

# Breve historia de la Ingeniería Mecánica

## Parte II

Oscar Mauricio Barajas P.

Calle 155 No. 28-A-10 Interior 1 Apto. 404. Bogotá D.C.-Colombia.

ocar@impsat.net.co

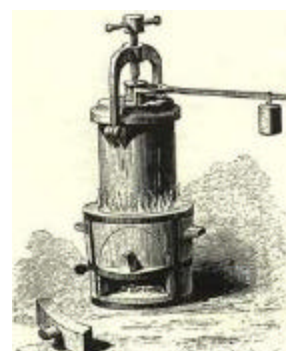
<http://www.oscarbarajas.com>

### LAS LEYES DE LA TERMODINÁMICA:

#### La máquina de vapor y la Revolución Industrial.

El cúmulo de sacudidas políticas y sociales del siglo XVIII y principios del XIX contribuyeron a transformar el mundo tanto o más que el invento de la máquina de vapor y otras invenciones prácticas. La independencia de las colonias inglesas en América, la Revolución Francesa y, sobre todo, las Guerras Napoleónicas, obligaron a buscar nuevas rutas para el comercio y fomentaron el progreso de las industrias. Casi todas las naciones se vieron obligadas a fabricar lo que antes importaban del extranjero; otras tuvieron que abrirse nuevos mercados para los productos que exportaban a naciones enemigas. Inglaterra, viéndose boicoteada en Europa por Napoleón, buscaba en Sudamérica, El Cabo y la India la salida para sus productos. El bloqueo inglés obligó a Francia a fabricar con remolacha el azúcar, que antes llegaba de las Antillas. Se empezó a emplear la achicoria como sustituto del café. Aunque estas dificultades no tenían mucha importancia por ser artículos de lujo, eran síntomas que casi excusarían de explicar lo que pasó con los de primera necesidad: papel, vidrio, jabón, tejidos y metales. Cada nación forzó su industria a producir más y mejor de lo que antes fabricaba. Ni el determinismo político, ni el fatalismo económico de los sociólogos modernos que hacen historia con cifras de preciso y jornales, pueden explicar la fenomenal transformación de Europa a principios del siglo XIX.

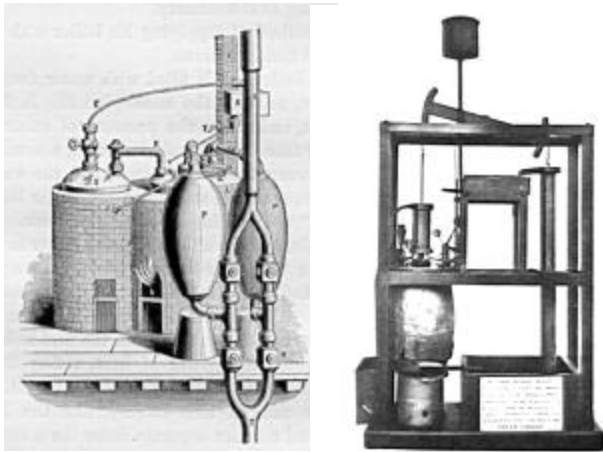
El invento más conspicuo de esta época es, sin duda, la máquina de vapor. Se ha llamado el siglo del vapor al siglo XIX; la electricidad no ha allegado todavía beneficios comparables a los que allegó el empleo del vapor. El efecto mecánico de la fuerza de expansión del vapor de agua había sido observado desde muy antiguo, pero no se había conseguido aprovechar para usos prácticos. El descubrimiento de la máquina de vapor se hizo gradualmente. En un principio sólo se pensó en utilizarlo para producir el vacío por la condensación del vapor dentro de un émbolo, de modo que la presión atmosférica le obligara a retroceder. En 1690 Denis Papin, con su famosa marmita, producía el vacío dentro de un recipiente que llenaba de vapor y después condensaba enfriándolo. Parece que Papin ya tuvo la idea de utilizar su aparato para producir fuerza motriz y emplearla en la propulsión de navíos. Pero los marineros de Munden, creyendo que la invención de Papin podía quitarles trabajo, destruyeron un barco de cuatro ruedas que había construido, y no sabemos de lo que hubiera resultado de su invención.



Marmita de Papin.



En el número 19 de INGENIERÍAS se publicó la parte 1 de este artículo.



Las máquinas de Savery y de Newcomen.

En cambio, pocos años más tarde Savery consiguió elevar agua con una máquina fundamentada en el principio de la marmita de Papin. Después de hecho el vacío en el recipiente, el agua empujada por la presión atmosférica subía para llenarlo.

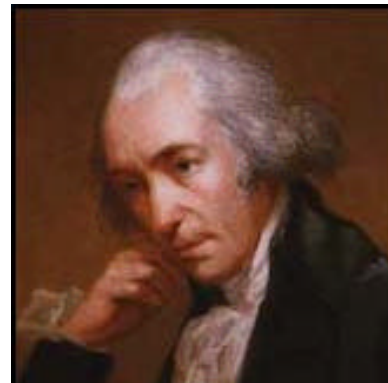
En 1717 Newcomen imaginó otro artificio, que ya fue un gran progreso respecto del de Savery: el vapor empujaba un émbolo, se condensaba y la presión de la atmósfera hacía caer el émbolo, produciéndose un movimiento balancín, que movía una palanca. Esta hacía subir y bajar el pistón de una bomba para elevar el agua. El cilindro del émbolo de la máquina de Newcomen quedaba abierto por un lado, y así el vapor servía para empujar en una dirección; para retroceder se contaba con el vacío que producía el vapor al condensarse.

James Watt nació en 1736. Su padre era comerciante acomodado de Edimburgo, pero perdió su fortuna y tuvo que enviar el niño a Londres. Allí aprendió el oficio de fabricante de instrumentos de física, e hizo también descubrimientos de química. A su regreso, los maestros de Edimburgo no quisieron reconocer el aprendizaje que Watt había hecho en Londres. Por ello Watt tuvo que encontrar ocupación como reparador de aparatos en el gabinete de física de la Universidad y allí inventó la máquina de vapor, pues al componer una de las máquinas de elevar agua de Newcomen se le ocurrieron varias mejoras por las que pidió patente de invención. Consistían, esencialmente, en cerrar el émbolo por ambos lados, obligando al vapor a empujarlo en ambas direcciones.

