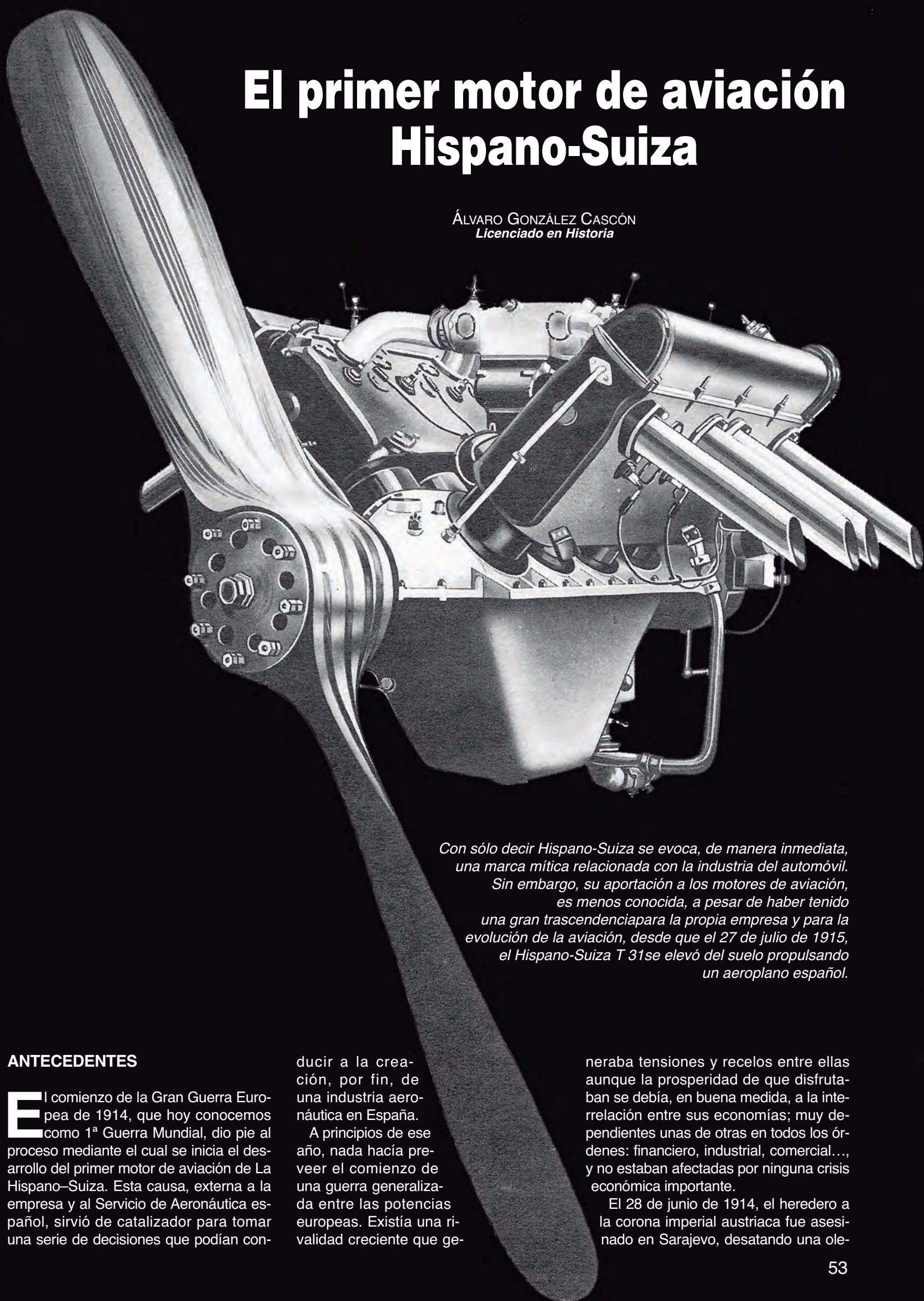


El primer motor de aviación Hispano-Suiza

ÁLVARO GONZÁLEZ CASCÓN
Licenciado en Historia



Con sólo decir Hispano-Suiza se evoca, de manera inmediata, una marca mítica relacionada con la industria del automóvil. Sin embargo, su aportación a los motores de aviación, es menos conocida, a pesar de haber tenido una gran trascendencia para la propia empresa y para la evolución de la aviación, desde que el 27 de julio de 1915, el Hispano-Suiza T 31 se elevó del suelo propulsando un aeroplano español.

ANTECEDENTES

El comienzo de la Gran Guerra Europea de 1914, que hoy conocemos como 1ª Guerra Mundial, dio pie al proceso mediante el cual se inicia el desarrollo del primer motor de aviación de La Hispano-Suiza. Esta causa, externa a la empresa y al Servicio de Aeronáutica español, sirvió de catalizador para tomar una serie de decisiones que podían con-

ducir a la creación, por fin, de una industria aeronáutica en España.

A principios de ese año, nada hacía prever el comienzo de una guerra generalizada entre las potencias europeas. Existía una rivalidad creciente que ge-

neraba tensiones y recelos entre ellas aunque la prosperidad de que disfrutaban se debía, en buena medida, a la interrelación entre sus economías; muy dependientes unas de otras en todos los órdenes: financiero, industrial, comercial..., y no estaban afectadas por ninguna crisis económica importante.

El 28 de junio de 1914, el heredero a la corona imperial austriaca fue asesinado en Sarajevo, desatando una ole-

ada de reacciones entre las potencias, obligadas unas con otras por Alianzas contraídas desde finales del S. XIX. Alemania, Austria-Hungría e Italia formaban la Triple Alianza, desde 1892, matizada posteriormente por un acuerdo secreto entre Rusia e Italia mientras que, la Triple Entente, vinculaba a Inglaterra con Francia y Rusia. Todas ellas acabaron entrando en guerra entre si; configurando dos bandos: el de las Potencias Centrales (Alemania y Austria) frente a los aliados en la Entente (Francia, Rusia, Gran Bretaña y, al final, Italia) como principales protagonistas iniciales. Entre el 28 de julio y el 12 de agosto las declaraciones de guerra se sucedieron entre todos los países involucrados.

En aquellas circunstancias, la situación de la Aeronáutica Militar podía quedar afectada, pues ninguno de los fabricantes de aeroplanos y motores en servicio era español y los proveedores exteriores no tenían establecimientos de producción en España. Lo mismo ocurría con los repuestos necesarios para mantener los aparatos en orden de vuelo.

El día 5 de agosto el gobierno español, presidido por Eduardo Dato, opta por la neutralidad. El 7 –Alemania declara la guerra a Francia el día 3 y el 4 las tropas del Káiser entran en Bélgica– el capitán Alfredo Kindelán¹, jefe de la Aviación, salió para Barcelona en comisión de servicio con la intención de solicitar a los industriales del sector del automóvil, que fabricasen motores de aeroplano. Visitó, entre otras casas, la HISPANO-SUIZA y Elizalde. Para facilitar las cosas puso a disposición de éstos, motores que eran,



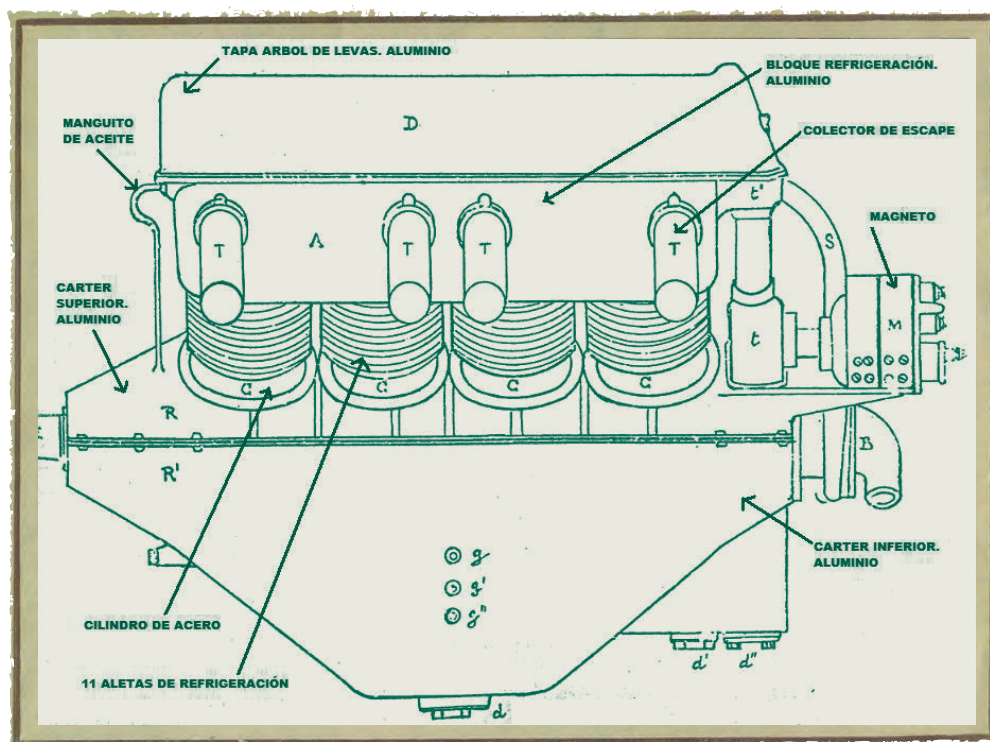
básicamente, de dos tipos: uno *rotativo* refrigerado por aire y el otro de 6 cilindros en línea enfriado por agua. Lo que se pretendía era que los motores fuesen suministrados desde el interior de España para el Servicio de Aeronáutica Militar y, así, dejar de depender de fabricantes foráneos pues tenían la seguridad de que no iban a recibir los pedidos pendientes, como efectivamente ocurrió. Kindelán regresó a Madrid el 16 del mismo mes.

La preocupación por el desabastecimiento se extendía al armamento de guerra más novedoso y moderno. Una vez consumido el stock, volver a importarlo no iba a ser fácil –en este caso la disponibilidad presupuestaria no sería el escollo–. Las industrias de material de guerra de las naciones en conflicto se iban a encontrar con un exceso de pedidos que atender y la prohibición de exportar a terceros países. Dentro de este material se encontraban las bombas Carbonit (utilizadas por primera vez en combate sobre el Rif –por los capitanes Barrón y Cifuentes– el 17 de diciembre de 1913). En abril de 1914 se realizaron vuelos en escuadrilla con lanzamiento de bombas usando visores de puntería. De manera que el 8 de agosto, el propio Jefe del Servicio de Aeronáutica, Pedro Vives, se desplazó a la fábrica de pólvoras de Granada para solicitar su fabricación ya que el proveedor era austriaco².

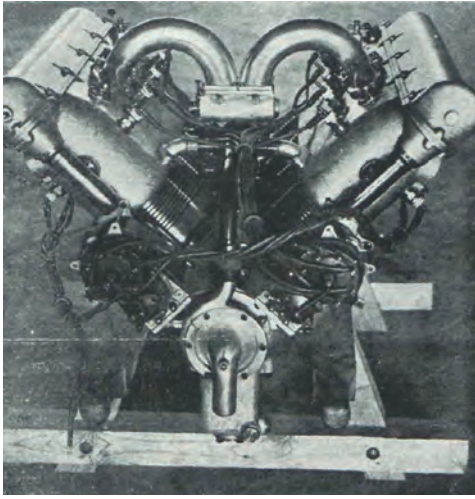
Vista la cronología de propagación en sólo unos pocos días de la Gran Guerra, no se toman decisiones –en una dirección nunca antes seguida– si no es porque ya se tenía formado un juicio sobre las posibles consecuencias, así como una gran claridad de ideas para contrarrestarlas. Las actuaciones de la cúpula de la Aeronáutica son obra de conversaciones verbales mantenidas con los superiores en el mando y el Ministro de la Guerra y, por ende, las autorizaciones que se dan también lo son³. Este procedimiento, permitió la actuación inmediata.

