en 30° de su direccion. El retardo producido por el arrastre de las cuerdas contribuye al efecto desviador del timon.

Estos globos se separan de tierra solamente lo necesario para salvar los obstáculos. El de Varriclé debe correr a 25 metros de elevacion.

Actualmente en Chile, el director de uno de los establecimientos de instruccion, en el sur de la República, trata de solucionar el problema por medio de un globo lenticular con propulsor, en el sentido de su menor seccion, i de mayor densidad que la ordinariamente usada.

A los intentos i estudios enumerados hai que agregar muchos mas que no he tenido presente al hacer esta enumeracion; pero en resúmen podemos decir:

En un principio surgió la idea de cruzar a voluntad por el aire sólo como creacion poética de la fantasía humana.

Mas tarde fué atribuido al espíritu maligno el sujerir la idea de volar, al hombre.

Aun en la edad media i a principio de la moderna, ya evoluciona el espíritu humano i aparecen hombres de talento como Bacon, Vinci i Bautista Dante que estudian i analizan la posibilidad de volar.

Despues se ejecutan una serie de ensayos insipientes como el de Besnier i se lanzan nuevas i mejor estudiadas teorías, como la de Borelli, sobre el vuelo.

Surjen de improviso los globos de Montgolfier i Charles, i el hombre realiza su anhelo de flotar en el aire a miles de metros del suelo.

Despues esto no le basta i quiere dirigirse; aplican motores i propulsores Giffard, de Lome, Tissandier, Renard, etc., a los globos transformados para cortar mejor el aire. Los esfuerzos dan poco resultado miéntras se conserva el gran volúmen i la poca densidad.

Se impone i se discute entónces, defendido por el triunvirato Nadar i el académico Babinett, el sistema de "lo mas pesado que el aire."

Se recurre a la suspension esclusivamente mecánica i se proclama el helicóptero en Francia.



Se toma por modelo el volantin i Heuson inventa los aeroplanos en Inglaterra.

Se hacen combinaciones ingeniosas de planos, remos, paracaidas, hélices, alas, ruedas, globos, válvulas, etc., como las de Herard i Brian. Pero la fuerza es demasiado pesada. Se pronuncia entónces el veredicto de que "no hai motor capaz de levantar su propio peso."

Se consulta a la naturaleza i se ve que hai aves que no gastan fuerza en su inmóvil vuelo. Los americanos tienen un excelente modelo, el cóndor; Cárdenas i Miralles lo proclaman maestro, i Muillard analiza este vuelo como un jenio.

Se hacen algunas tentativas rudimentarias al principio bajo esta base, como las de Grooff i Lebriss, para llegar despues al éxito casi completo con Otto Lilienthal i Chanutes.

En tanto la mecánica avanza i se construyen motores de sobra livianos, como los de Maxim, Langley i Ader, cuyos aeroplanos a sus impulsos abandonan el suelo con un peso hasta de 3,500 kilogramos, i vuelan repetidas veces a mas de un kilómetro.

Aun se trata de utilizar el globo i se les hace tan densos como el aire construyéndolos de aluminio, como el de Swart.

Como se ve, no falta fuerza ni direccion; pero falta el que alguno de los sistemas se haga práctico i económico para la seguridad personal i la utilidad comercial.

Actualmente los aparatos que, dispendiosamente contruidos, obtienen éxito no pueden servir sino para la guerra, i a esto talvez se debe el que no se divulguen mas los actuales trabajos.

La jornada de hoy corresponde a los técnicos; i como dijo el doctor W. Pole en la Esposicion de 1893 en Chicago: La locomocion voluntaria por el aire es ahora admitida como un tema propio para el estudio de la ingeniería, como lo son la locomocion por agua i por tierra.

La conferencia que en esa esposicion se dió sobre este tema duró cuatro dias i la dirijia un comité numeroso. El objeto era abrir una discusion de los principios comprendidos en la materia, juntar

los resultados últimos, cambiar ideas, i proponer la accion concertada de los dedicados a este estudio. El programa jeneral comprendió: 1.º principios científicos tales como las propiedades del aire, propulsores i motores, materiales de construccion, formas jenerales i estructuras; 2.º aviacion comparativa animal i artificial; 3.º Globos i sus mejoras probables, etc. Fuera de la discusion jeneral se imprimieron 38 memorias sobre el tema.