Así podía conseguir fuerzas mucho mayores que la de la presión atmosférica en el vacío. Otra gran invención de Watt fue la de un brazo articulado que podía transformar el simple movimiento de palanca de la máquina de Newcomen en movimiento giratorio. En realidad, la máquina de Watt era ya la máquina de vapor que hemos usado hasta nuestros días. Se perfeccionó con doble émbolo, se le añadió un condensador, se inventó la caldera tubular, se le dieron proporciones gigantescas; pero el principio siempre fue el descubierto por Watt.

En 1775 Watt encontró un socio capitalista, Matew Boulton, y la sociedad Boulton and Watt, de Birmingham, tuvo el monopolio de la construcción de máquinas de vapor por medio siglo. Las máquinas de Watt funcionaban a la perfección; sin embargo, al principio se emplearon casi únicamente en las minas de carbón. Servían para extraerlo a la superficie, en lugar de hacerlo las mujeres y los niños con capazos, y para achicar el agua de las galerías inundadas. La famosa lámpara de Humphrey Davy, inventada en 1815, que disminuyó los riesgos del grisú, acabó de abaratar el carbón al hacer posible la explotación de minas que antes se consideraban peligrosas. Las primeras industrias en utilizar la máquina de vapor fueron las de hilados y tejidos.

Estos inventos fomentaron el desarrollo rápido de la industria por toda Europa. En 1750 la metalurgia en toda Europa se hallaba en un estado tan primitivo como en la Edad Media. La pirita de hierro se beneficiaba en hornos pequeños con carbón vegetal y fuelles de mano. El primer adelanto en la fabricación de hierro fue la introducción de los fuelles movidos



James Watt.

con las máquinas de vapor. El segundo, ya un gran invento, fue el pudelado, que consiste en inyectar aire a través del hierro fundido para que, absorbiendo oxígeno, se convierta en hierro maleable. Este método se empezó a usar en Inglaterra en 1783, y al año siguiente se emplearon ya rodillos en lugar de martillos para forjar. Con tales procedimientos los ingleses se pusieron a la cabeza de la metalurgia, que hasta entonces había monopolizado Francia y Suecia. Expuesta en cifras, la producción de hierro en la Gran Bretaña (que en 1750 era de 17.000 toneladas) en 1826 se elevó a 17 millones y en 1830 había más que duplicado la producción últimamente mencionada: 39 millones de toneladas.

Estimulados por la competencia inglesa, los forjadores franceses aplicaron el pudelado y hasta fueron más allá, empleando hulla en lugar de carbón vegetal para la fundición. En 1841 los hermanos Scheider, del Greuzot, inventaron el martillo de vapor; después vinieron los hornos Siemens y demás inventos.

La transformación de la industria, convertida de oficio manual y doméstico en trabajo en gran escala con máquinas de vapor, exigía la correspondiente expansión en el comercio. Los primeros ensayos para aplicar la máquina de vapor a los transportes se hicieron por la vía fluvial; hubo embarcaciones movidas por vapor antes, mucho antes de que se pensara utilizarlo para arrastrar vehículos sobre rieles.

## EL AUTOMÓVIL Y EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El intento de obtener una fuerza motriz que sustituyera a los caballos se remonta al siglo XVII. El vapor parecía el sistema más prometedor, pero sólo se logró un cierto éxito a finales del siglo XVIII. El vehículo autopropulsado más antiguo que se conserva, un tractor de artillería de tres ruedas construido por el ingeniero francés Joseph Cugnot en 1771, era muy interesante, pero de utilidad limitada. Después, una serie de ingenieros franceses, estadounidenses y británicos —entre ellos William Murdoch, James Watt y William Symington— inventaron vehículos todavía menos prácticos.

En 1789 el inventor estadounidense Oliver Evans obtuvo su primera patente por un carruaje de vapor, y en 1803 construyó el primer vehículo autopropulsado



Vehículo autopropulsado de Joseph Cugnos.

que circuló por las carreteras estadounidenses. En Europa, el ingeniero de minas británico Richard Trevithick construyó el primer carruaje de vapor en 1801, y en 1803 construyó el llamado London Carriage. Aunque este vehículo no se perfeccionó, siguieron produciéndose mejoras en la máquina de vapor y en los vehículos. Estos avances tuvieron lugar sobre todo en Gran Bretaña, donde el periodo de 1820 a 1840 fue la edad de oro de los vehículos de vapor para el transporte por carretera. Eran máquinas de diseño avanzado, construidas por ingenieros especializados como Gurney, Hancock o Macerone. Sin embargo, esa naciente industria de fabricación tuvo una vida muy breve. Los trabajadores que dependían del transporte con caballos para su subsistencia fomentaron unos peajes o cuotas más elevados para los vehículos de vapor. Esta circunstancia tenía una cierta justificación, ya que dichos vehículos eran pesados y desgastaban más las carreteras que los coches de caballos. Por otra parte, la llegada del ferrocarril significó un importante golpe para los fabricantes de vehículos de vapor. La restrictiva legislación de la Locomotive Act de 1865 supuso la restricción final a los vehículos de vapor de transporte por carretera en Gran Bretaña, y durante 30 años impidió prácticamente cualquier intento de desarrollar vehículos autopropulsados para el transporte por carretera. Esto hizo que el desarrollo del motor de combustión interna tuviera lugar en otros países como Francia, Alemania y Estados Unidos. Thomas Edison, el inventor estadounidense, escribió en 1901: “El vehículo de motor debería haber sido británico. Ustedes (los británicos) lo inventaron en la década de 1830. Sus carreteras son las mejores





Triciclo de Karl Benz.

después de las francesas. Tienen ustedes cientos de ingenieros especializados, pero han perdido su industria por el mismo tipo de legislación y prejuicios estúpidos que les han atrasado en muchos aspectos de la electricidad”.

Aunque el científico holandés Christiaan Huygens diseñó un motor de combustión interna en 1678, nunca llegó a construirse. El suizo Isaac de Rivaz construyó un carro automotor en 1805, y en 1863 Étienne Lenoir fabricó en París un vehículo que funcionaba con gas del alumbrado. Pero hasta mediados de la década de 1880 el motor de combustión interna no alcanzó un nivel que permitiera su utilización de forma eficaz en vehículos de carretera.