Para resolver el problema de los aviones, se llamó al capitán de Ingenieros Eduardo Barrón, incorporándose el 1 de septiembre, el cual había organizado los talleres de Cuatro Vientos. En el verano de 1914 era jefe de escuadrilla en el aeródromo de Tetuán; siendo uno de los 3 pilotos con más horas de vuelo junto con el teniente Martínez Baños y el capitán Bayo de entre los 43 pilotos de 1ª categoría⁴ disponibles en el Servicio. En el otoño de 1914 confeccionó los planos de un nuevo avión –basado en el Löhner austriaco con algunas modificaciones–, el Barrón “Flecha” que voló, por primera vez, el 5 de abril de 1915 y del que se construyeron 6 unidades en los propios talleres de Cuatro Vientos. Por su parte el ingeniero militar y piloto, Ortiz-Echagüe, desde su situación de supernumerario⁵, dirigirá la fabricación de 12 aviones Farman MF-7 y 12 “Flecha” en la empresa Carde y Escoriaza de Zaragoza. Para las cortas series que se construyeron en esos años, se consiguió nacionalizar o importar todo lo necesario. En el caso de los primeros “Flecha”, los radiadores los fabricó Corominas y las hélices Bianchi, ambos en Madrid⁶. En agosto de 1915, el Comandante Emilio Herrera y el Teniente de Navío Viniegra, se desplazaron a Estados Unidos para adquirir aviones Curtiss JN-2 en versión terrestre y con flotadores; cuyos motores se adquirieron también para equipar a los nuevos biplanos que estaban pendientes de la entrega de los motores de fabricación nacional (ver cuadro 1).

Es Vives quien impone su criterio en todas estas actuaciones. Hasta entonces, y desde los comienzos de la Aeronáutica, había establecido una norma de actuación, en cuanto a la necesidades de material para el servicio: era preferible que estuviese ya experimentado y probado. Siempre se había opuesto a que, con el escaso presupuesto de que disponía, se hiciesen gastos en pruebas y desarrollos experimentales de prototipos⁷. De manera que, al comienzo de la Guerra, el Director del Servicio de Aeronáutica, Pedro Vives, y su grupo primigenio de inge-



Dibujo de la primera versión del prototipo HISPANO-SUIZA T-31 con 11 aletas de refrigeración.



Motor Hispano-Suiza T 31 N° 3747, 140 CV, refrigeración aire-agua de 8 aletas. Vista posterior. Publicada en el Heraldo Deportivo el 5 agosto 1915.

nieros-pilotos (Alfredo Kindelán, Emilio Herrera, Eduardo Barrón y José Ortiz-Echagüe) —que lideraba desde que convergieron en el Servicio de Aerostación durante la primera década del siglo— reaccionaron como si ellos mismos hubiesen sido atacados por el enemigo, para satisfacer las necesidades de material de vuelo y armamento e intentar seguir los avances y nuevas aplicaciones bélicas de la aviación.

De la gestión de Kindelán existe confirmación pues, el 4 de septiembre, el Consejo de Administración de la HISPANO-SUIZA se hace eco de la visita de agosto, como así consta en las actas: “se da cuenta de que el aviador militar Sr. Kindelán ha entregado a los talleres de esta sociedad dos motores de aviación, para construir uno igual al que nuestros técnicos crean más perfecto, asumiendo el Estado cualquier responsabilidad que pudiera ser exigida, al estar patentados dichos motores”⁸.

La Hispano-Suiza fue la que más se apresuró, diseñando y fabricando, en menos de un año, un original motor tipo V8 que, en su primera versión desarrolló 140-150 CV. Elizalde, por su parte, terminaría un motor V8 de 200 CV en 1918, demasiado tarde para ocupar un lugar en el concurrido mercado de los motores de aviación. Hasta entonces, La Hispano-Suiza no había abordado ningún proyecto motorístico para la aviación⁹ y se puede afirmar que, debido a las circunstancias de la guerra y de la petición recibida, aceptará el reto, llevándolo a cabo con un enfoque innovador en su concepción. Consiguiendo, desde el *primer arranque*, superar a todos los demás en relación peso/potencia (160 Kg / 150 CV), con escaso parecido a los que estaban en servicio en España y por lo tanto en Europa. Se convirtió en el más famoso y legendario de la Primera Guerra Mundial siendo,

quizás, el mayor logro técnico español de la primera mitad del S XX.

CONCEPCIÓN DEL MOTOR. 1914

Después de la reunión del Consejo de Administración del 4 de septiembre, hubo varios contactos entre representantes de la empresa y Pedro Vives —él los dejó anotados en su diario—. El 18 de septiembre, Zaracondegui, uno de los empleados de alto rango de la H.S., se entrevista en Cuatro Vientos con Vives¹⁰, seguramente para tratar de concretar las

necesidades de la aviación en cuanto al tipo y número de motores, así como su participación en el proyecto. El 12 de octubre tiene lugar en Madrid otra reunión en la que también está presente Kindelán. Por último, Vives visita la fábrica en Barcelona el 26 de octubre; es probable que obtuviese la confirmación definitiva de la construcción de un motor de aviación en la H.S. y quizás igualmente en Elizalde, fábrica que también visitó.

El Director Técnico de la Hispano-Suiza, Marc Birkigt residía en París en el periodo citado. Esto no quiere decir que no



El capitán Eduardo Barrón proyectista del “Flecha” con motor Hispano-Suiza y piloto del primer vuelo fotografiado el 27 de julio. (Publicada en el Heraldo Deportivo el 5 agosto 1915).

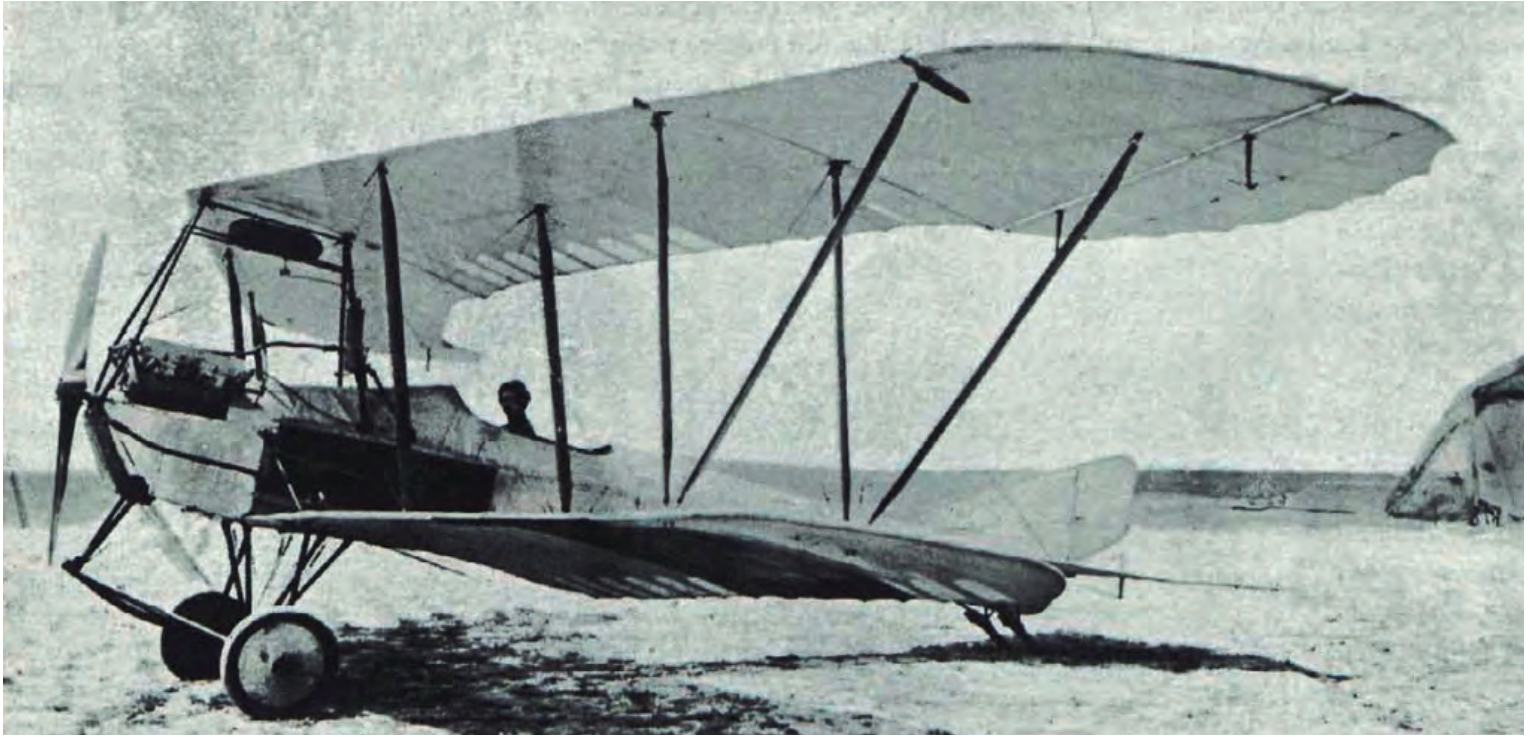
Tipos de motores en servicio en la Aviación Militar Española

Cuadro 1

CODIGO	FABRICANTE	POTENCIA	REFRIGERACIÓN	CILINDROS
28A	ANZANI	28 CV	AIRE	3 /ABANICO
28N	NIEUPORT	28 CV	AIRE	2/ HORIZONTALES
80G	GNOME	50/80 CV	AIRE	9/ROTATIVO
80RH	LE RHÔNE	80 CV	AIRE	7/ROTATIVO
70R	RENAULT	70 CV	AIRE	8/ en V
90D	AUSTRO-DAIMLER	90 CV	AGUA	6/ en LINEA

Fuente: Aeronáutica Militar. Aviación. Estado nº 6, finales agosto de 1915, AGHEA.

No aparece instalado el motor Mercedes, de 6 cilindros y 100 CV en ninguno de los aparatos en servicio.



Dos vistas (arriba y derecha) del "Barrón-Flecha". (Fotos publicadas en el Heraldo Deportivo el 5 agosto 1915).

visitase con regularidad Barcelona, pero no hay constancia documental de que se entrevistase con Vives o Kindelán. Se comenzó a fabricar un prototipo de motor en Barcelona bajo la dirección de Dufour, responsable de la producción de La Sagra, hasta que Birkigt (a caballo entre las dos ciudades) se hizo cargo del proyecto, una vez que fijó su residencia permanente en Barcelona. Se sospecha que el tipo de motor iniciado en Barcelona era un 6 cilindros que aprovechaba las soluciones mecánicas de las generaciones anteriores de motores H.S. o, quizás Dufour solo se ocupó de adquirir los materiales para el prototipo; pues a comienzos de noviembre se solicitan dos magnetos para motor de aviación dentro de un pedido de 100 que se consiguió adquirir, mediante gestiones diplomáticas desde Madrid, a la alemana BOSCH y fue entregado en diciembre a través de Italia, país que todavía no había entrado en guerra. Tenemos aquí la confirmación de que el motor de aviación ya estaba bien encaminado¹¹.

Hasta su retorno definitivo a Barcelona en el otoño de 1914, Birkigt tuvo ocasión de pulsar las nuevas necesidades que la situación bélica generaba y, en consecuencia, demandaba a la industria; llegando a la conclusión de que la aviación era un área de negocio ávido de innovaciones, con pedidos que crecían en rápida progresión. Presionados por el gobierno francés para que la fábrica de Paris participase en el esfuerzo de guerra, a la H.S. le presentaron dos opciones, la de Gnome, fabricante de motores de aviación rotativos, que estaba interesado en alquilar la fábrica para ampliar su producción, la otra era producir obuses de arti-

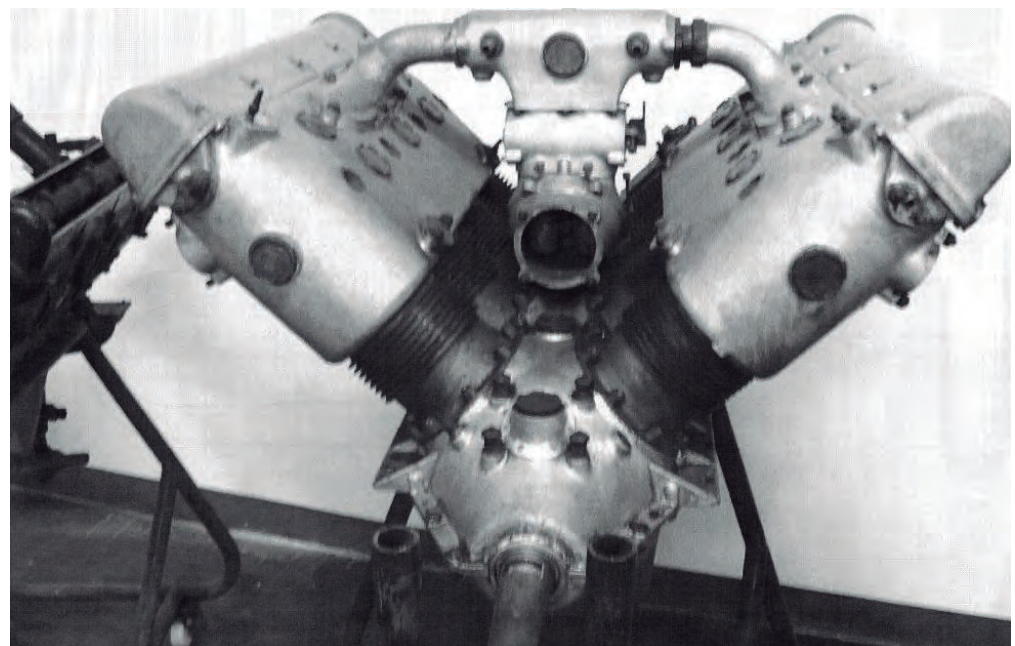
llería, optaron por la primera y recuperaron los chasis y motores sin terminar que habían quedado allí.

