

AEROTECNIA

Orientaciones actuales en la construcción de aviones

Por JOSÉ ORTIZ DE ECHAGUE

Director de Construcciones Aeronáuticas, S. A.

I MATERIALES

LOS materiales que hoy puede utilizar el constructor de aviones, son principalmente madera, acero, aleaciones a base de aluminio, aleaciones a base de magnesio. Examinaremos brevemente la posición actual de estos materiales en la industria aeronáutica.

Madera

Contra las ventajas que presenta para la creación de prototipos y pequeñas series, existen los inconvenientes por todos conocidos, de los que el principal, para el ingeniero constructor, estriba en la inseguridad de sus características mecánicas. No es necesario insistir en una cuestión tan debatida. Los hechos tienen una elocuencia definitiva: hace doce años, un 80 por 100 de la producción mundial era en madera; actualmente, y haciendo una estadística a base de los últimos anuarios, vemos que de cada 100 aviones se encuentran 73 de estructura totalmente metálica; 15 de sistema mixto, generalmente fuselaje metálico y alas de madera, y solamente el resto, de 12, es casi totalmente en madera.

Acero

Una comparación con los demás materiales ligeros, hecha desde el punto de vista peso-resistencia, demuestra que el acero comienza a dar origen a estructuras más ligeras, a partir de características próximas a los 100 kilos de resistencia a la tracción. Como estas características son desde hace tiempo muy corrientes en esta clase de materiales, puede parecer extraño que no se emplee con preferencia a todos los demás.

Hay dos razones fundamentales: es la primera la inexistencia, hasta hace poco tiempo, en la mayor parte de los países, de fábricas que librarán estos productos en las calidades apetecidas, exigidas para su empleo en Aviación, con las formas necesarias. Las reducidas dimensiones de

éstas y el escaso tonelaje consumido no constituían un mercado muy tentador para los siderúrgicos.

La segunda y muy importante dificultad estriba en la necesidad de efectuar delicados tratamientos térmicos, dada la longitud y escuadrías de las piezas a tratar, que para ser logrados con las debidas garantías de seguridad, exigen instalaciones muy costosas, difíciles de amortizar y que la mayor parte de los fabricantes del mundo no puede permitirse.

Como era lógico, Inglaterra, país siderúrgico por excelencia, fué la que primeramente abordó la cuestión; sus acerías pusieron inmediatamente a disposición de los fabricantes de aviones el material más perfecto que se ha producido hasta la fecha en forma de bandas, de los más reducidos espesores; la cuestión de la primera materia estaba resuelta. Había que abordar la de los tratamientos térmicos, y aquí el espíritu práctico inglés se demostró una vez más, eliminando el problema y limitándose, salvo raras excepciones, al empleo de aceros de 80 kilogramos, transformados por las fábricas de aviones a sus formas definitivas sin tratamiento térmico ulterior.

Las consecuencias de esta orientación son la persistencia en Inglaterra de la fórmula clásica biplana, que consiente estructuras ligerísimas, aun con el empleo de materiales en que el factor peso-resistencia hubiera dado lugar a estructuras Cantilever excesivamente pesadas.

Persistiendo en este camino, tres o cuatro fabricantes ingleses han llegado a la estandarización de los perfiles obtenidos con las bandas, logrando con una veintena de tipos, en sus diversas combinaciones, obtener una gran variedad de secciones resistentes, que han catalogado, determinando sus momentos de inercia y poniendo a disposición de los constructores un utilísimo instrumento de trabajo. En las formas adoptadas, aparte de conseguir las secciones de mayor momento de inercia posible, ha dominado la idea de impedir las deformaciones locales; de ahí la forma reiteradamente ondulada que, con ligeras variantes, han adoptado todos ellos y que sorprende al primer examen.