En 1866, dos ingenieros alemanes, Eugen Langen y August Otto, desarrollaron un motor de gas, y en 1876 Otto construyó un motor de cuatro cilindros que constituyó la base de casi todos los motores posteriores de combustión interna.

La importante unión de motor y vehículo se produjo en 1885 y 1887, cuando Karl Benz y luego Gottlieb Daimler introdujeron los primeros automóviles de gasolina eficaces. El vehículo de Benz era el mejor, con una gran diferencia, ya que estaba diseñado como un todo y empleaba las nuevas tecnologías de la industria de la bicicleta. El carruaje de Daimler no era más que un coche de caballos adaptado. Benz empezó a producir de forma limitada su vehículo de tres ruedas en 1888, con lo que nació la moderna industria del automóvil. Sin embargo, el motor de Daimler era revolucionario y significó un cambio radical en la industria del automóvil. De hecho, Daimler estaba más interesado en vender motores

que vehículos, como fuente de potencia para diferentes usos. En esa misma época, en las décadas de 1870 y 1880, los inventores e ingenieros franceses como la familia Bollée, Léon Serpollet o el conde De Dion y sus ingenieros Bouton y Trépardoux construyeron excelentes vehículos de vapor.

Un acontecimiento crucial en la historia de la industria automovilística fue la Exposición Universal de París de 1889, donde los ingenieros franceses René Panhard y Émile Levassor conocieron el motor de Daimler. En 1890 obtuvieron los derechos para fabricar dicho motor, pero no vieron un gran futuro en el automóvil y concedieron a la empresa Peugeot el derecho a emplear motores Daimler en vehículos autopropulsados. Puede considerarse que Peugeot fue el primer fabricante de automóviles en serie de todo el mundo, ya que construyó 5 coches en 1891 y 29 en 1892. En 1893, Benz se convirtió en un fabricante de vehículos en toda regla. Aquel año, la carrera París-Burdeos demostró la superioridad del motor Daimler sobre los automóviles de vapor, a pesar de que estos últimos estaban muy desarrollados.

En Estados Unidos también trabajaban pioneros de la fabricación de automóviles. En 1891, John W. Lambert construyó el primer vehículo de gasolina de Estados Unidos. En 1895, los hermanos Charles y Frank Duryea crearon la primera empresa automovilística estadounidense, después de haber creado un prototipo en 1893. Elwood Haynes, Alexander Winton y Henry Ford también mostraron interés por este campo en la década de 1890.

La demanda de automóviles creció sin cesar a lo largo de los últimos años del siglo XIX. El mayor fabricante europeo, Benz, afirmaba en 1900 haber producido un total de 2.500 vehículos, y el estadounidense Olds fabricó 400 desde mediados de 1899 hasta 1900.

En Estados Unidos, George Baldwin Selden obtuvo en 1895 una patente que cubría la aplicación a un vehículo de un motor de combustión interna. La patente fue asignada a la empresa Electric Vehicle Company en 1899. Varias empresas importantes compraron licencias, pero otras, encabezadas por Henry Ford, se negaron a hacerlo. El proceso judicial se inició en 1903 y terminó en 1911 —un año antes de que expirara la patente— con un veredicto favorable a Ford. Con anterioridad, Harry Lawson

había intentado sin éxito obtener un monopolio similar en Gran Bretaña para todos los automóviles de gasolina, al crear en 1895 el British Motor Syndicate para explotar las patentes de Daimler y otros. Sin embargo, una decisión judicial de 1901 acabó con las aspiraciones monopolistas de Lawson.

Gran Bretaña centró sus investigaciones en los motores de combustión interna —en lugar del vapor o la electricidad— antes que Estados Unidos, debido en gran parte al ejemplo francés y a que la eliminación de las restricciones de patentes fue anterior a la estadounidense. En 1911, en las carreteras de Estados Unidos había más de 600.000 automóviles, bastantes más que en los países europeos, pero muchos estaban propulsados por vapor o electricidad. Aunque tardó en arrancar, la industria británica acortó distancias con la francesa después de 1909. Entre 1909 y 1913 la producción francesa creció un 30%, mientras que en Gran Bretaña aumentó un 200%. En 1913, la producción de automóviles y vehículos comerciales era de 34.000 anuales, frente a los 45.000 de Francia y los 23.000 de Alemania. Sin embargo, la producción total europea era menos de una cuarta parte de la estadounidense.

La combinación de una renta per cápita mayor, unas técnicas eficaces de producción en serie y una población dispersa hizo que el mercado y la industria automovilística de Estados Unidos superara con rapidez a la del resto del mundo, lo que en 1914 representaba fundamentalmente Europa. En ese año, en Estados Unidos había un vehículo por cada 77 personas, en Gran Bretaña había uno por cada 165, en Francia uno por cada 318 y en Alemania uno por cada 950. Esto también significaba que Gran Bretaña era el mayor mercado europeo.

La producción en serie no fue inventada por Henry Ford. En 1798 Eli Whitney introdujo la producción normalizada de mosquetes, y las fábricas de carne de Chicago habían introducido cadenas de producción en la década de 1860. En 1902, el automóvil Oldsmobile ya se fabricaba en serie. A partir de 1908, cuando se introdujo el modelo de Ford, Henry Ford empezó a combinar esos factores y reunió las enseñanzas de un siglo de forma espectacular. Entre 1913 y 1915 en la fábrica de Ford de Highland Park se combinaron la producción normalizada de piezas de precisión (que hacía que

fueran intercambiables) y la fabricación en cadenas de montaje, que simplificaba las operaciones y las dividía en zonas de trabajo. La eficacia de la producción era tal que los precios de los automóviles bajaban sin cesar. Los automóviles salían de la cadena de montaje cada 10 segundos, con un ritmo anual de 2 millones. Esto hizo que Estados Unidos se motorizara de forma masiva en la década de 1920. Los fabricantes europeos aprendieron la lección, en especial el británico Morris, el francés Citroën, el alemán Opel, el italiano Fiat y, naturalmente, las fábricas de Ford situadas fuera de Estados Unidos. A pesar de todo, en la década de 1920 Estados Unidos y Canadá producían más del 90% de los automóviles fabricados en el mundo. La mayoría de estos vehículos se vendían en Norteamérica, pero las exportaciones suponían un 35% del mercado mundial de automóviles.