En esos momentos posteriores al inicio de la guerra, Birkigt estaba centrado en un nuevo tipo de motor para automóvil que se caracterizaba por un árbol de levas en cabeza. Esta solución le permitió obtener más potencia con la misma cilindrada. Denominado inicialmente T-29, al aumentar su cubijaje pasó a T-30. Es el antecedente inmediato del motor de aviación pues en él comprobó el buen comportamiento del Mando Directo (árbol de levas en cabeza) y del sistema de distri-

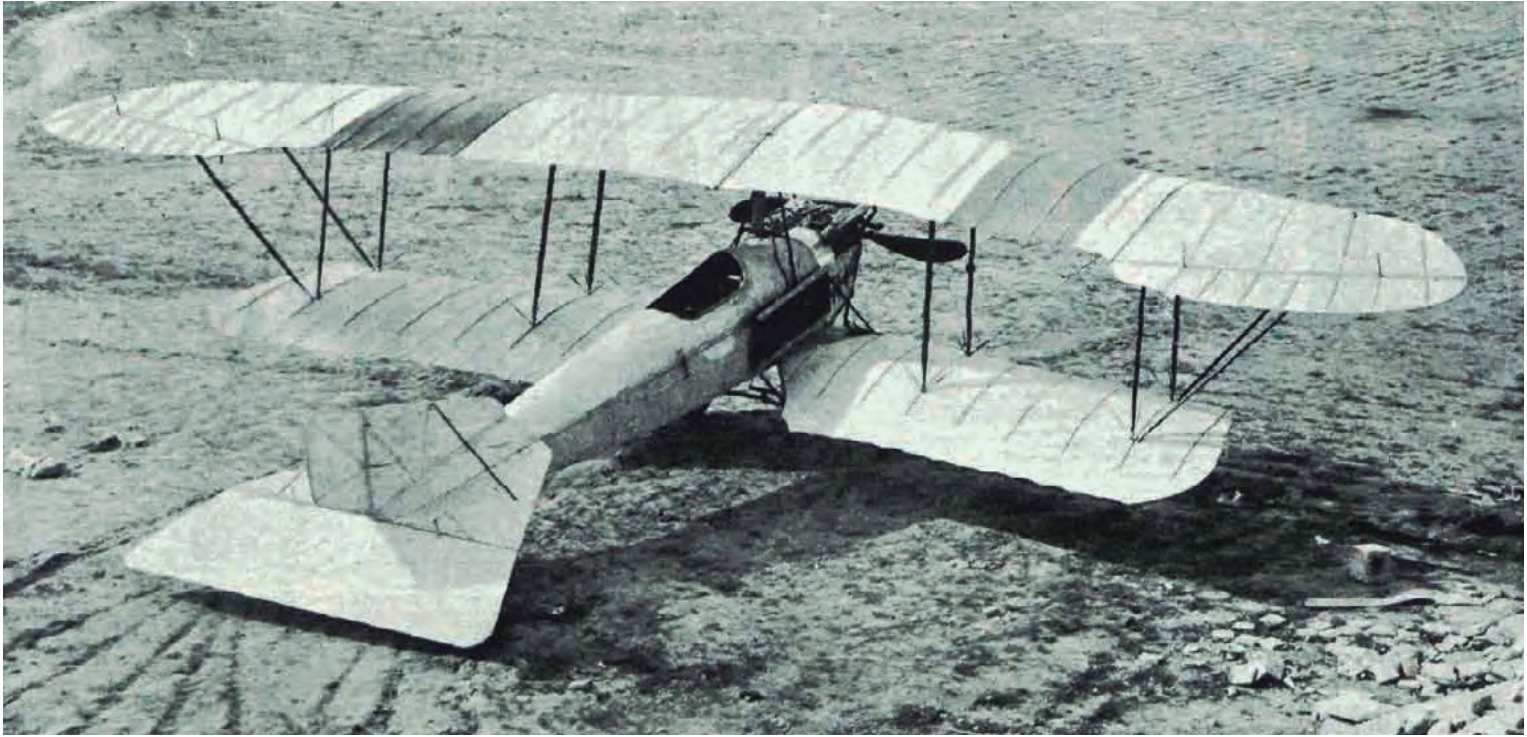
bución vertical. A continuación, y ello nos sitúa en el otoño de 1914, se hizo cargo del motor de aviación, cuyo diseño se basó en una estructura tipo V8, dos bloques de 4 cilindros, de la que nunca antes este proyectista había hecho uso. Se le asignó el nº 31 de proyecto, sería por lo tanto el T-31.

CAMBIO DE RUMBO DESDE EL MINISTERIO DE LA GUERRA

Al final de la cita del consejo de administración de la H.S. del 4 de septiembre se dice "...asumiendo el Estado cualquier responsabilidad que pudiera ser exigida, al estar patentados dichos



Motor Hispano-Suiza T 31 N° 3747 que voló por primera vez el 27 de julio de 1915, se conserva actualmente en el Instituto Politécnico de Turín³⁴.



motores". Es decir, que el Estado español estaba dispuesto a pagar los derechos de fabricación del tipo de motor que eligiese la H.S. Esto supone un cambio de actitud radical en las acciones de gobierno para abastecerse desde dentro del país. Una declaración de intenciones de cara a un futuro inmediato en apoyo de la industria nacional, puesto que el ofrecimiento estaba abierto a las demás industrias del sector del automóvil, demasiado endeble y artesanal todavía. La guerra les brindaba a todas ellas en general y a La Hispano-Suiza en particular, la oportunidad de entrar en los motores de aviación. El ofrecimiento se mantenía dentro de la línea conservadora de no arriesgar y centrarse en lo que estaba probado y funcionaba; no planteaban unas especificaciones superiores a las de los motores existentes, ni un concurso entre ellas. Necesitaban inmediatez, resolver el problema lo antes posible.

Desde el momento en que Birkigt terminó el proyecto T-30 y se ocupó del motor de aviación le dio su propio sello; era innecesario recurrir a las licencias de otros fabricantes. Como había sido hasta entonces y continuó en el futuro, todos los desarrollos abordados fueron financiados por la propia empresa con sus fondos.

Por lo tanto, nada hace suponer que, en el desarrollo del motor de la H.S., se asignase ninguna partida presupuestaria del servicio de Aeronáutica o de otro organismo oficial. La colaboración se centró en el suministro de información y de ejemplares de los distintos tipos de motores. Esto permitió a su proyectista conocer las

ventajas e inconvenientes de los tipos de motores en servicio en España, que era casi como decir en el resto del mundo.

En cuanto a la participación del personal técnico de la aviación militar (ingenieros y mecánicos), resulta difícil pensar en su traslado a Barcelona con dedicación permanente en la tarea de colaborar en el desarrollo inicial del motor o, siquiera, en la puesta en marcha de los motores prestados puesto que otra de las circunstancias de la aviación militar era la escasez de personal y, en el Rif, seguía habiendo operaciones aéreas. Durante

1914, el propio Vives (volando como observador) realizó 18 vuelos en el Marruecos español. En uno de ellos, hizo un aterrizaje forzoso bajo fuego enemigo. De los cuatro aeródromos con unidades aéreas, tres (Tetuán, Arcila y Zeluán) estaban en el continente Africano; el cuarto, era Cuatro Vientos. De los mecánicos existían tres maestros de taller que podían haber intervenido¹², pero, dado su escaso número, no parece que hubiesen podido permanecer mucho tiempo en Barcelona¹³.

Anuncio publicado en diciembre de 1915., del motor de 80 CV De Dion que se instaló en los Farman MF-7.

SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA

Las dificultades en los suministros exteriores fueron percibidas con antelación por la cúpula de la Aeronáutica Militar pero afectaron, de igual modo, y con contundencia, a las empresas a las que se dirigieron para solventar sus carencias. En general toda la industria se vio afectada en sus procesos productivos al depender en exceso del exterior.

La movilización general fue decretada en Alemania y en Francia afectó a la industria, paralizándola en cuestión de horas. En Inglaterra, se recurrió a los voluntarios. La consecuencia inmediata para la fábrica de París en Bois-Colombes fue su clausura, el 2 de agosto, al ser movilizado todo el personal francés al tiempo que el suministro de componentes de proveedores franceses, ingleses y alemanes dejaron de llegar a la fábrica de Barcelona, dificultando enormemente la entrega de los vehículos vendidos y,

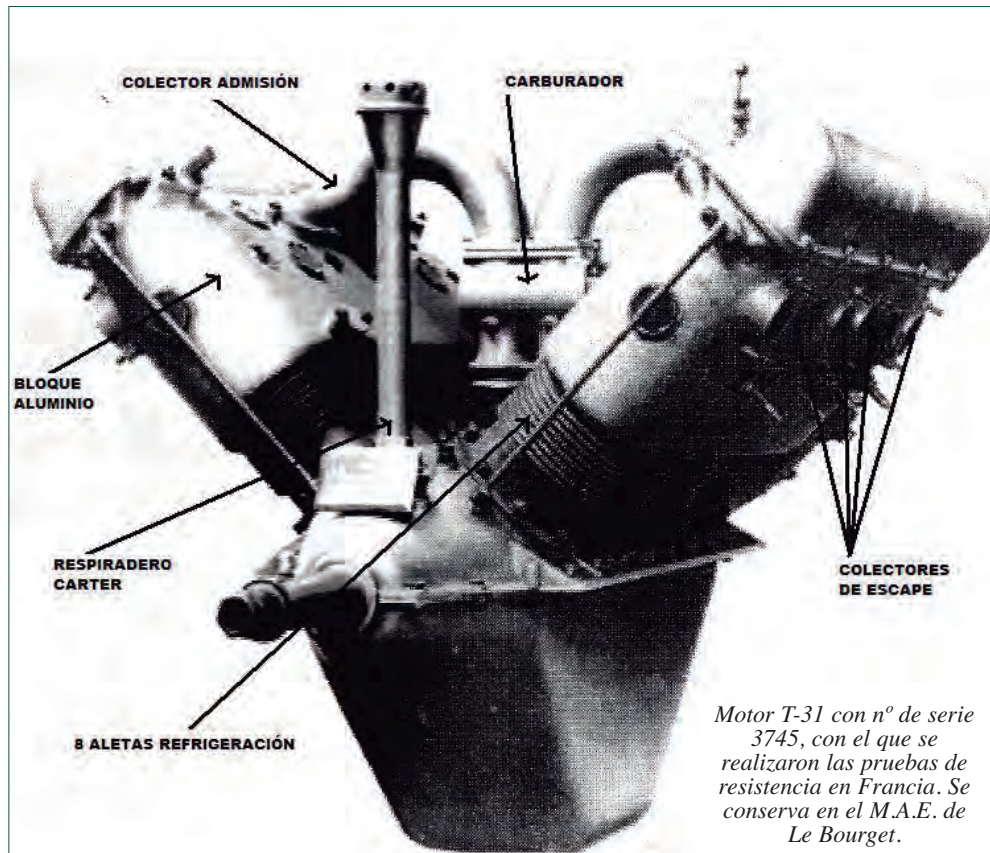
en cuestión de semanas, la entrega de los camiones del nuevo modelo 40/50 de 4.000 kg de carga para los Ministerios de Guerra y Marina, cuyos pedidos, se acumularon a partir de septiembre de 1914.

Con la excepción de la Fábrica Nacional de Trubia, dedicada a la artillería, y que, en principio, quedaba al margen del sector privado, en España no se producía una materia prima tan fundamental para los motores como los aceros especiales que, en distintas proporciones de níquel, cromo y otros metales, se utilizan en las diferentes partes del motor¹⁴. Estos aceros ya se usaban, en tubo, antes de la guerra como elemento estructural de algunos aeroplanos. Tampoco rodamientos, bujías y componentes eléctricos; entre ellos uno fundamental para los motores como eran las magnetos. Todo era necesario para las industrias mecánicas y de ello se vieron privadas las instituciones y las empresas al comienzo de las hostilidades.