No todos los fabricantes renunciaron al empleo de los aceros de alta resistencia. *Armstrong* abordó el problema adoptando tipos de acero de temple al aire, calentando directamente las piezas por paso directo de una corriente eléctrica y dejándolas enfriar fuertemente sujetas. Este método da lugar a limitaciones constructivas, ya que todos los elementos tratados han de ser de sección constante, a fin de que la temperatura originada por el paso de la corriente sea homogénea.

En Francia ha sido *Breguet* el primer constructor que ha adoptado intensivamente el empleo del acero, con índices de resistencia que llegan a los 170 kilos, y no queriendo aceptar la limitación a que da lugar el método seguido por *Armstrong*, emplea también aceros autotemplantes, que calienta en hornos eléctricos de mufla y deja enfriar en útiles apropiados. Sin embargo, este método sólo constructores habituados a las grandes series y que estudian sus producciones desde este punto de vista pueden permitírselo.

Los americanos, dando una vez más pruebas del espíritu de asociación y estandarización que los anima, han resuelto la dificultad del empleo del acero por otros medios. En aquel país, la construcción en tubos de acero soldados, adquirió desde un principio gran boga, por haberse iniciado su industria en la escuela de *Fokker*. Mientras en el mercado no existían otros tubos que los soldables ordinarios, con débil proporción de carbono y resistencia de 40 kilogramos, este género de construcción, por muy tentadora que resultase, dadas las facilidades que ofrecía al constructor y pese a la ligereza conseguida por la supresión de racores, daba lugar a productos cuya calidad no era aceptada por los pliegos de condiciones de la mayor parte de los países. Las características en los puntos próximos a la soldadura eran excesivamente bajas.

La aparición de tubos soldables al cromo molibdeno, de altas características, después de templados, vino a revalorizar este método de construcción. Sin embargo, las dificultades industriales exigidas por los tratamientos aumentaron considerablemente, y más teniendo en cuenta que era preciso disponer de temple de baños de aceite a determinada temperatura, método que se había revelado como el mejor desde el punto de vista del conjunto de características logradas. Era necesario tratar conjuntos de piezas de dimensiones considerables, una vez soldadas, y era preciso lograrlo sin que el porcentaje rechazado por deformaciones hiciera el método antiindustrial. La experimentación realizada condujo a demostrar la necesidad de establecer hornos eléctricos verticales con autorregulación de temperatura, y disponer debajo los mismos baños de circulación de aceite, donde las piezas suspendidas en el horno cayeran por gravedad, sin tocar en el fondo. De esta forma se logró que los índices de resistencia llegaran a ser del orden de 160 a 180 kilos, en vez de los 60 con que se podía contar antes del tratamiento.

Una instalación de este género, capaz para tratar piezas hasta de 10 metros de longitud, resultaba fuera de las posibilidades de cada industria, aisladamente. Para salvar la dificultad, los fabricantes americanos se asociaron y establecieron una en Filadelfia, como lugar más apropiado, por su situación, para que a él pudieran ser enviados los elementos soldados de los diversos fabricantes, y la costosa instalación, manejada por personal muy especializado, pudiera marchar en condiciones aceptables de garantía y rendimiento económico.

Hoy, la mayor parte de los fabricantes norteamericanos emplea estos métodos, que no se han extendido ni aceptado plenamente hasta tanto las instalaciones apropiadas han sido puestas a punto. Es tal el predominio que adquieren, que varios fabricantes establecen prototipos de aviones con estructuras de elementos totalmente soldados en acero inoxidable.

Muy recientemente, las revistas aeronáuticas dan cuenta de la construcción de estructuras totalmente soldadas en acero inoxidable, y un aparato anfibia así construido ha sido últimamente importado de Norteamérica por una casa italiana.

El empleo del acero inoxidable estaba limitado, por las dificultades que existían para trabajar este metal sin alterar sus propiedades físicas, y principalmente para talarlo y soldarlo.