La producción de vehículos fuera de Estados Unidos sobrevivió en gran medida porque General Motors, Ford y Chrysler establecieron plantas de fabricación en el extranjero, pero sobre todo porque los gobiernos europeos protegieron su industria automovilística de la competencia estadounidense mediante aranceles y cuotas. En 1932, los aranceles eran del 33,3% en el Reino Unido, del 25% en Alemania, entre el 45 y el 70% en Francia y entre el 18 y el 23% en Italia. En 1929 se fabricaron 4,8 millones de vehículos en Norteamérica, frente a 554.000 en Europa occidental.



Henry Ford.



Prototipo desarrollado por Ford a principios del siglo XX.

En el periodo de entreguerras se produjo una fuerte reducción en el número de fabricantes de automóviles en la mayoría de los principales países productores. En 1939, el sector estaba dominado en Estados Unidos por General Motors, que en la década anterior había superado a Ford gracias a una mejor comercialización. El único fabricante importante además de estas compañías era Chrysler. En Alemania, los líderes del mercado eran Opel —que General Motors había comprado en 1928—, Mercedes-Benz y Auto Union. En Francia el sector estaba dominado por Renault, Peugeot y Citroën (véase Louis Renault; Armand Peugeot; André Citroën). Sólo en Gran Bretaña había más fabricantes en 1939 que en 1929. Allí, Morris y Austin rivalizaban por el primer puesto, seguidos por Ford, Vauxhall (de General Motors), Standard y Rootes. Las principales marcas especializadas eran Jaguar, Rover y Rolls-Royce.

En el periodo posterior a 1945 comenzó una importante expansión de la producción y prosiguió la racionalización, tendencias que continúan en la actualidad. En 1950, Europa representaba el 13,6% de la producción mundial, que ascendía a 8,2 millones de vehículos. El número de fabricantes tradicionales continuó en declive. En Estados Unidos, Studebaker, Packard y American Motors abandonaron el sector o fueron absorbidos. En el Reino Unido, los principales fabricantes de propiedad británica se fusionaron en la década de 1960 para formar British Leyland, que cambió su nombre a Rover en 1986 y fue adquirida por BMW en 1994. En Francia, en la década de 1970, Peugeot compró Citroën y las instalaciones europeas

de Chrysler en Gran Bretaña, Francia y España. Salvo algunas fábricas pequeñas, toda la industria automovilística italiana es propiedad de Fiat. En España, SEAT, que estaba a la cabeza del sector automovilístico español, empezó a notar la crisis en 1976 y ya a partir de 1984 inició un plan de colaboración con la alemana Volkswagen, que en 1986 adquirió el 51% de la empresa. Este proceso de reducción de empresas afectó a los coches, los vehículos comerciales y la fabricación de piezas.

Aunque la fabricación de vehículos está dominada principalmente por empresas con enormes mercados oligopolistas y muy competitivos, es posible entrar en algún segmento de estos mercados (véase Oligopolio). A partir de 1960 tuvo lugar el surgimiento de la industria automovilística japonesa, que en ese año fabricó sólo 165.094 coches y en 1990 produjo 9.947.972. A mediados de la década de 1990, la industria automovilística surcoreana parecía constituir una fuerza importante, y en el futuro podría haber industrias locales importantes en India, China y Rusia.

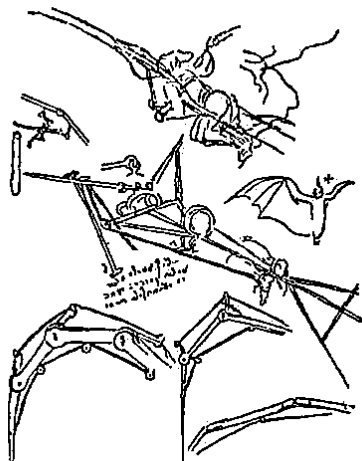
El crecimiento económico de Europa y la mayor eficiencia en la producción de vehículos hicieron que, a principios de la década de 1970, el consumo y producción total de automóviles en Europa superaran a los de Norteamérica por primera vez desde los primeros días de la industria. Los aranceles experimentaron grandes reducciones en todo el mundo desde principios de la década de 1960; la inadaptación de los coches estadounidenses para la mayoría de los mercados de exportación hizo que los primeros en beneficiarse fueran los fabricantes europeos y posteriormente los japoneses. Sin embargo, alrededor del 20% de la producción y venta de automóviles en Europa correspondía a fabricantes estadounidenses.

En 1995 había en el mundo más de 625 millones de coches y vehículos comerciales en uso. De ellos, 193 millones correspondían a Estados Unidos, 17 millones a Canadá, 63 millones a Japón y 183 millones a Europa occidental. Si sólo se cuentan los coches, Europa occidental, con 162 millones, superaba a Estados Unidos, con 146 millones. Sin embargo, la combinación de un mayor poder adquisitivo per cápita y unos precios más bajos hacía que la densidad de automóviles fuera mayor en Estados Unidos que en Europa y el resto del mundo. En Estados Unidos hay

1,7 personas por automóvil, frente a 2,3 en Europa occidental. Las cifras de Europa oriental van desde 3,8 personas por automóvil en la República Checa hasta 16,0 en la antigua Unión Soviética. A título comparativo, en Japón hay 3,0 personas por automóvil, en Canadá 2,0 y en Australia 2,2

## LA AVIACIÓN

El primer vuelo con éxito fue precedido de siglos de sueños, estudio, especulación y experimentación. Existían viejas leyendas con numerosas referencias a la posibilidad de movimiento a través del aire. Ciertos sabios antiguos creían que para volar sería necesario imitar el movimiento de las alas de los pájaros o el empleo de un medio como el humo u otro más ligero que el aire. Hacia el siglo V de nuestra era se diseñó el primer aparato volador: la cometa o papalote. En el siglo XIII el monje inglés Roger Bacon, tras años de estudio, llegó a la conclusión de que el aire podría soportar un ingenio de la misma manera que el agua soporta un barco. A comienzos del siglo XVI Leonardo da Vinci analizó el vuelo de los pájaros y anticipó varios diseños que después resultaron realizables. Entre sus importantes contribuciones al desarrollo de la aviación se encuentra el tornillo aéreo o hélice y el paracaídas. Concibió tres tipos diferentes de ingenios más pesados que el aire: el ornitóptero, máquina con alas como las de un pájaro que se podían mover mecánicamente; el helicóptero diseñado para elevarse mediante el giro



Dibujo de Leonardo Da Vinci.

de un rotor situado en el eje vertical, y el planeador en el que el piloto se sujetaba a una estructura rígida a la que iban fijadas las alas diseñadas a imagen de las grandes aves. Leonardo creía que la fuerza muscular del hombre podría permitir el vuelo de sus diseños. La experiencia demostró que eso no era posible. Fue una figura muy importante porque aplicó por primera vez técnicas científicas para desarrollar sus ideas.