En septiembre de 1914, la batalla del Marne paralizó el avance alemán hacia Paris y, a finales del año, los frentes se estabilizaron; siendo fundamental para los contendientes el aumento de la cantidad y calidad del armamento empleado, para intentar romper el equilibrio existente en lo que se dio en llamar guerra de desgaste. Los gobiernos de uno y otro bando exigieron a todas las fábricas dedicar sus producciones al esfuerzo de guerra.

La errónea y generalizada convicción de que la guerra duraría pocos meses, mantuvo a la H.S. en la línea de solicitar maquinaria a sus proveedores ingleses habituales, insistiendo para que atendiesen sus pedidos¹⁵ en vez de buscarlos inmediatamente fuera de Europa y siguió esperando a que le llegaran pedidos de piezas y componentes.

La realidad era que la invasión alemana de Bélgica y el norte de Francia había dejado a esta sin el 80 % del acero que producía¹⁶, quedando Gran Bretaña casi como único proveedor de tan vital materia prima. La H.S. solicitó el suministro de aceros especiales a la Fábrica Trubia, de la que obtendrían, durante la guerra, no sólo lingotes de acero al cromo níquel, sino también piezas de acero estampado de la fábrica de armas de Oviedo¹⁷. La búsqueda de proveedores en el interior del país se hizo muy difícil por verse los fabricantes desbordados de pedidos a causa de la guerra y por la insuficiente calidad, en muchos casos, de los materiales. La escasez de personal cualificado, era otra de las dificultades, recurriéndose incluso a la búsqueda de exiliados extranjeros llegados a España. En fin, no solo aumentar la producción conllevaba vencer grandes dificultades; simplemente



Motor T-31 con nº de serie 3745, con el que se realizaron las pruebas de resistencia en Francia. Se conserva en el M.A.E. de Le Bourget.



atender los pedidos pendientes de entrega, cuando comenzó la guerra, se convirtió en una carrera de obstáculos.

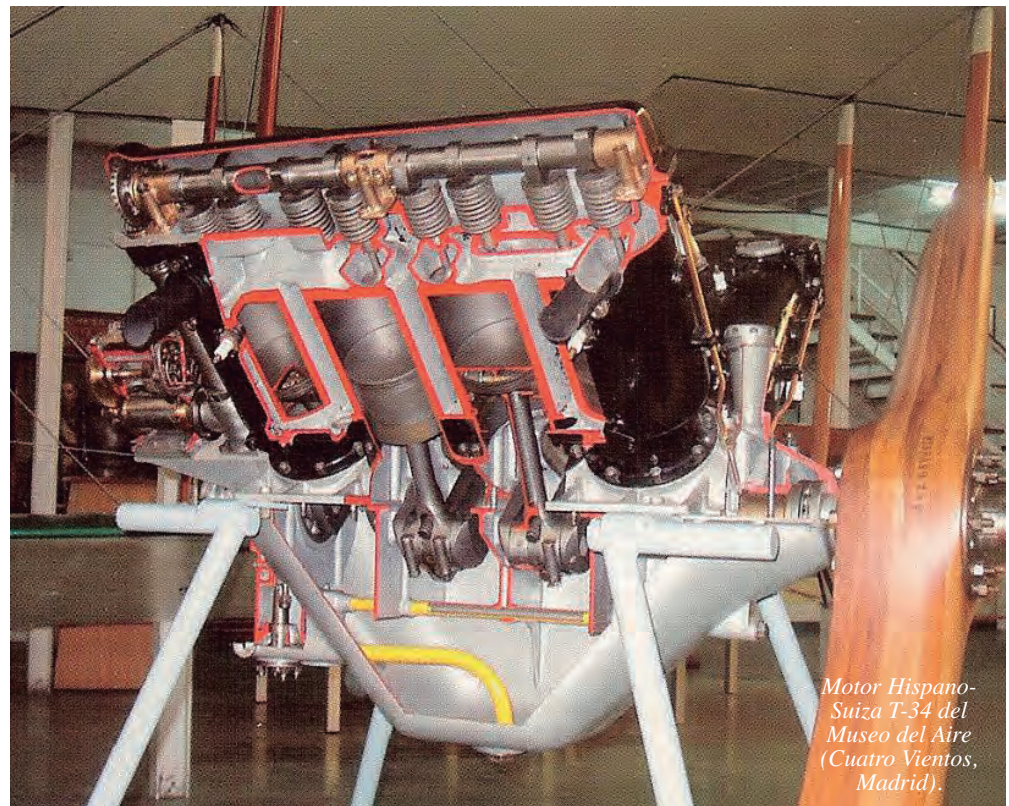
EL REY ALFONSO XIII Y EL GOBIERNO

La acumulación de pedidos estatales españoles en septiembre de 1914 y el retraso en cumplimentarlos por las circunstancias bélicas, iba parejo con la

presión que periódicamente ejercían el Rey Alfonso XIII y el gobierno, para que atendiesen a los pedidos pendientes de entrega, y aumentase la capacidad de producción e, incluso, que orientasen la fabricación hacia el armamento ligero y pesado¹⁸. La actitud de la H.S. era la de ganar tiempo con sus clientes mientras esperaba que la guerra terminase pronto o que, al menos, sus proveedores habituales pudiesen satisfacer sus necesidades pero lo cierto es que la escasez de



1916. Biplano Delta con "timones de balance". Eduardo Barrón continuó desarrollando, con este tercer avión, la formula Lhoner; no se fabricó ninguna serie para el Servicio. Los timones de balance eran un dispositivo con el que pretendía mejorar la estabilidad lateral y aunque aparecen con una instalación fija, estaban pensados como elementos aerodinámicos que se desplegaban durante el vuelo, cuando fuese necesario. Se observa un depósito de combustible sobre el ala y el puesto de observación muy próximo al motor. Lleva instalado el Curtiss V8 de 100 CV, posteriormente sería sustituido por el Hispano-Suiza.



Motor Hispano-Suiza T-34 del Museo del Aire (Cuatro Vientos, Madrid).

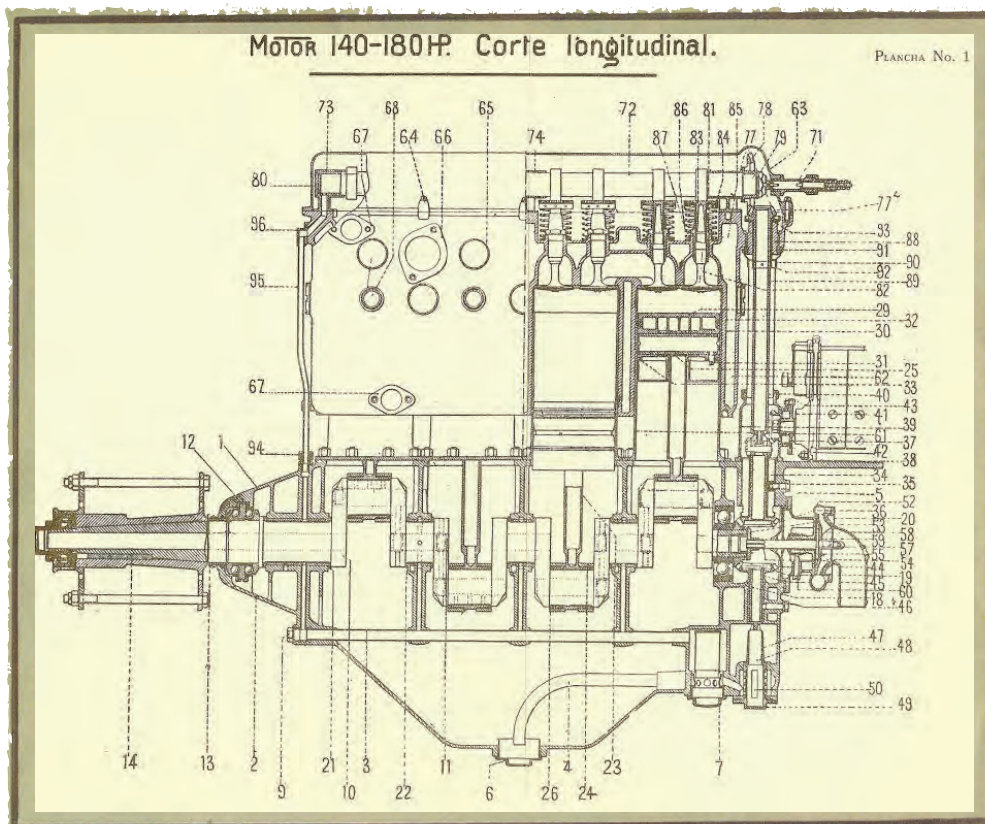
suministros se agravó con el paso del tiempo. Periódicamente, el monarca advertía del peligro de que la H.S., en caso de que no pudiera atender los pedidos oficiales, los perdería y éstos serían solicitados a empresas extranjeras (tanto de vehículos como de motores de aviación). Por ello les incitaba al aumento de la capacidad productiva. Se estaba dejando pasar la oportunidad de abastecer el mercado español liberado de la concurrencia de los fabricantes europeos.

Un año después del comienzo de las hostilidades (a mediados de 1915) se decide recurrir a Estados Unidos para comprar maquinaria y componentes; el Consejo de Administración de la H.S. establece el objetivo de fabricar 600 motores anuales, tanto de vehículos como de aviación y, a finales de año, se impone la meta de llegar a los 1.000, lo antes posible, en la fábrica de Barcelona¹⁹.

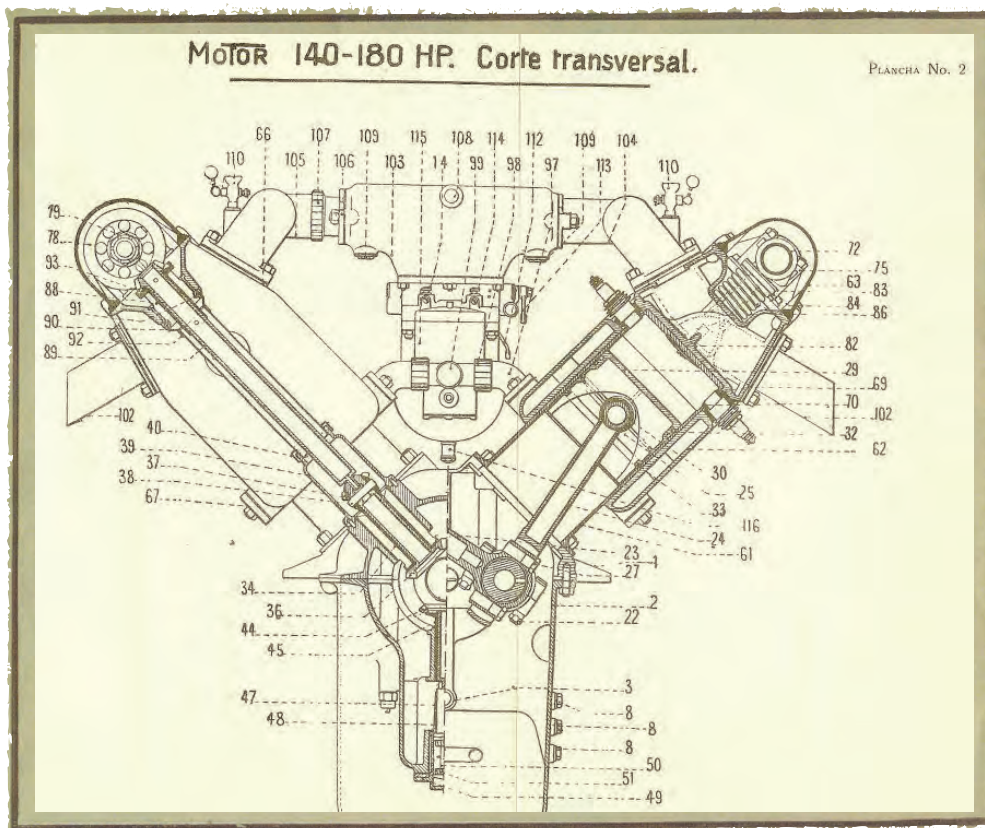
Es necesario resaltar que mientras que la preocupación del Rey Alfonso XIII res-

pecto a la capacidad productiva de la H.S. es anterior al comienzo de la guerra -pues ya en 1913 había expresado a Damián Mateu que le parecía escaso el número de unidades que fabricaban frente al éxito y prestigio de la marca a nivel internacional-, el Gobierno sólo muestra interés durante la guerra. Una vez pasada, éste desaparece.