Entre todos los aceros inoxidables, el conocido con las cifras 18-8 (18 de cromo y 8 de níquel) es el que reunía características más elevadas, y que, por tanto, constituía el material ideal para la construcción de estructuras de aviones.

Este material, en efecto, puede dar una resistencia a la tracción que varía desde 56 kilos a 280 por milímetro cuadrado, con alargamientos desde el 65 por 100 hasta 0. Prácticamente se le emplea con características intermedias de 120 a 140 kilos a la tracción, con alargamientos de 3 a 6 por 100, características que se consiguen por un apropiado laminado en frío y sin necesidad de tratamiento térmico ulterior, y, por tanto, con mayores garantías de homogeneidad.

Otra de las ventajas de este material es su cualidad de austenítico, y, por tanto, no magnético.

Sin embargo, esta propiedad, así como sus características convenientes y su inoxidabilidad, se pierden por un calentamiento a 870 grados, propiedades que vuelve a recobrar cuando se calienta a 1.000 grados y se enfría bruscamente.

La soldadura ordinaria daría lugar, por tanto, a zonas oxidables y de baja resistencia en los sitios donde el material alcanzase los 870 grados y sus proximidades. La velocidad de la soldadura eléctrica denominada por puntos, en la que se alcanzan pasos de corriente de una centésima de segundo de duración, no era tampoco suficiente, ya que se pudo comprobar también la existencia de una zona

circular rodeando a la soldadura de propiedades inaceptables. La casa Budd, de Filadelfia, ha conseguido poner a punto una máquina de soldadura por puntos especialmente adaptada a este material 18-8, con pasos de corriente hasta de una milésima de segundo, con graduación de amperaje y presión de electrodos, registro de calorías y avisador acústico cuando la soldadura no es correcta, con el que ha conseguido obtener estructuras del acero 18-8 a 120 kilos, no magnéticas, inoxidable hasta en la misma soldadura. El método que pudiera denominarse de «soldadura por descargas» no tiene otro fundamento que el efectuar la soldadura en un tiempo tal que la temperatura en las inmediaciones de los electrodos no alcance los 800 grados y que esta operación pueda efectuarse automáticamente y bajo un riguroso control.

Los resultados obtenidos son superiores, desde el punto de vista de su resistencia, al de un buen remachado, con una economía de peso y de tiempo de ejecución muy considerables.

Estos métodos han comenzado a emplearse en Europa, y es de esperar de ellos una mejora muy considerable de las características y duración de los aviones.

Aleaciones ligeras y ultraligeras

Desde que los alemanes pusieron a punto, en sus fábricas de Düren, la aleación al 4,5 por 100 de cobre, susceptible de tratamiento térmico, que designaron con el nombre de Duraluminio (aluminio de Düren), la mayor parte de los fabricantes de aviones pusieron en ella sus mejores esperanzas. Hasta tal punto eran fundadas, que hoy la mayor parte de los aviones existentes están contruidos, en su totalidad o en una gran parte, con este material que ya fabrican, además de Alemania, Francia, Suiza, Inglaterra, Italia, Estados Unidos y, recientemente, España. Su factor resistencia-peso le hace superior a los aceros, mientras éstos se mantienen bajo el límite de 100 kilogramos, con la ventaja de las mayores escuadras que con su empleo se obtienen, que da lugar a que sea insustituible en todos los elementos que constituyen la superestructura de los aviones.

Los inconvenientes derivados de la facilidad a la corrosión, tanto superficial como intercrystalina, van cada día desapareciendo ante los métodos puestos a punto para prevenirla. La oxidación anódica, que por electrolisis crea una capa superficial de óxido fuertemente adherente, puesta a punto por el Instituto de Investigaciones Científicas e Industriales de Inglaterra, y hecha obligatoria en todos los establecimientos industriales del país, o la solución adoptada en los Estados Unidos de recubrir todas las planchas de delgadas capas de aluminio purísimo, insensible a la corrosión y que constituye una especie de pantalla electrolítica para el alma de duraluminio, son métodos que se han demostrado muy eficaces, pudiéndose afirmar

que aventajan al acero desde el punto de vista de su poca sensibilidad a los agentes exteriores, excepción hecha, claro está, del tipo inoxidable.