El desarrollo práctico de la aviación siguió varios caminos durante el siglo XIX. El ingeniero aeronáutico e inventor británico George Cayley, teórico futurista, comprobó sus ideas experimentando con cometas y planeadores capaces de transportar un ser humano. Diseñó un aparato en forma de helicóptero, pero propulsado por una hélice en el eje horizontal. Sus méritos le llevaron a ser conocido por sus compatriotas como el padre de la aviación. El científico británico Francis Herbert Wenham utilizó en sus estudios el túnel aerodinámico, sirviéndose del flujo del viento forzado en su interior para analizar el uso y comportamiento de varias alas colocadas una encima de otra. Fue además miembro fundador de la Real Sociedad Aeronáutica de Gran Bretaña. Otros personajes interesantes del mundo aeronáutico de la época fueron el inventor británico John Stringfellow y William Samuel Henson, quienes colaboraron a principios de la década de 1840, para fabricar el prototipo de un avión que pudiera transportar pasajeros. El aparato desarrollado por Stringfellow en 1848 iba propulsado por un motor de vapor y arrastrado por un cable, y consiguió despegar, aunque no pudo elevarse. El inventor francés Alphonse Penaud fabricó un modelo que se lanzaba con la mano e iba propulsado por bandas de goma retorcidas previamente, y consiguió en el año 1871 que volase unos 35 metros. Otro inventor francés, Victor Tatin, diseñó un ingenio propulsado por aire comprimido y equipado con un rudimentario tren de aterrizaje de cuatro ruedas. Lo sujetó a un poste central y las dos hélices consiguieron elevar el aparato en vuelos cortos y de baja altura.

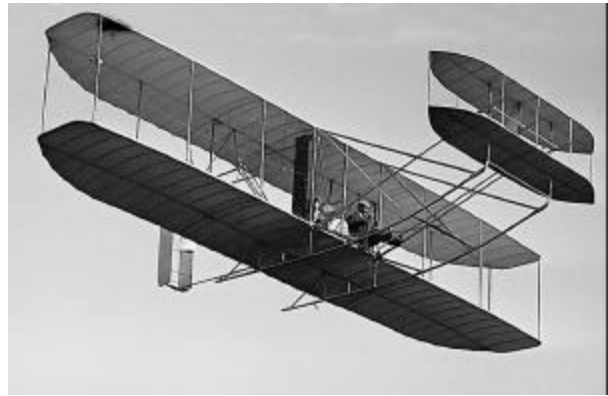
El inventor británico, nacido en Australia, Lawrence Hargrave desarrolló un modelo de alas rígidas que iba impulsado por paletas batientes movidas por un motor de aire comprimido. Voló 95 m en 1891. El astrónomo estadounidense Samuel

Pierpont Langley fabricó en 1896 un monoplano en tándem impulsado por un motor de vapor cuyas alas tenían una envergadura de 4,6 m. El aeroplano hizo varios vuelos, recorriendo entre 900 y 1.200 m de distancia durante un minuto y medio. Subía en grandes círculos; luego, al pararse el motor, descendía lentamente para posarse en las aguas del río Potomac.

Se hicieron numerosos esfuerzos para imitar el vuelo de las aves con experimentos basados en paletas o alas movidas por los músculos humanos, pero nadie lo logró. Merecen citarse el austriaco Jacob Degen entre 1806 y 1813, el belga Vincent DeGroof, que se estrelló y murió en 1874, y el estadounidense R. J. Spaulding, que patentó su idea del vuelo empujado por músculos en 1889. Más éxito tuvieron quienes se dedicaron al estudio de los planeadores y contribuyeron al diseño de las alas, como el francés Jean Marie Le Bris, quien probó un planeador con las alas batientes, el estadounidense John Joseph Montgomery y el renombrado alemán Otto Lilienthal. Este último realizó sus experimentos con cometas y ornitópteros, pero los mayores éxitos los obtuvo con sus vuelos en planeador entre 1894 y 1896. Por desgracia, murió en 1896 al perder el control de su aparato y estrellarse contra el suelo desde 20 m de altura. Percy S. Pilcher, de Escocia, que también había obtenido grandes éxitos con su planeador, tuvo asimismo un accidente mortal en 1899. El ingeniero estadounidense Octave Chanute consiguió en 1896 pequeños logros con sus planeadores de alas múltiples, pero su contribución más notable a la aviación fue un libro escrito en 1894 sobre los avances aeronáuticos.

Los numerosos experimentos realizados con cometas durante esta época, consiguieron mejorar de forma notable los conocimientos sobre aerodinámica y estabilidad de vuelo. El inventor estadounidense James Means publicó sus resultados en los *Aeronautical Annuals* (Anuarios aeronáuticos) de 1895, 1896 y 1897. Lawrence Hargrave inventó en 1893 la cometa en forma de caja y Alexander Graham Bell desarrolló entre 1895 y 1910 diversas cometas en forma de tetraedro capaces de transportar a un ser humano en un pequeño alojamiento.

Entre 1890 y 1901 se realizaron numerosos experimentos con prototipos provistos de motor. El



Aeroplano de los Wright piloteado por Orville Wright en 1908 en Virginia, EUA.

más importante fue el de Langley, un aeroplano a un cuarto de escala de su tamaño real, que probó e hizo volar sin piloto en 1901 y 1903. Le llamó *Aerodrome* y fue la primera aeronave más pesada que el aire provista de un motor de gasolina que consiguió volar. El modelo a escala real se terminó en 1903 y realizó dos pruebas que acabaron en desgraciados accidentes. El aviador alemán Karl Jatho intentó en 1903, también sin éxito, volar un modelo motorizado de tamaño real.