La curiosidad del Rey no se centraba exclusivamente en esta empresa, sentía atracción por la industria en general y for-



Gráficos del motor Hispano-Suiza, utilizado para la formación del personal de mantenimiento del Servicio de Aeronáutica Militar.



maba parte de su visión de conjunto para el progreso del reino. Ejemplo de ello son sus aportaciones de capital a nuevos proyectos que estaban estancados y consideraba de interés general, incluso convencía a cortesanos, la mayoría grandes terratenientes, para invertir en sociedades de nueva creación como el Metro de Madrid o en ampliaciones de capital, de empresas ya existentes, para que pudiesen abordar nuevos proyectos.

LA SOCIEDAD HISPANO-SUIZA DE AUTOMÓVILES

La sociedad *La HISPANO-SUIZA, Fábrica de Automóviles S.A.*, se constituyó en Barcelona el 14 de junio de 1904, pocos meses después de la realización del primer vuelo controlado de un aparato aéreo con motor, es decir de un avión, realizado por los hermanos Wright²⁰; comenzando así un continuo y acelerado

desarrollo de la aviación. En la nueva empresa destacan dos hombres: Damián Mateu, empresario y Marc Birkigt, ingeniero de nacionalidad suiza residente en Barcelona desde 1899. Éste, aportaba la experiencia acumulada en la construcción de automóviles en dos sociedades anteriores radicadas en Barcelona que, de manera sucesiva, habían ido a la quiebra, haciéndose cargo la nueva sociedad HISPANO-SUIZA, tanto de los activos como de los pasivos y dando continuidad, esta vez con éxito, al diseño, fabricación y comercialización de motores y chasis para vehículos automóviles. La creación de la primera de estas empresas (1899), se debió a un emprendedor oficial del ejército, Emilio de la Cuadra, formado en la Academia de Artillería, supernumerario del Arma, con el fin de fabricar vehículos eléctricos en Barcelona y en la que entró a trabajar Birkigt, construyendo su primer automóvil con motor de explosión de 2 cilindros y 7 CV de potencia. Emilio de la Cuadra vendió la empresa en 1902, cambiando su razón social a *Constructora Hispano-Suiza de Automóviles J. Castro* —antecesora de la definitiva Hispano-Suiza— marca que, en 1914, ya disfrutaba de una gran solidez financiera y renombre internacional, además de una fábrica sucursal en París desde 1911.

El acuerdo al que llegó Birkigt en 1904 incluía, amén de un elevado sueldo, el acceso a la participación en beneficios y el derecho a patentar a su nombre, aunque dentro de la empresa, las innovaciones a las que su creatividad diese lugar; siendo financiados, siempre por la propia compañía, los gastos para los prototipos. Este arreglo laboral, dio a la empresa estabilidad y progreso tecnológico, al permanecer siempre fiel a la misma, el genio creativo en que, con el paso del tiempo, se convirtió Marc Birkigt²¹.

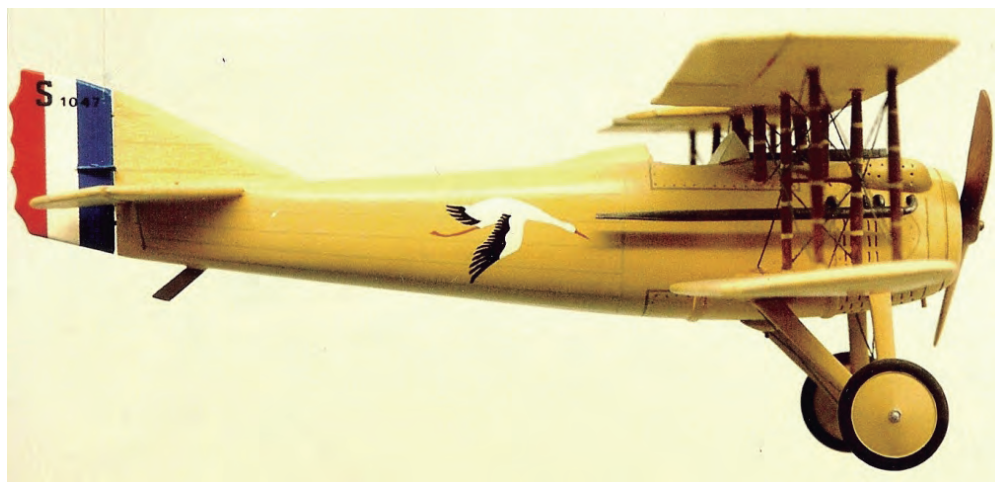
El Consejo de Administración de la sociedad, presidido por Damián Mateu, debatía y, en su caso, aprobaba el desarrollo de motores y chasis que el director técnico, Birkigt, sugería en un continuo avance y progreso técnico. Birkigt era también responsable de la organización de la producción y en 1914 disponía de un segundo director técnico, David Dufour, responsable de la producción en Barcelona mientras él estaba en la sucursal de París. Birkigt, contaba además con otros ingenieros en su equipo que fue reforzado durante el periodo bélico con el inglés Charles Catherine. Para la ampliación de las fábricas y reorganización de la producción, se contrató en 1916 a Ricardo Goytre Bejarano, ingeniero militar. El acopio de piezas y componentes era externo en su totalidad. Las piezas de

fundición y forja se encargaban a otras empresas, casi todas extranjeras (fundamentalmente francesas) al no disponer la HISPANO-SUIZA de fundición ni de prensas para la estampación de grandes piezas y ser prácticamente inexistente en España la industria auxiliar metalúrgica. El diseño de los motores, cajas de cambio y chasis era propio así como sus piezas y componentes, incluso los carburadores. En la fábrica de La Sagrera se hacía el mecanizado mediante un completo parque de maquinaria (tornos, fresadoras, rectificadoras, etc.) y utillajes específicos desarrollados para cada modelo, en la propia fábrica. Esta discontinuidad del sistema productivo estaba generalizada en la industria española.

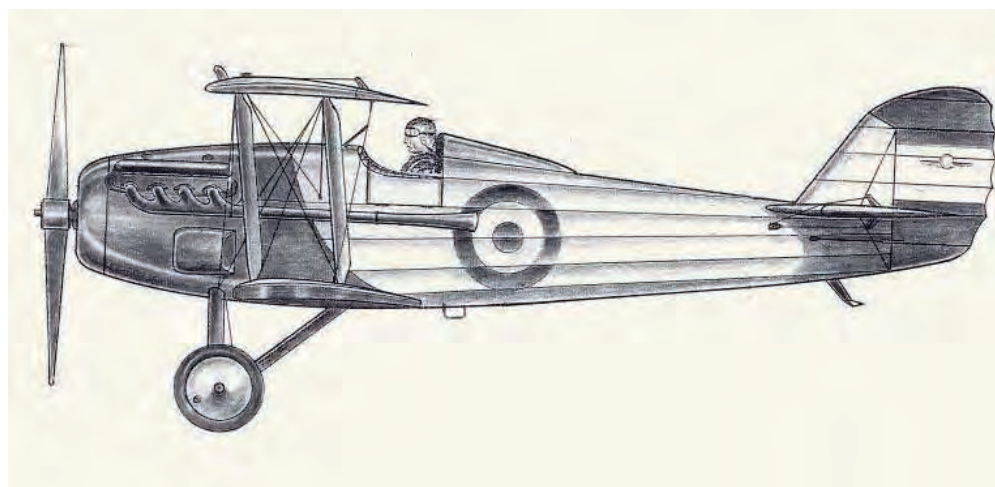
En síntesis, La Hispano-Suiza era una empresa con una capacidad de generar tecnología que no guardaba relación con su capacidad productiva, pues era capaz de recuperar las inversiones en investigación y desarrollo, (lo que hoy se denomina I+D+i)²², rápidamente y repartidos sus gastos en una pequeña cantidad de unidades producidas y vendidas. En 1914 ni siquiera se había planteado la producción en cadena, ni la integración vertical. A causa de la guerra, las cantidades obtenidas por la cesión de los derechos de fabricación a los países aliados alcanzaron cifras astronómicas.

EL PRIMER PROTOTIPO. 1915

El tiempo transcurrido desde que Alfredo Kindelán se personó en la fábrica de La Sagrera a primeros de julio del año 1914, se aprovechó con notable eficacia por parte de La Hispano-Suiza. La construcción había empezado en noviembre. Como ingeniero, Birkigt arriesgó mucho para lograr un motor superior a los existentes. Lo más innovador en cuanto a materiales, fue la utilización de aluminio en el bloque que unía las cabezas de los 4 cilindros de cada bancada y por el que circulaba el agua de refrigeración; pero también en el carter –componente de grandes dimensiones al que se atornillaban los cilindros de acero– y, lo más difícil todavía, en los pistones expuestos en la cámara de combustión a elevadas temperaturas. En realidad la refrigeración era mixta, pues en la parte inferior de los cilindros esta tarea de disipar el calor estaba encomendada al aire que circulaba libremente alrededor del motor. El *mando directo* ya estaba funcionando en el motor de automóvil T-30 y, aunque era todavía un prototipo, la velocidad de giro de este motor multiplicaba por dos la del motor de aviación funcionando perfectamente.



SPAD S VII motor Hispano-Suiza 150 CV. V8. (Maqueta a escala del Museo Alemán, Munich).



Caza Hispano – Barrón, fue el mejor de los aviones españoles que instalaron el motor Hispano-Suiza V8. Dibujo de Marcelino Viejo Canalejas.

A mediados de febrero se realizan, de manera parcial, las primeras pruebas del prototipo del motor de aviación²³. Cada bloque de cuatro cilindros se ensayo por separado, lo que dio una idea de la potencia final que se podía obtener: unos 150 CV.

A los pocos días, Mateu en presencia de Vives, se entrevista con el Rey en Madrid y le lleva los planos del nuevo motor (el proyecto T-31). El Consejo de Administración autoriza, a continuación, los fondos para la fabricación de seis motores y así completar el desarrollo del mismo.

EL NUEVO MOTOR NO ES UN SECRETO

En marzo, Marc Birkigt viajó a Paris y, el 26 presenta al Consejo los resultados de sus indagaciones sobre las necesidades de motores de aviación y un

análisis comparativo entre su motor y los que se encontraban en servicio. Esta especie de estudio de mercado, realizado con algunos fabricantes de aeroplanos, como Farman y Morane-Saulnier (la fábrica H.S. de Paris se cedió en alquiler por 5 meses a Gnôme) muestra que el objetivo del gobierno francés era obtener motores de una potencia entre 150 y 200 CV. En esas fechas, los motores en servicio de los aliados rondaban los 110 CV. Birkigt había tenido acceso a la petición que la Dirección de la Aeronáutica Militar francesa había cursado a los fabricantes galos de motores²⁴ y, al mismo tiempo, tanteado la disposición a adquirir el nuevo motor H.S., al menos, a ambos fabricantes²⁵. Tal era su fe en el rendimiento a obtener de dicho motor. Recabó información confidencial y al mismo tiempo dio a conocer la existencia del nuevo motor en Francia, contando con la aprobación del Consejo de Administración, in-

Características del motor T-31 que voló por primera vez instalado en el Flecha

Cuadro 2

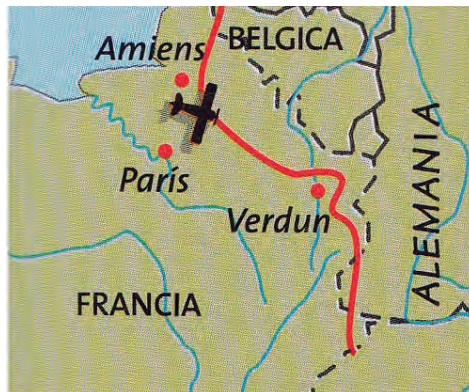
TIPO	Nº SERIE	POTENCIA ESTIMADA	DIÁMETRO/CARRERA	COMPRESIÓN	REFRIGERACIÓN
T-31	3747	120 CV	120x120	4:1	AGUA / 8 ALETAS

cluyendo la siguiente propuesta: recuperar la fábrica de París para dedicarla a la fabricación del motor de aviación.

Birkigt acompañó a Matéu en una visita al Rey para informarle del buen funcionamiento del mismo. Entonces, Alfonso XIII expresó el deseo de que cuando terminasen las pruebas de resistencia y puesta a punto, a pesar del interés que el motor pudiera tener para el mercado exterior, España debía ser el primer país en montarlo en sus aviones. Es evidente que el Rey fue informado de las gestiones de promoción, en Francia, del nuevo motor —estamos en la antesala de una participación y contribución externa muy valiosa al esfuerzo de guerra aliado desde un país neutral, al socaire de decisiones que dependen de unos pocos hombres de empresa y de Estado—. En el caso de que la empresa llegase a acuerdos de cesión de licencia para su fabricación en otros países, el gobierno español puso la condición de ser informado.