Pero no es esto sólo: recientemente se ha puesto a punto en Alemania la nueva aleación denominada *Hidronalium*, de características análogas al duraluminio y absolutamente incorrosible según experiencias recientemente realizadas, en las cuales, sometido durante cien días a la acción de atmósferas salinas, ha conservado exactamente sus características primitivas, mientras que en las probetas de duraluminio, sin proteger, su resistencia disminuye en más de un 40 por 100.

Esta nueva aleación, de creación tan reciente, está siendo ya fabricada en Inglaterra, bajo el nombre de Mg. 7, lo que parece indicar está constituida principalmente por aluminio y un 7 por 100 de magnesio. Esta composición estaría de acuerdo con su densidad, ligeramente inferior a la del aluminio.

La construcción en duraluminio exige instalaciones industriales de alguna importancia, si bien las moderadas temperaturas de tratamiento y el lento proceso durante el cual llega a adquirir sus características máximas son circunstancias que, una vez adquirida la práctica de su empleo, lo hacen superior al acero, desde el punto de vista de las facilidades que ofrece para su trabajo.

Aleaciones ultraligeras

Puestas a punto en Alemania hace ocho o diez años, su empleo se va extendiendo y están hoy aceptadas para elementos, accesorios o piezas fundidas de considerables espesores. Son muy sensibles a la corrosión por el agua del mar. Su técnica está en completo período de evolución y es de esperar que, mejoradas sus características y puesto a punto alguno de los métodos que se estudian para protegerlas, sea un nuevo elemento que, puesto al alcance del constructor para su empleo, no solamente en piezas accesorias, sino para constituir casi totalmente la superestructura de los aviones, mejore enormemente las relaciones entre el peso útil al peso total y contribuya a un nuevo y decisivo paso en la utilización comercial de la Aviación.

El porvenir no está limitado a los metales ligeros citados. Recientemente han dado cuenta las revistas de la obtención del glucinio, de densidad 1,6, de un módulo elástico muy superior al del acero (30.000 contra 20.000). Se ensaya su incorporación, en pequeñas proporciones, al aluminio, a fin de lograr una aleación de características muy superiores a las actuales.

De la anterior exposición se deduce el convencimiento de que, lejos de existir una rivalidad en lo que se refiere a materiales metálicos, éstos se complementan felizmente.

El acero y el duraluminio, dichosamente combinados, en la construcción de aviones, es ya fórmula actual que ha

dado felices resultados. El avión Breguet 33 ha desarrollado, en un recorrido de 11.000 kilómetros, una velocidad comercial no igualada hasta la fecha en distancias análogas. En un porvenir inmediato veremos ya aplicada la feliz fórmula de aceros de alta resistencia para la estructura, y aleaciones ultraligeras para la superestructura.

Esto, a menos que la metalurgia de los metales ligeros y ultraligeros, en la cual los trabajos intensivos de los especialistas datan apenas de diez años, no efectúe tales progresos que sea necesario dar a una época próxima el calificativo de la edad del aluminio, como ya predicen algunos espíritus quizá excesivamente avanzados.

II

ORIENTACIONES ACTUALES EN LAS FÓRMULAS DE AVIONES

La forma definitiva del avión, en íntima relación con su estructura interior, está aún lejos de alcanzarse. No cabe duda que ha de llegar el momento en que la mayor parte de los constructores orientarán sus concepciones hacia dos o tres fórmulas fundamentales que se hayan revelado como más ventajosas, según las aplicaciones en que hayan de utilizarse, y que, a partir de este momento, los progresos en las células serán lentos y estarán siempre limitados por los medios que la metalurgia ponga al alcance de los constructores. Mientras tanto, todo ingeniero constructor que en el momento actual deba establecer un proyecto de avión, encuentra su atención solicitada por las soluciones más diversas. Desde la clásica fórmula del biplano con sus marañas de montantes y tensores, tan en boga en Inglaterra, hasta las soluciones más fieles a los principios aerodinámicos que Rohrbach se obstinó en implantar con tan poca fortuna en Alemania, toda una variadísima gama intermedia se ofrece a la tentación del proyectista.