Los logros conseguidos a lo largo del siglo XIX aportaron los fundamentos necesarios para el éxito de los hermanos Wright, pero los mayores avances se debieron a los esfuerzos de Chanute, Lilienthal y Langley a partir de 1885. En 1903 aún no se habían conseguido la estabilidad y el control necesarios para un vuelo prolongado, pero los conocimientos aerodinámicos, y sobre todo el éxito de los motores de gasolina, que sustituyeron a los más pesados de vapor, permitirían que la aviación evolucionara con rapidez.

El día 17 de diciembre de 1903, cerca de Kitty Hawk, en el estado de Carolina del Norte, los hermanos estadounidenses Wilbur y Orville Wright realizaron el primer vuelo pilotado de una aeronave más pesada que el aire propulsada por motor. El avión fue diseñado, construido y pilotado por ambos hermanos, quienes realizaron dos vuelos cada uno. El más largo fue el de Wilbur con 260 m recorridos en 59 segundos. Al año siguiente continuaron mejorando el diseño del avión y su experiencia como pilotos a lo largo de 105 vuelos, algunos de más de 5



minutos. En 1905 llegaron a recorrer 38,9 km en 38 minutos y 3 segundos. Todos los vuelos se realizaron en campo abierto, regresando casi siempre cerca del punto de despegue.

Hasta 1906 nadie más consiguió volar en un avión. En ese año el húngaro residente en París, Trajan Vuia, realizó algunos saltos muy cortos y también lo consiguió Jacob Christian Ellehammer en Dinamarca. El primer vuelo oficialmente registrado en Europa lo hizo en Francia el brasileño Alberto Santos Dumont, y su trayecto más largo lo logró el 12 de noviembre de 1906 cubriendo una distancia de 220 m en 22,5 segundos. El aeroplano, registrado como 14-bis, había sido diseñado por él y construido en la primera fábrica de aviones del mundo, la de los hermanos Voisin en París. Era como una gran cometa en forma de caja en la parte trasera y otra pequeña en la delantera, unidas por la estructura cubierta de tela. El motor era un Levavasseur Antoinette de 40 CV y estaba ubicado, junto con la hélice, en la parte posterior. El piloto iba de pie en una cesta situada delante del ala principal. En Europa nadie consiguió volar más de un minuto hasta finales de 1907, cuando lo logró Henri Farman en un avión construido también por Voisin.

En contraste con Europa, los hermanos Wright conseguían en Estados Unidos superar sus marcas día a día. El 3 de septiembre de 1908, Orville Wright hizo una demostración con un modelo más veloz para el Cuerpo de Señales del Ejército en Fort Meyer, Virginia. El 9 de septiembre completó el primer vuelo mundial de más de una hora y, también por primera vez, se transportó un pasajero, el teniente Frank P. Lamh, durante 6 minutos y 24 segundos. Estas demostraciones se interrumpieron el 17 de septiembre a causa de un accidente en el que resultaron heridos Orville y su pasajero, el teniente Thomas E. Selfridge, quien murió horas después a consecuencia de una conmoción cerebral. Fue la primera persona muerta en accidente de avión propulsado por motor. Entretanto Wilbur Wright, que había ido a Francia en agosto, completó, el 31 de diciembre, un vuelo de 2 horas y 20 minutos demostrando un control total de su avión con suaves virajes, subidas y descensos a su entera voluntad. Recuperado de sus heridas y con la colaboración de Wilbur, Orville reanudó las demostraciones para el Cuerpo de Señales en julio de 1909 y cumplió sus requisitos a finales de mes. El



Avión típico utilizado durante la 1° Guerra Mundial.

aeroplano fue comprado el 2 de agosto y se convirtió en el primer avión militar operativo de la historia. Permaneció en servicio activo durante dos años y después fue retirado y trasladado al Instituto Smithsonian, en la ciudad de Washington, donde puede contemplarse todavía.

Una figura importante entre los diseñadores, fabricantes y pilotos estadounidenses fue Glenn Hammond Curtiss, de Hammondsport, Nueva York. En 1907 realizó en solitario un vuelo en el dirigible construido por Thomas Baldwin, propulsado por un motor de motocicleta de la fábrica de Curtiss que él mismo había modificado. En mayo del año siguiente Curtiss voló, también en solitario, el aeroplano diseñado y fabricado por un grupo conocido como la Asociación de Experimentos Aéreos, organizada por Alexander Graham Bell. Curtiss era uno de sus cinco miembros. Con su tercer avión, el June Bug, el 4 de julio de 1908 Curtiss cubrió la distancia de 1.552 m en 42,5 segundos y ganó el Trofeo Científico Americano, primer premio estadounidense concedido al vuelo de un avión. En Reims, Francia, el 28 de agosto del año siguiente, Curtiss ganó el primer torneo internacional de velocidad, al conseguir una marca de 75,6 km/h. El 29 de mayo de 1910 ganó también el Premio New York World, dotado con 10.000 dólares, por realizar el trayecto desde Albany, en el estado de Nueva York, hasta la ciudad de Nueva York, y en agosto completó el trayecto desde Cleveland a Sandusky, Ohio, sobrevolando la costa del lago Erie. En enero de 1911 consiguió ser el primer estadounidense en desarrollar y volar un hidroavión.

En Europa lo había conseguido el 28 de marzo de 1910 el francés Henri Fabre.

El pionero en cruzar el canal de la Mancha fue el ingeniero y piloto francés Louis Blériot. El día 25 de julio de 1909, durante 35,5 minutos recorrió 37 km, desde Calais, Francia, hasta Dover, Inglaterra, en un avión monoplano diseñado y fabricado por él mismo.

Durante los años posteriores a la I Guerra Mundial se realizaron grandes progresos tanto en el diseño de los aeroplanos como en los motores. Los aviones de dos alas con los motores y las hélices situadas en la parte posterior pronto fueron sustituidos por aviones con los motores situados en la parte delantera. Había muy pocos modelos de monoplanos, pero, en cambio, durante la guerra ambos contendientes fabricaron enormes biplanos con dos, tres y hasta cuatro motores, que en Europa fueron al principio del tipo rotativo, aunque pronto se sustituyeron por los modelos radiales. En Gran Bretaña y Estados Unidos predominaron los motores refrigerados por agua.