El 15 de abril el Conde de Romanones, líder del partido Liberal, visitó la fábrica y, el 18, el Presidente del Gobierno, Eduardo Dato, vio el motor en funcionamiento, inquiriendo por la capacidad de la empresa para fabricar armamento. Ese mes, se publicó en la prensa especializada española un artículo²⁶ sobre el motor; su existencia traspasaba el umbral del ámbito empresarial y militar para darse a conocer sin cortapisas. En julio, el Nuncio de su Santidad que fue personalmente a recoger su automóvil, también se interesó por el motor de aviación.

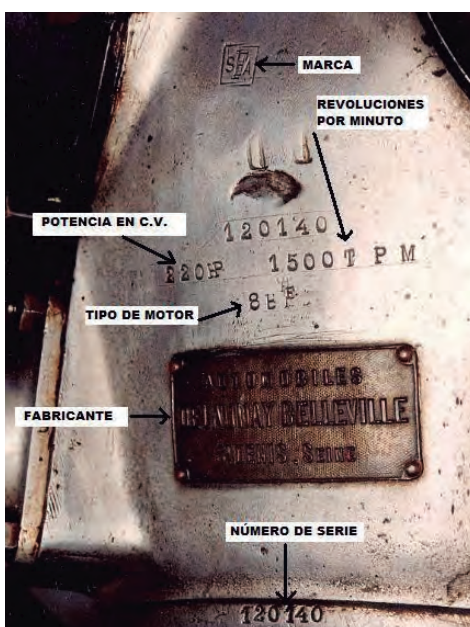
Por contraposición a esta actitud abierta en cuanto al desarrollo de un nuevo motor de tecnología avanzada, podemos citar como ejemplo, el caso del propulsor norteamericano denominado LIBERTY, diseñado en la primavera de 1917 por iniciativa del gobierno de esa nación que aportó los fondos necesarios; una vez que decidió entrar en guerra en Europa y siendo consciente de que los fabricantes norteamericanos no disponían de motores con el adecuado rendimiento para aviones de combate. Bajo la dirección del coronel E. Deeds se seleccionó a dos ingenieros: J.G. Vincent, de la Packard Motor Company, y J. Hall, de la Hall-Scot Company que acordaron los parámetros de un nuevo motor de 12 cilindros en V con el objetivo de obtener 400 CV. La urgencia con que se necesitaba impuso la renuncia a soluciones mecánicas no probadas con anterioridad. Los detalles sobre las características de este motor fueron considerados un secreto militar hasta que no finalizó la guerra y tampoco fue autorizada su venta en el mercado libre hasta ese momento²⁷.



Línea del frente y zona de operaciones del SPAD S VII en septiembre de 1916.



SPAD S VII del As de caza francés Guynemer.



Hispano-Suiza T-34S de 180 CV.

LAS PRUEBAS DEFINITIVAS

El desarrollo del motor continuaba a buen ritmo. El 11 de mayo de 1915 Vives se desplazó hasta Barcelona y está presente durante las pruebas. Al día siguiente, se realizó una de 12 horas, a altas revoluciones, sin problemas y el 15 es el ensayo de aceptación, delante de

Vives, obteniéndose 163CV a 1600 rpm. Además no se observaron vibraciones ni ruidos extraños y no acusó síntomas de fatiga. La potencia estaba condicionada por el límite de revoluciones que soportaba la hélice, la cual por encima de las 1500 rpm dejaba de ser eficaz; 150 CV era el mejor compromiso a esas revoluciones. El número de aletas para refrigeración por aire se había reducido de 11 a 8 en cada cilindro aumentando así la zona refrigerada por agua mediante un bloque más largo.

Durante ese mes, se personarán en la fábrica Eduardo Barrón y Juan Pombo, ambos pilotos y responsables de sendos aviones españoles que esperaban la llegada del nuevo motor; el “Flecha”, que ya volaba desde hacía un mes en Cuatro Vientos y el *Morane*, que preparaba su construcción en la CECA (Cia. Española de Construcciones Aeronáuticas²⁸).

El proyecto nº 31 de Birkigt llegó a buen puerto. El Departamento de Ensayos realizó un esfuerzo sobre humano, con jornadas interminables de prueba y desmontaje para comprobar el estado de los componentes críticos (pistones, bielas y muñequillas del cigüeñal fundamentalmente), sustituirlos por otros, volver a montar el motor y ponerlo en marcha de nuevo.

Es el momento de pensar en atender la demanda de los primeros clientes: la Aeronáutica Militar española y el constructor francés Farman, y proveerse de materias primas con el objeto de iniciar la producción. Se requiere a Trubia acero para los motores a fabricar para la Aeronáutica Militar y, una vez recuperada la fábrica de París, producirlo allí²⁹.

Las autoridades militares francesas fueron receptivas a las gestiones de Birkigt y Mateu para dar a conocer la existencia del motor. El 18 de junio se realizan pruebas oficiales de los motores con la presencia de representantes de la aviación militar española y francesa. Esta Comisión del Ministerio del Aire de Francia, tenía una gran importancia comercial por la elevada demanda potencial del país vecino. Venían “para hacerse una idea exacta del motor y comprar, si fuera posible, una unidad que sería sometida a pruebas largas, serias y controladas³⁰”. El comandante Marinot Lagarde, que estaba al frente de la misma, regresa a su país habiendo adquirido dos motores T 31³¹.

EL PRIMER VUELO

Para un motor de aviación la hora de la verdad llega con los ensayos en vuelo. Para el Hispano-Suiza llegó, por

fin, el 27 de julio; Eduardo Barrón se encontraba a los mandos. Era el nº 3 de los aeroplanos denominados "Flecha"³², contruidos por él en los talleres de Cuatro Vientos y basados en los Lohner. Fue un hecho de gran trascendencia, se puede decir que histórico, pues era el primer avión construido en España con motor español pero, sobre todo, porque se debía a la voluntad y decisión de un organismo dependiente del Estado: la Aeronáutica Militar. La fabricación de aviones no podía existir sin el apoyo gubernamental, puesto que el número de clientes civiles era muy escaso, y lo seguiría siendo; era imposible pensar en la exportación si antes no entraba en servicio con la aviación militar propia. Era un rayo de esperanza para los españoles que intentaban convertir en realidad sus proyectos aeronáuticos.

Alfonso XIII, que estuvo presente en la prueba, condecoraría a Barrón con la Cruz de Carlos III por su éxito y trayectoria. A la HISPANO-SUIZA le envió un telegrama con el siguiente texto "Al presenciar el primer vuelo motor esa casa me permito enviar mi más entusiasta felicitación a ese Consejo y obreros que lo han construido, así como fuerte abrazo a ingeniero que lo concibió. Espero que esto sirva de estímulo desarrollo industria nacional tirando tan fuerte como su nuevo motor. Alfonso R."³³. La prueba tuvo un enorme eco en la prensa prodigando elogios a sus protagonistas, Eduardo Barrón y Marc Birkigt. El apoyo de la opinión pública a los desarrollos técnicos españoles quedaba demostrado.

El vuelo había causado una gran impresión, pero, al mismo tiempo, llamó la atención por la estética de la zona del morro, donde se sitúa el motor, parecía que la integración entre este y el fuselaje no era armoniosa. El Rey Alfonso XIII después del vuelo sugirió a Eduardo Barrón que modificase el diseño del "Flecha" de manera que la instalación del motor quedase mejor resuelta a todos los efectos. Durante el mes de agosto el "Flecha" nº 3 continuó en Cuatro Vientos con los ensayos en vuelo desmontándose luego el motor para devolverlo a la fábrica.



El periódico Excelsior publicó el 14 de julio de 1918 este artículo, relacionando el motor Hispano – Suiza con los ases de caza franceses.

Aquí está el famoso aparato de propulsión que equipa muchos de los aeroplanos de la aviación militar de la "Entente". El motor Hispano-Suiza pertenece a la categoría de motores fijos con cilindros colocados en "V". Se acerca pues a los motores de automóviles, pero se distingue por su gran ligereza, condición sine qua non, para su uso en aeroplanos. Gracias a estudios técnicos, muy notables, M. Birkigt, el ingeniero de la potente Sociedad Hispano-Suiza, ha conseguido rebajar el peso por caballo-vapor hasta el límite más extremo. A pesar del rendimiento intensivo de las fábricas Hispano-Suiza, la demanda de este tipo de motores es tan elevada que esta marca ha tenido que conceder numerosas licencias a otros industriales franceses y aliados para intensificar la producción. Este entusiasmo esta totalmente justificado por el espléndido palmares de los ases que han llegado a la victoria y a la gloria montados en aparatos dotados con este extraordinario motor fijo. Aquí tienen un extracto de esta larga lista de héroes: Gynemer, Dorme, Nungesser, Fonck, Madon, Heurtaux, Deullin, Pinsard, Lufbery, Guérin, Boyau, Chaput, Jailler, Ortoli, Garaud, Hugues, Casale, Herbelin, Douchy et Chainat, Demeuldre, Villet, Derode, Lackmann, etc. Toda Francia sabe, de hecho, que el famoso avión de Gynemer, "el viejo Carlos", actualmente expuesto, acribillado con balas en los Inválidos, estaba propulsado por un motor Hispano-Suiza, que contribuyó en buena parte a las admirables hazañas de nuestro mayor piloto nacional.

El 4 de octubre hizo su primer vuelo el nuevo avión que se denominó "W", basado en el anterior "Flecha" pero con el borde de ataque del plano inferior rebajado en la zona de unión con el fuselaje para mejorar la visibilidad del observador que se situaba en el asiento anterior, dentro de la cabaña. Ese mismo mes se entregaron los dos Flechas restantes que hacían los nº 5 y 6. Ninguno recibió el motor Hispano-Suiza que tenían previsto llevar instalado. El motor de sustitución fue el también V8 Curtiss OX de menor potencia

y fiabilidad y al fin y al cabo de escasas prestaciones para un biplaza de observación.

El pedido de la Aviación española fue de 50 unidades. Enterado el Ministerio de la Guerra de que la fabricación se retrasaría en beneficio de la exportación, tomó dos medidas: buscar un sustituto temporal para el motor H.S. (el Curtiss OX de 90/100 CV) y, realizó una inspección cuyo informe, fechado el 10 de noviembre de 1915, concluía que todo el utillaje y piezas exportadas a la fábrica

Cuadro 3

Motores pendientes de entrega a finales de agosto de 1915

CANTIDAD	MARCA	POTENCIA	COMENTARIOS	NOTAS
12	CURTISS OX	100-120 CV	6 de repuesto para aeroplanos	Los 6 restantes son para los hidroaviones
6	MERCEDES	100 CV		Para los monoplanos Kondor Taube
4	SUNBEAM	150 CV		Mod. CRUSADER de 1914con reductor ³⁵
12	DION-BOUTON	90 CV		Se instalaron en los MF-7 fabricados por Carde y Escoriaza
6	CURTISS OX	90-100 CV	Para los aeroplanos "Flecha"	Debido al retraso en las entregas de los H.S.
50	HISPANO-SUIZA	150 CV		Se entregaron 20 en agosto de 1916

Nota: La información de la tabla es transcripción del documento Aeronáutica Militar. Aviación. Estado nº 6, finales agosto de 1915. AGHEA. Excepto la columna de Notas

de París durante el mes de septiembre, no contenía nada del acero (forjado y desbastado), suministrado “en pequeña cantidad” desde Trubia, aunque sí lo era el del tipo usado para los cilindros. Éste procedía de una empresa de Bilbao y había sido estampado en Barcelona para la H.S. Para el autor del informe, “... los envíos efectuados, representan una baja económica e industrial en los intereses del país”³⁶. Si bien esta valoración parece razonable y cierta, también lo es que del país vecino llegaron algunos componentes necesarios para completar el motor que el uno de julio³⁷, se envió a Cuatro Vientos para su instalación en el avión de pruebas, el “Flecha” n 3°.

Dentro de este lote de compensaciones se encontraba el avión que Morane construía para la CECA española y los 12 motores De Dion, que se recibirían a final de año para los MF-7 de factura española. De lo que no hay duda es que, la tecnología de motores que les llegaba desde España, era muy superior a lo que nos suministraban. Mas adelante habría que sumar la entrada de divisas por los derechos de fabricación del motor en Francia y otros países. Sirvan como ejemplo los pagos que el gobierno francés hizo, durante 1918, a la sede social de la H.S. en Barcelona por valor de 6 millones de francos, con su repercusión en la hacienda pública.