Se han sentado en esa i en otras ocasiones algunas tésis al respecto, que pueden contribuir directamente al éxito final: Langley dice: por ejemplo, que el viento no es uniforme sino que obra a golpes; Mr. Stengus considera que el límite de un motor eficaz no debe pasar de quince libras de peso por caballo de fuerza; Mr. Maxim dejó establecido que las hélices aéreas, cuyos coeficientes alcanzaban sólo a 35 por ciento, lo han elevado a un 70 por ciento; Lilienthal calculó que el hombre se elevaria sólo con dos caballos de fuerza; pero otros calculan seis; asevera tambien Lilienthal que las hélices aéreas dan sólo la quinta parte del efecto que rinden las alas, porque su golpe repentino encuentra mayor resistencia a causa de la elasticidad del aire. Koch sentó i demostró, segun su modo de decir, que la velocidad enjendra el punto de apoyo dentro de un medio ambiente; Newton dió la siguiente fórmula para calcular la resistencia que encuentra un plano al caer, en el aire.

$$(*) N = \phi S V^2 \text{ sen } \alpha$$

equivalente al vuelo octogonal i que sólo es aplicable al vuelo oblicuo cuando el plano en forma de cinta ataca el aire por su lado angosto moviéndose longitudinalmente; Borda dió esta otra,

$$N = \phi S V^2 n \text{ sen } \alpha$$

aplicable cuando el ala hiere el aire por su lado ancho; Langley comprobó experimentalmente la segunda fórmula i encontró que, cuan-

---

(\*) N = resultante usencional.

do el ángulo se aproxima a  $O$ , el trabajo para sostener un peso dado en el aire tiende también a  $O$ ; a esta lei la llamó lei de los pequeños ángulos; el comandante Renard ha calculado lo que él llama la calidad del ala o sea el peso que puede levantar un metro cuadrado desarrollando un trabajo de un kilográmetro, según el ángulo, i obtiene que es proporcional a  $\sqrt[3]{\frac{L}{a}}$  i, como en el vuelo oblicuo, según la lei de los pequeños ángulos, ella aumenta cuando  $a$  disminuye i creciendo también con la velocidad, concluye que podrá aumentarse casi indefinidamente el poder de sustentacion, dándole velocidad horizontal. Teóricamente la velocidad que puede imprimirse a los aeroplanos i hélices, encuentra un límite de eficacia, que en los helicópteros se anticipa a causa de que el movimiento es de rotacion, i que en los aeroplanos tralatorios lo fija el frotamiento, según la siguiente fórmula de Renard.

$$R = P_a + \frac{K}{a}$$

Los resultados prácticos son mucho mas favorables que lo calculado. Un cuervo europeo, por ejemplo, produce en su vuelo el trabajo necesario para elevarse 1.<sup>m</sup>57 por segundo, conforme a los cálculos usados ordinariamente. Como término de comparacion recordaremos que el hombre produce un trabajo equivalente a subir 0.<sup>m</sup>20 por segundo.

Pero, según la fórmula empírica de Langley,

$$N = \phi S V^2 \times 5a.$$

el trabajo del cuervo en su vuelo seria representado por sólo 0.<sup>m</sup>75.

I aplicando las esperiencias de Goupil sobre la influencia de las superficies curvas en la resistencia del aire, se llega a que ese trabajo es sólo 0.<sup>m</sup>30, que ya se acerca mucho a lo que puede hacer un hombre.

Se ha abierto pues un nuevo campo a la ingeniería, tan vasto

como el aire i para cuya labor la humanidad ha ido acumulando en varios siglos todos los materiales necesarios, para obtener el fruto ya maduro pero no cojido. En Chile, que es el país del mayor volador, el cóndor, si no vamos adelante en esta materia, por lo ménos debemos tener conciencia de su actual estado.

Esto es lo que me ha movido a proporcionar al Instituto los anteriores datos que no son sino mui someros; pero con los cuales creo corresponder a uno de los temas propuestos para las sesiones jenerales.

*Santiago, Octubre de 1898.*

ROBERTO RENGIFO.