El transporte aéreo de correo se aprobó oficialmente en Estados Unidos en el año 1911 y se realizó el primer vuelo el 23 de septiembre. El piloto, Earle Ovington, llevó la saca de correos en sus rodillas en un vuelo que tan sólo duró 5 minutos y recorrió los 8 km que hay entre el bulevar Nassau y Mineola, ambos en Long Island, Nueva York. Ovington lanzó la saca sobre Mineola, donde fue recogida y trasladada a la oficina de correos. El servicio duró sólo una semana.



Lindbergh transportando correo aéreo.

En 1911 se completó el primer vuelo transcontinental en Estados Unidos, desde la ciudad de Nueva York hasta Long Beach en California. Lo consiguió el piloto estadounidense Calbraith P. Rodgers. Salió de Sheepshead Bay, en Brooklyn, Nueva York, el 17 de septiembre, al mando de un aeroplano Wright, y aterrizó en su destino el 10 de diciembre, 84 días más tarde. El tiempo real de vuelo fue de 3 días, 10 horas y 14 minutos.

Durante la I Guerra Mundial se usaron como armas tanto los aeroplanos como las aeronaves más ligeras que el aire. Las urgentes necesidades de la guerra estimularon a los diseñadores para construir modelos especiales para reconocimiento, ataque y bombardeo.

Como consecuencia de la presión de la guerra fueron entrenados más pilotos y construidos más aviones en los 4 años de conflicto que en los 13 años transcurridos desde el primer vuelo.

Gran parte de los excedentes militares vendidos después de la guerra fueron adquiridos por aviadores formados y entrenados durante la misma, dispuestos a realizar con ellos cualquier actividad que les produjera ingresos económicos: transporte de pasajeros, fotografía aérea, propaganda (por lo general, escribiendo los nombres de los productos en sus aviones), vuelos de instrucción, carreras aéreas y exhibiciones acrobáticas.

Los vuelos transoceánicos comenzaron con el NC-4. El vuelo de este enorme hidroavión se inició en Rockaway Beach, Long Island, el 8 de mayo de 1919 y finalizó el 31 en Plymouth, Inglaterra, tras varias escalas intermedias en Terranova (Canadá), las islas Azores y Lisboa (Portugal). El primer vuelo transatlántico sin escalas lo consiguieron los pilotos británicos John William Alcock y Arthur Whitten Brown. Entre el 14 y el 15 de junio de 1919, en poco más de 16 horas, volaron desde Saint John's, Terranova, hasta Clifden, Irlanda, y ganaron un premio de 50.000 dólares otorgado por el London Daily Mail.

El día 26 de enero de 1926 se inició en Palos de Moguer, España, el vuelo del Plus Ultra. Era un hidroavión Dornier Wall con el que el piloto español comandante Ramón Franco y su tripulación, tras

varias escalas y algún incidente, consiguieron llegar el 7 de febrero a Buenos Aires, Argentina. Entre el 20 y el 21 de mayo de 1927 se completó el primer vuelo en solitario cruzando el océano Atlántico. Lo llevó a cabo el aviador estadounidense Charles A. Lindbergh desde la ciudad de Nueva York hasta París, recorriendo una distancia de 5,810 km en 33,5 horas. Lindbergh se convirtió con esta hazaña en uno de los pilotos más famosos de la historia de la aviación.

Pero nadie había conseguido cruzar el Atlántico sin escalas en dirección oeste, a causa de los vientos contrarios, hasta que entre el 12 y el 13 de abril de 1928 el capitán alemán Hermann Köhl, el barón de la misma nacionalidad Gunther von Hünefeld y el capitán irlandés James Fitzmaurice, tras salir de Dublín, Irlanda, volaron 3,564 km, hasta Greenly Island, Labrador. Existía entonces una auténtica fiebre por ser los pioneros en realizar cualquier trayecto, y así los australianos Charles Kingsford-Smith y Charles T. P. Ulm, junto con los estadounidenses Harry W. Lyon y James Warner, emprendieron la Southern Cross y volaron desde Oakland, California, hasta Sydney, Australia, con un total de 11,910 km y escalas en Hawái, islas Fiji y Brisbane, Australia. Tres pilotos estadounidenses, Amelia Earhart, Wilmer Stultz y Louis Gordon, cruzaron el Atlántico entre Trepassey Bay, Terranova, y Burry Port, Gales, el día 17 de junio y del 3 al 5 de julio. El capitán Arturo Ferrarin y el comandante Carlo P. Del Prete, pilotos del Ejército italiano, realizaron un vuelo de 7,186 km sin escalas desde Roma hasta Genipabu, Brasil.

En el año 1920 se crearon las primeras líneas aéreas para correo y pasajeros entre Cayo Hueso, Florida, y La Habana, Cuba, así como entre Seattle, Washington (Estados Unidos), y Vancouver, Columbia Británica (Canadá). En 1921 se estableció el servicio transcontinental regular de correo entre las ciudades de Nueva York y San Francisco, inaugurado por el Departamento del Servicio Postal. En 1925 el Congreso aprobó el decreto Kelly sobre correo aéreo, que autorizaba al servicio postal a realizar contratos con los operadores de transporte aéreo para trasladar el correo por avión. Ya en 1926 se inauguraron catorce líneas aéreas nacionales y se establecieron enlaces entre Estados Unidos, América Central, América del Sur y Canadá.

Entre 1930 y 1940 el transporte aéreo creció rápidamente y se acometieron frecuentes vuelos transoceánicos y de larga distancia. Los aviadores estadounidenses, volando pequeños aviones, redujeron cada vez más las plusmarcas de tiempo en los vuelos transcontinentales sin escalas y posteriormente las mejoraron con aviones de transporte. En 1930 Roscoe Turner voló desde Nueva York hasta Los Ángeles en 18 horas y 43 minutos; Frank Hawks lo hizo en sentido inverso en seis horas menos. En 1937 Howard Hughes invirtió sólo 7 horas y 28 minutos entre Burbank, California, y Newark, Nueva Jersey, y en 1939 Ben Kelsey tardó 17 minutos más entre California y Nueva York.