EL CENTRO DE GRAVEDAD PASA DE BARCELONA A PARÍS

Desde la fábrica de Barcelona se enviaron a París, en septiembre de 1915, materias primas y componentes esenciales, junto con utillaje y matrices para iniciar allí la fabricación de motores de aviación. Estos suministros permitían agilizar



Teniente Rene Fonk, 75 aviones derribados. Delante de SPAD S XIII con motor Hispano-Suiza T 35 de 220 CV.

la construcción de piezas modificadas, bielas, cilindros etc. para continuar con pruebas cada vez más exhaustivas y largas.

Los 2 motores T-31 adquiridos por la Aeronáutica francesa, se ensayaron el 21 de julio en las instalaciones de la H.S. en París y, a raíz de dichos ensayos, se encargaron 50 motores condicionados a incluir algunas modificaciones con el objeto de mejorar su resistencia; esto dará lugar al T-34. La nueva versión se caracterizaba, fundamentalmente, por no fiar la refrigeración de la parte inferior de los cilindros al aire, esta importante función quedaba exclusivamente a cargo del agua, para ello el bloque de aluminio en el que se enroscaban los cilindros de acero se hizo mas largo llegando casi hasta el carter.

Desde su reapertura, en el otoño de 1915, la fábrica de París, se convirtió en La Hispano-Suiza Sección Aviación, sin identidad jurídica propia, dedicada en ex-

clusiva a la producción del motor, y al desarrollo de nuevas versiones bajo la dirección de Birkigt. Además el Ministerio de la Guerra francés, se ofreció a retirar de sus destinos militares a todo el personal que necesitase la fábrica, así como a suministrar las materias primas necesarias para la fabricación de motores. La razón de estas facilidades, residía en la implantación de la llamada *economía de guerra* fundamentada en la planificación por parte del Estado (que podía indicar a una empresa la orientación de su producción), pero sin nacionalizar las empresas, permitiendo la libre competencia entre ellas, a las que adquiriría los aviones y motores que se ajustaban o aproximaban a las especificaciones que emitía la autoridad Aeronáutica militar, para cubrir sus necesidades. España, en cambio, continuó con la economía de mercado basada en los principios liberales, como antes de la guerra.

Algunos responsables en Francia, como el Secretario de Estado Rene Besnard, vieron en el motor Hispano-Suiza un soporte firme para alcanzar y superar a la aviación enemiga pero este punto de vista entro en conflicto con los fabricantes de motores galos que consideraban al motor H.S una ingerencia extranjera perjudicial para sus intereses e innecesaria y exigieron pruebas de duración muy superior a lo habitual. Estos ensayos, de 50 horas, realizados en los laboratorios de oficiales de Chalis-Meudon a finales de año, tuvieron como consecuencia la demostración de forma contundente de que ningún motor francés se aproximaba en resistencia y prestaciones al motor Hispano. Se introdujeron a consecuencia de ellas pequeñas modificaciones en algunos componentes, quedando el T-34 en su versión definitiva con 150 CV. Los primeros se construyeron en Barcelona y en 1916 comenzó en Paris la producción

Cuadro 4

Material de vuelo pendiente de admisión en septiembre de 1915

CANTIDAD	MARCA	COMENTARIOS	NOTAS
4	Lohner Biplano	Aeroplanos encargados antes de declararse la guerra europea y cuya entrega ha quedado en suspenso durante esta	Ninguno de los ejemplares de esta lista fue entregado por el fabricante
2	Etrich* Escuela		
5	Kondor** Monoplano		
6	Curtiss Biplanos	Aeroplanos encargados en América	Modelo JN-2
6	Curtiss Hidro		JN2 con flotadores
6	Flecha Biplano	Aeroplanos encargados en España	Fabricados en Cuatro Vientos
1	Kondor** Monoplano		A Pujol Combaella y Cia

Nota: La información de la tabla es transcripción del documento Aeronáutica Militar. Aviación. Estado nº 6, finales agosto de 1915. AGHEA, , excepto la columna de Notas

* Se refiere posiblemente al Kondor Taube con doble mando. Igor Etrich fue el diseñador del Taube producido por varios fabricantes alemanes, el primero fue Rumpler y Kondor fabricó el que vino a España a comienzos de 1914.

** Modelo Taube.

Entre los aviones en servicio no aparece el Kondor Taube que se ensayo en Cuatro Vientos a comienzos de 1914.

en masa. En enero la suma de pedidos contratados con el gobierno francés ascendía a 1.650 motores.

Los recursos oficiales franceses (ingenieros militares, laboratorios...) se volcaron, como si de una empresa francesa se tratara, para ayudar a obtener el máximo de potencia en altura y mejorar el rendimiento en condiciones reales de combate; esta se estableció en 180 CV, sencillamente aumentando la compresión sin alterar el régimen de revoluciones, pero se presentaron problemas al aumentar la temperatura en la cámara de combustión lo que generaba que las válvulas de escape y su zona de asiento se deformaban, las dificultades para mejorar la refrigeración y la calidad de del acero, impidieron su entrada en producción durante el año 1916. Esta versión se denominó T-34-S.

El T-35 será la versión del T-34 que obtiene mas potencia sencillamente dejando girar al motor hasta 2.000 rpm; se llegó así a los 220 CV. Para ello fue necesario un engranaje reductor que mantuviese las vueltas de la hélice a 1.500 rpm. Los problemas que hubo que resolver con el engranaje se prolongaron también a lo largo de 1916. El reductor elevaba el plano de giro de la hélice hasta el espacio libre de la V, entre los bloques de los cilindros, y eso permitió ensayar lo que se denominó el motor cañón en el que el tubo de un arma de 37 mm, situado en ese espacio, disparaba a través del buje de la hélice. Las vibraciones y lo incómodo que resultaba al piloto apuntar, hizo que no se fabricase en grandes cantidades.

EN ESPAÑA

Durante el año 1915 la fábrica de Barcelona no entregó ningún motor a la Aviación Militar española hasta finales de agosto de 1916, aunque antes de realizarse esta primera entrega se hicieron otras, en pequeña cantidad, para la exportación, la más interesante fue sin duda la que hizo llegar a Alemania una muestra de este vital motor para el esfuerzo bélico aliado.

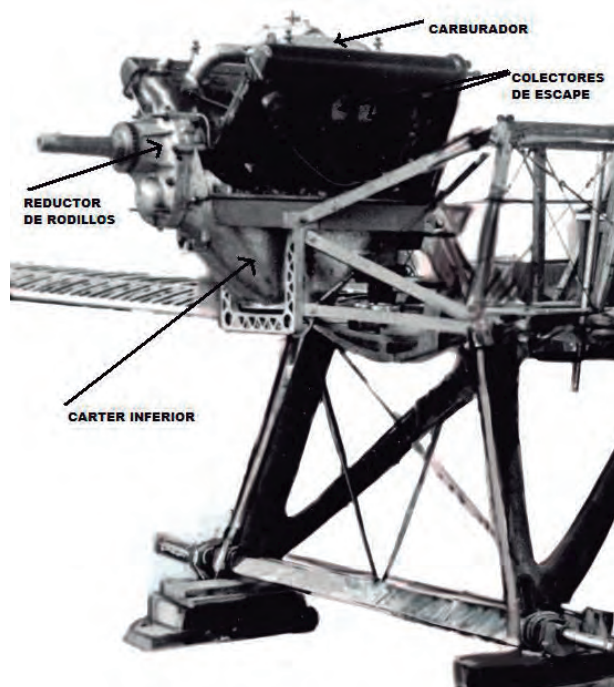
El 21 de junio el submarino alemán U-35 (en crucero de combate por el Mediterráneo) entraba en el puerto de Cartagena con un mensaje del Káiser Guillermo para Rey Alfonso XIII, en el agradecía al monarca español el trato dispensado a los alemanes residentes en España y por el



1919. Caza Hispano-Barrón con motor Hispano-Suiza T-35 en el interior de la fábrica La Hispano en Guadalajara, en primer término, el ingeniero proyectista, Eduardo Barrón. Composición y dibujo de Alberto Laguna.

patrocinio de la oficina, que desde Palacio, se ocupaba de las víctimas de la guerra³⁹.

Pocos días después salieron de Barcelona, el 13 de julio, 5 motores T-34 con destino a Noruega, país neutral pero simpatizante de Alemania, que era el destinatario final de los motores. Este suministro compensaba la sesgada inclinación hacia los aliados desde un país neutral, al hacer llegar a sus enemigos unos cuantos motores en los que comprobar el alcance de sus innovaciones. Al



Motor Hispano-Suiza T-35 220 CV en la estructura de la versión repotenciada del caza Hispano-Barrón⁵⁰. El que ganó en el Concurso de 1919 llevaba un motor de H.S. de 180 CV.

fin y al cabo Alemania había suministrado las primeras magnetos con las que funcionó el primer prototipo. Afortunadamente para Francia y sus aliados, les pareció demasiado arriesgado en sus planteamientos para copiar la fórmula y solo al final de la guerra, en 1918, obtuvieron algo aproximado al Hispano-Suiza T35.

La primera partida de 20 motores quedó lista para su entrega al Servicio de Aeronáutica Militar, a finales de agosto de 1916; es la primera de los 50 solicitados el año anterior. El ingeniero y piloto Luis Sousa Peco y el maestro de taller Joaquín Quesada Guisasaola son comisionados para recepcionarlos, realizando las correspondientes pruebas en la que se comprobaron sus características (ver cuadro). Por fin los motores se podrán montar en los Morane de la CECA y los "Flecha" que vuelan con motores prestados. También en el primer W que está a la espe-

ra de su motor; el resto de la serie, 11 más, se fabricaran en 1917 y para ellos estuvo disponible el T-34S de alta compresión y 180 CV.

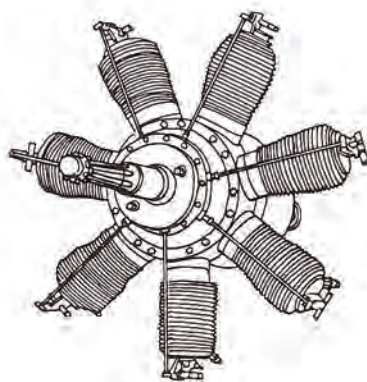
EL ESPALDARAZO DEFINITIVO AL MOTOR H.S. EL SPAD S. VII

Las cualidades por las que destacaban los motores H.S. eran, básicamente, por un menor peso y más potencia, respecto a los de los demás fabricantes. Al instalarlos en los aviones aliados mejoraban sus características pero no les hacía necesariamente superiores a los alemanes. La disposición del motor en la célula, suma de alas y fuselaje, y su comportamiento dinámico, dependían de un diseño acertado y bien adaptado a los nuevos empleos especializados que a partir de las misiones de observación iniciales, las únicas posibles al comienzo de la guerra, fueron surgiendo. La primera y más fácil, fue la de bombardeo; con las pequeñas bombas existentes y la escasa potencia de los motores sus primeras acciones no representaron una gran amenaza para ninguno de los contendientes. La de caza, surge del deseo y la necesidad de destruir los aviones contrarios. Es en ésta especialidad donde los Hispano-Suiza alcanzaron un éxito y prestigio que los convirtió en los más deseados y en un sistema de referencia para los demás motores de aviación.

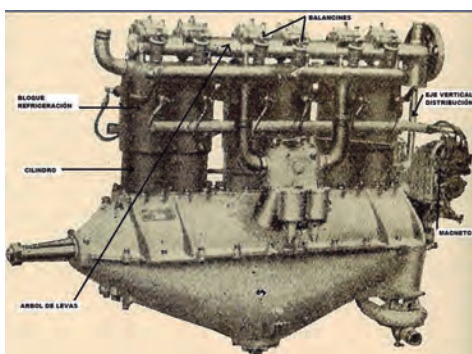
El nuevo motor necesitaba un aeroplano que le sacase el máximo partido, consiguiendo que el binomio célula-motor estuviese integrado de la mejor manera posible. Louis Béchereau resultó ser un diseñador a la altura de este reto. Proyectista de la factoría S.P.A.D., creó el nuevo avión de caza a partir del caza S.V, al que adaptó un motor H.S. T-34. Las modificaciones exigidas por la inspección de la aviación francesa dieron lugar, en pocas semanas, al SPAD S.VII. Béchereau se ciñó a las posibilidades de peso que le permitía la potencia (150 CV) del motor Hispano-Suiza T-34 para conseguir alcanzar buenas prestaciones y una maniobrabilidad excelente. Armado con una ametralladora Vickers sincronizada con el giro de la hélice -este mecanismo también lo diseñó Marc Birkigt -, el prototipo alcanzó una velocidad máxima de 191,5 km/h y ascendía a 3.000 m en 15 minutos. Reunía tres características fundamentales para un caza: una célula ligera, un buen diseño aerodinámico y un motor potente y fiable.