No entraremos a analizar comparativamente las diversas soluciones, ya que ni la extensión de este trabajo, ni la competencia del que esto escribe, lo permiten.

Únicamente señalaremos la tendencia últimamente manifestada hacia la solución del monolarguero, en contraposición con el sistema de largueros múltiples, y dentro del citado sistema, las dos soluciones de encomendar al mismo la absorción de los esfuerzos de la flexión y torsión, adoptando largueros de sección cuadrada o eles; siguiendo con éstos en la forma clásica de momento de inercia más elevado, con respecto a un eje.

Las ventajas del monolarguero son, como es sabido, la de la mayor facilidad de cálculo con respecto a las estructuras de largueros múltiples y líneas sobrantes y la posibilidad de situarlo en el punto de altura máxima del ala, permitiendo aumentar la del larguero. Otra ventaja muy interesante es la de que, al concentrar en un solo elemento todos los esfuerzos resistentes, las secciones resultantes para el material son más importantes, los aceros de alta

resistencia pueden ser empleados en secciones más apreciables, y con ello, y a base del empleo de los superiores a 110 kilos, se pueden lograr estructuras más ligeras que con cualquier otro material, sin que el problema de deformaciones locales limite ya su empleo.

De otro lado, una de las causas que indudablemente influye en los elevados coeficientes de ensayo estático hoy exigidos, es la influencia que un defecto de fabricación tiene en un perfil de dimensiones reducidas. En los grandes aviones construidos por el sistema de monolarguero, los espesores de las zapatas llegarán a ser considerables (87 milímetros de espesor en los sitios de momento de flexión máxima es el espesor de la zapata del larguero del Devoitine «*Trait d'Union*»).

Cesa así esta causa de inseguridad que tanto preocupa al constructor. En el Dornier Do X, aun sin llegar a la solución monolarguero y fundándose precisamente en esta razón, ha podido reducirse considerablemente el coeficiente de ensayo estático por los grandes espesores dados por el cálculo, y fué precisamente el deseo de llegar a estos grandes espesores en la construcción una de las razones que decidió a Dornier a excluir el acero en aquellos momentos.

El propio Fokker, tan aferrado a su clásica ala de madera, evoluciona francamente a la construcción metálica. Ha necesitado, sin duda, una razón en que apoyarse para poder renunciar a su clásica argumentación en favor de la madera, y para él la solución del monolarguero ha sido la tabla de salvación.

En el avión Fokker F VII-3, monolarguero, construido en Inglaterra, se ha llegado, para un mismo coeficiente de seguridad, a un peso de ala por metro cuadrado de seis kilos, resultado sin precedente en un ala cantilever, consiguiéndose así una estructura de ala con un peso total de 372 kilos contra los 614 que pesa el ala Fokker normal, en madera, o sea cerca del 40 por 100 de economía, lo que mejora enormemente las posibilidades comerciales y militares del avión.

La estructura clásica de dos largueros, derivada lógicamente de la construcción biplana, con sus dos filas de montantes y diagonales, no tiene razón de ser en la fórmula Cantilever y ha de desaparecer más o menos pronto. Además de la casa Monospar, que fué la primera que presentó esta solución en el Salón Olimpia, de Londres, la han adoptado ya Devoitine, Fokker, B. F. W. y el propio Breguet en sus tipos 27, 33 y 41 para la estructura del ala inferior.