La más grande de las compañías internacionales que operaban en el momento de comenzar la II Guerra Mundial era Pan American Airways. Junto con sus empresas subsidiarias y afiliadas servía una red de 82,000 millas en rutas que llegaban a 47 países y colonias en todos los continentes.

Las exigencias de la guerra aceleraron el desarrollo de los aviones y se consiguieron importantes avances en los de bombardeo y combate, así como en el transporte aéreo de tropas paracaidistas, tanques y equipo pesado. De esta forma y por primera vez en la historia, la aviación se convirtió en el factor más decisivo en el desarrollo de la guerra.

También se extendió con rapidez la fabricación de pequeños aviones. Bajo la supervisión del programa de entrenamiento de pilotos civiles, patrocinado por la Administración Civil Aeronáutica de Estados Unidos, los operadores privados dieron



Avión típico utilizado durante la 2ª Guerra mundial.



Pan American Airways era la mayor compañía aérea comercial al inicio de la 2ª Guerra Mundial.

grandes facilidades para la formación como pilotos de miles de estudiantes que se convirtieron así en la columna vertebral de las fuerzas aerotransportadas de los tres ejércitos. Los aviones diseñados para uso privado encontraron también un amplio uso militar en todo el mundo, por lo que en 1941 el Ejército y la Armada de Estados Unidos compraron grandes cantidades de aviones ligeros que dedicarían a diversas misiones militares.

En 1941 la aviación militar estadounidense operaba en todos los frentes. La industria aeronáutica tenía empleadas a 450,000 personas frente a las 190.000 que había antes de la guerra. Ese año, 3,375.000 pasajeros fueron transportados por las 18 compañías aéreas estadounidenses, un millón más que en 1940. La carga de pago y el correo se incrementaron en cerca de un 30 por ciento.

Hacia el final de la guerra las batallas aéreas crecieron en intensidad y extensión y la producción de aviones alcanzó un máximo. Por otra parte, las líneas aéreas nacionales también establecieron nuevas plusmarcas tanto en el transporte de pasaje como de carga. Como consecuencia de todo ello, el número de aviones producidos en Estados Unidos en 1944 alcanzó la importante cifra de 97,694, con una media de 4.770 kg por avión. En el mismo año, Alemania ponía en combate dos ingenios

completamente nuevos en el mundo de la aviación: el primer avión reactor y el primer proyectil volante.

En 1945 la producción de aeroplanos militares en Estados Unidos se redujo drásticamente, pero los pedidos de aviones civiles se incrementaron de forma considerable. Al finalizar el año, los fabricantes tenían contratos para construir 40,000 aviones, en contraste con la producción máxima de 1941, que fue de 6.844. De nuevo las líneas aéreas nacionales e internacionales estadounidenses rompieron las plusmarcas anteriores en todos los tipos de tráfico y consiguieron sustanciales mejoras con respecto a 1941. Se redujeron las tarifas tanto de pasaje como de carga, y en 1945 volvieron a operar todos los servicios comerciales internacionales. La experiencia obtenida en la fabricación de aviones militares durante la guerra fue utilizada en la construcción de aviones civiles nada más terminar las hostilidades. Las compañías aéreas dispusieron de aviones más grandes y más rápidos con adelantos como las cabinas presurizadas. Se mejoraron los aeropuertos, los pronósticos meteorológicos y las ayudas a la navegación fueron más eficientes y aumentó la demanda pública de transporte aéreo de pasaje y carga, que creció a niveles desconocidos hasta entonces gracias a la repentina prosperidad de la posguerra.

Los experimentos en el campo del diseño aerodinámico, de los nuevos metales, nuevas plantas de potencia y avances electrónicos trajeron el desarrollo de los aviones turborreactores de alta velocidad, diseñados para vuelos transoceánicos, vuelos supersónicos, aviones cohete experimentales, aviones de despegue corto o vertical (STOL, VTOL) y cohetes espaciales.

En diciembre de 1986 el avión ligero experimental Voyager completó con éxito el primer vuelo alrededor del mundo sin escalas y sin repostar. Fue diseñado por Burt Rutan, que lo dotó de líneas muy poco ortodoxas que recuerdan en algunos aspectos a un catamarán. El avión iba provisto de dos motores, el delantero para despegar, maniobrar y aterrizar y el posterior para el vuelo de crucero. Los materiales eran de plástico ligero por lo que su peso al despegar era tan sólo de 4.420 kg y cargaba 4,500 litros de combustible distribuidos en 17 depósitos. Una vez consumidos, su peso al aterrizar era de 840 kg. Los





El "Voyager" realizó el 1<sup>er</sup>. vuelo alrededor del mundo sin escalas y sin reabastecerse de combustible.

pilotos fueron Dick Rutan (hermano de Burt) y Jeanna Yeager, y volaron 40.254 km en 9 días, 3 minutos y 44 segundos, a una velocidad media de 186,3 km/h. Este vuelo estableció una nueva plusmarca de distancia y tiempo en el aire, duplicando la de distancia, que permanecía desde 1962 en 20.169 kilómetros.

Ya en 1889 se efectuaron varias conferencias para resolver los problemas internacionales originados por

la aviación, pero hasta 1947 no se creó el primer organismo adecuado: la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), adscrita a la ONU, con sede en Montreal (Canadá). Otra organización que surgió a partir de la iniciativa de las compañías aéreas es la Asociación Internacional del Transporte Aéreo (IATA), también con sede en Montreal y que agrupa a más de 100 empresas de transporte aéreo, por lo general de líneas regulares, unidas en este organismo para resolver sus problemas comunes. El gran desarrollo de la aviación a escala mundial ha obligado a todos los países a establecer leyes y regulaciones que permitan un eficiente y seguro tráfico aéreo y a firmar convenios y protocolos internacionales como el de Tokio en 1963 o el de La Haya en 1973. En la actualidad existen en la mayoría de las naciones leyes sobre la navegación aérea que junto con otras medidas han llevado a este medio de transporte a convertirse en uno de los más seguros y eficientes.



#### **Nota del editor:**

La tercera y última parte de esta historia de la Ingeniería Mecánica se publicará en nuestro siguiente número.