Métodos de construcción

En lo que se refiere a los métodos de construcción, dos orientaciones principales van ganando terreno en todos los países. Una de ellas se refiere a la construcción en tubos de acero de altas características, soldados a la autógena, con tratamiento térmico ulterior de los conjuntos así

constituídos, a que ya nos hemos referido anteriormente. Esta forma de construcción tiene determinadas limitaciones por reducirse a utilizar necesariamente los materiales en sus formas redonda, cuadrada o elíptica, lo que reduce, como hemos dicho, la libertad del constructor.

El otro método a que nos hemos referido consiste en liberarse de estas formas cerradas, utilizando exclusivamente perfiles abiertos, formados por bandas, perfiles a cuya estandarización se llegará indudablemente el día en que las formas de aviones se hayan concretado ya más que en la actualidad; sin embargo, es ya una facilidad para todo constructor el poder aprovisionar sus almacenes casi exclusivamente de bandas metálicas y tener en sus propias fábricas los medios necesarios para poder transformar dichas bandas en los perfiles adecuados que el cálculo de sus aviones haya demostrado como más convenientes. Estos perfiles, en unión de piezas embutidas o matrizadas, constituyen, por remachado, los elementos que han de componer la estructura del avión.

Yo creo que este segundo método, convenientemente estandarizado el día de mañana, es el que ha de subsistir más principalmente. Es el adoptado en la nueva familia de aviones *Breguet*, en la que los tubos de todas clases, piezas matrizadas y tirantes de acero, han sido completamente eliminados.

Distribución de potencias

La preferencia observada en estos últimos años hacia el aparato trimotor, que ha hecho que esta fórmula se haya

extendido considerablemente, parece que va cediendo para dar paso a la fórmula de distribución de potencias, en virtud de la cual el total reunido en tres motores sea fraccionado en cuatro, que puedan adoptar distintas posiciones, pero entre las cuales se observa una tendencia muy señalada a la disposición en tándem bajo las alas.

Aunque aerodinámicamente existan soluciones más recomendables, es lo cierto que esta disposición está dando pruebas de constituir una fórmula de mayor seguridad, con la ventaja, muy apreciable tanto militar como comercialmente, de dejar libre todo el volumen del fuselaje.

Es por ello por lo que, sin duda, adoptan ya estas soluciones, en sus recientes prototipos, Farman, Bleriot, Dornier, Vickers y muchos otros.

Antes de terminar, citaré unas cifras impresionantes, publicadas recientemente.

Desde 1914 a 1918 se han construido 200.000 aviones y 250.000 motores, a fin de mantener los efectivos aéreos de la guerra; de estas enormes cifras, correspondieron a Francia 51.000 aviones y 92.000 motores. Francia se proponía, por su parte, tener en pie de guerra 4.200 aviones, lo que no consiguió con un ritmo de producción diario de 100 aviones y 150 motores. El desgaste de material llegó a ser ¡de un 50 por 100 mensual!

Es por esto, sin duda, por lo que *E. Bouche* califica de «Fuego de paja» todo el poder aéreo de la «Pequeña Entente», ya que no está sostenido por una sólida industria. Procuremos que el nuestro lo esté y que no sea también «Fuego de paja».

AVIÓN MODERNO DE PASAJEROS



Vista de uno de los aviones *Consolidated Fleetster* tipo 17-A, adquiridos recientemente por las *Ludington Lines* para el trayecto Washington-New York. Este trayecto, de 338 kilómetros, con salidas de hora en hora, es recorrido en ochenta minutos por los nuevos aviones. Van provistos de un motor *Wright «Cyclone»*, de 550 cv., conducen nueve pasajeros a una velocidad normal de 250 kilómetros por hora, con una máxima de 288 y una mínima de aterrizaje de 80 a 90 solamente. Lleva ruedas *super-ballon* y tiras de caucho en los bordes de ataque de alas y cola, para evitar el deterioro que en ellos produciría la lluvia a la elevada velocidad de crucero de estos aparatos.