La oportunidad de demostrar su valía tendrá lugar en la región de Picardía, al norte de Francia. Dándose la curiosa circunstancia de que 318 años atrás, la ciudad de Amiens, a orillas del río Somme y próxima al frente, fue tomada por los soldados españoles de los Tercios sin derramamiento de sangre; valiéndose únicamente de su ingenio. Por una extraña coincidencia, en 1915, el motor español ayudaría a mantener la población a salvo de las incursiones de aviones alemanes.

A finales de agosto, al mismo tiempo en que la aviación militar española recibía sus primeros motores H.S. se desarrollaba la batalla del Somme⁴⁰, el nuevo avión de caza, el Spad S.VII, era entregado a las escuadrillas que se encontraban en el frente. El "As" de la caza francesa, capitán Guynemer, consigue en septiembre su primer derribo con él. El tándem Spad/Hispano-Suiza se mostró capaz de superar a los aviones alemanes y se convirtió en la clave para conseguir la superioridad aérea aliada. El francés Rene Fonck, el italiano Baracca y el norteamericano Rickenbacker, fueron algunos de los pilotos más destacados por el número de derribos enemigos y que consiguieron la mayor parte de ellos con este avión. Hasta 1917 fue el mejor



Motor rotativo Gnome.



Motor Mercedes-Benz de 6 cilindros en línea y 100 CV. En 1914 era el mejor y más avanzado de los motores de aviación refrigerados por agua.

caza enfrentado a los alemanes y austriacos.

Todos los fabricantes querían incorporarlo a sus aviones y los gobiernos de los países aliados también. Ese mismo mes una alta comisión de los Estados aliados llega a Barcelona para intentar obtener por escrito un compromiso de regularidad en la entrega de los motores de aviación, a lo cual se niega el Consejo de Administración por las complicaciones diplomáticas que conllevaba la fabricación en Barcelona para suministrar a los países aliados⁴¹.

En el año 1916 la factoría H.S. de Paris llegó a producir 960 motores del modelo T-34 de 150 CV, mientras trabajaba en el desarrollo del T-34S de 180 CV y el T35 de 220 CV. La H.S. cedió la licencia de fabricación a varias empresas francesas. Dos licenciatarias produjeron el motor T-34 bajo licencia pero en cantidades que resultaron insuficientes para el gobierno francés.

Este decidió adquirir la licencia directamente a La Hispano-Suiza y distribuirla a los fabricantes, con el objetivo de simplifi-

car el proceso y alcanzar la máxima producción posible. 14 factorías, más la fábrica H.S. de Paris, produjeron un total de 35.189 motores durante la guerra. Esta es la fórmula que se utilizó con Gran Bretaña y Estados Unidos, mediante un acuerdo firmado, en 1916, en Paris por Damián Mateu.

Durante el periodo bélico, la producción entre todos los países, sin contabilizar Suiza, Rusia y Japón fue de 49.893 unidades, incluidas todas las versiones de 150, 180 y 220 y 300 CV. El de 220 CV resultó ser el motor más fabricado en Francia con 20.300 unidades⁴².

LIMITACIONES PARA LOS DESARROLLOS AERONÁUTICOS EN ESPAÑA

En 1914, España no contaba con laboratorios oficiales de aviación para hacer pruebas de motores ni de hélices y sus reductores, ensayos de materiales, combustibles y aceites, ni de Túnel de Viento. En la R.O. de 21-09-1910 se creó la Comisión de Experiencias del Material de Ingenieros con la misión de realizar los estudios y experiencias necesarias "tanto para lo relativo a su adquisición y empleo, como en lo referente a su perfeccionamiento". El 21-12-1910 se aprueba el Reglamento siendo el coronel Rodríguez Mourelo su primer Jefe⁴³. Se había abierto una puerta que no se aprovechó por falta de asignación presupuestaria, no por ausencia de un proyecto puesto que en 1912 Kindelán, Jefe de la rama de Aviación, solicitó la creación de "...un Laboratorio aéro-técnico (de ensayos e investigación) en el cual, por una parte, se procure perfeccionar nuestro material aéreo, haciendo que nuestro país contribuya al progreso de la Aeronáutica, y por otra, se ensaye cuidadosamente todo el material que haya de emplearse"⁴⁴. Esta idea contó con el beneplácito de Vives⁴⁵ y fue presentada a la superioridad, sin embargo no será hasta 1918 en que se decida llevar a la práctica el laboratorio, que empieza a funcionar plenamente en 1922.

Por tanto, ni antes de la guerra, ni en el transcurso de la misma, los inventores españoles contaron con los medios necesarios para probar y comprobar sus

Características de los 20 primeros motores entregados a la Aviación Militar

TIPO	Nº SERIE	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA MÁXIMA	DIÁMETRO/CARRERA	COMPRESIÓN	PESO	GASTO ACEITE	CONSUMO ESPECÍFICO
T-34	3747	140 CV/1.400 rpm	162 CV/ 1.600 rpm	120x130 mm	4,7:1	165 Kg	2,25 l/h = 15,45 gr. CV/ h	260 gr. CV/h a 1.400 r.p.m.

Equipados con carburador Claudel.

Capacidad del carter 14 litros de aceite de Ricino.

ideas creativas. Entre 1910 y 1913 la aviación experimenta un progreso considerable. Volaban con éxito biplanos, monoplanos, bimotores, hidroaviones, con motor tractor o impulsor ... el avance estaba pendiente del aumento de la potencia de los motores y el refinamiento y especialización de las estructuras. La guerra impulsaría su desarrollo mediante la selección que establece la competencia entre fabricantes a causa del enfrentamiento. En este periodo anterior a 1914, los túneles de viento tienen una gran importancia pues en ellos, y en el de Eiffel en particular, se ensayan los perfiles de las alas que los primeros inventores, Wright, Voisin, Bleriot, Farman habían demostrado que eran eficaces en sus respectivos aeroplanos. A partir de ahí los nuevos perfiles se pueden comparar, con estos primeros de una manera fácil y sencilla, mediante las curvas polares obtenidas de cada uno de ellos. De igual modo, el fuselaje completo con todos sus elementos, incluidos los trenes de aterrizaje, los capots del motor y las hélices. El inventor o constructor, el diseñador o proyectista de un aeroplano, podía recurrir a alguno de los tipos de perfiles o hélices ya estudiados aerodinámicamente y aplicarlo a las alas para luego estudiar todo el conjunto en el túnel de viento. Esto permitía, con un menor coste, comprobar si se cumplían las expectativas de diseño e introducir las modificaciones necesarias antes de construir un prototipo de vuelo. No solo el coste, sino también la seguridad del aeroplano y sus tripulantes podían mejorarse antes de empezar a volar. Kindelán, en el informe citado sobre organización de la aviación continuaba..., "pues una gran parte de los accidentes mortales que han ocurrido en la aviación han sido debidos a defectos de construcción de los aparatos, cuyos defectos no han podido evidenciarse hasta después de ocurrido los accidentes, por falta de ensayos previos cuidadosos. Sólo con que el laboratorio economizara una vida cada año, habría cumplido una misión de importancia, y aun sin llegar a esto, con que sólo evitase la rotura de uno o dos aeroplanos, quedarían compensados los gastos por la economía producida".

El ambiente en España era de expectación. Si bien la población en general acogía con entusiasmo cualquier acontecimiento aeronáutico y estaban dispuestos a pagar por ello, lo que permitió al aviador Hedilla la construcción de sus propios aviones, los Monocoque I y II. En cambio, las autoridades de la nación, no se decidían a tomar decisiones positivas en apoyo de los inventores-constructores aeronáuticos. La prensa



1908. Parque de Aerostación Guadalajara. Motores Antoinette de 24 CV, instalados en el dirigible Torres-Quevedo.

además de levantar acta de los acontecimientos también expresaba las opiniones que le merecían los inventores y si bien se encuentran ejemplos a favor y en contra de ellos, se puede citar un revolucionario motor de aviación, en 1911, denominado *giratorio* "giratorio – no rotativo– construido por Desiderio Martínez Feduchy, primero de los de este tipo construido en España, con 35

caballos y 58 kg en orden de marcha". Este nuevo tipo de motores no llegó a convertirse en una realidad práctica, lo más parecido a él sería el motor *Wankel*⁴⁶ bastante posterior. Junto a la noticia⁴⁷ se publicaba el siguiente comentario: "En medio de un ambiente hostil por completo, en medio de la indiferencia más absoluta del común de sus conciudadanos, hay muchos españoles

Primeros motores Hispano-Suiza para la Aeronáutica Militar Española

Cuadro 6

TIPO	POTENCIA	Nº SERIE	UNIDADES	AÑO ENTREGA	FÁBRICA	AVIÓN
34	140CV/1400rpm 162CV/1600rpm	50*	1916	Barcelona	Barron "Flecha", W, delta, triplano, Morane-Ceca, Sousa mixto
34 S Alta compresión	180CV /1530rpm 207,4CV /1.860 rpm	3.910 3.920	11	1917	Barcelona	Barrón W
34 S Alta compresión	180CV /1530 rpm 207,4CV/1.860 rpm	3.810 3.824	15	1918	Barcelona	Caza España
35-S**	230 CV/ 2.120 rpm	4	1919	Barcelona	Concurso Aviones Militares Españoles

FUENTE: Lage M. , (2003), pp.86 y 137

Nota: Los 34 S se caracterizaba por la incorporación de radiador de aceite y válvula limitadora de presión.

Compresión 5,33 a 1

* 20 entregados en agosto 1916. Es muy probable que 11 fuesen convertidos a 34 S.

** Compresión 5,33 a 1.

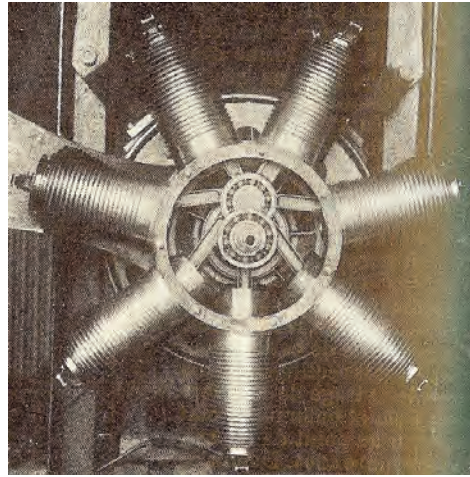
que ponen su inteligencia y sus entusiasmos al servicio del progreso...”.

Planteamientos vanguardistas también los hubo en los propulsores de aviación⁴⁸, mejorar el rendimiento de la hélice fue uno de los objetivos del ingeniero de Caminos, Cantero Villamil⁴⁹, patentando en 1912, (que también registró en Inglaterra y Francia), el diseño de “hélices propulsoras...para motores de velocidad angular elevada...que aumenta considerablemente el rendimiento, haciendo difícil la aparición del fenómeno que los franceses llaman cavitación”. Son el antecedente de un tipo de palas que reciben el nombre de “cimitarra” y se usan actualmente en las hélices de motores turbohélice de grandes potencias. De entre varios proyectistas españoles de aeroplanos José del Perojo, ingeniero y periodista, proyectó en 1915, un pequeño avión de observación militar, el *Biplano Perojo tipo B*, en 1917 voló a manos del gran piloto civil Salvador Hedilla con un motor rotativo, y tampoco pudo contar con las facilidades de un laboratorio aerodinámico en España.

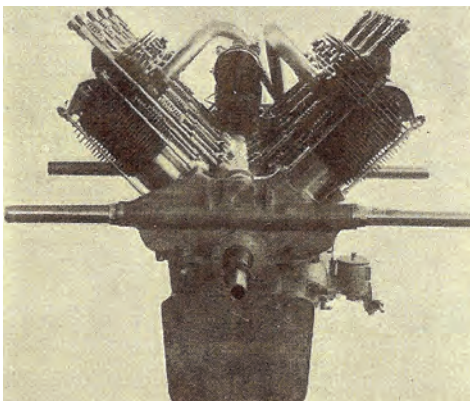
Son algunos de los inventores que en este periodo tuvieron que trabajar empíricamente sin llegar a comprobar la eficacia de sus ideas, o arriesgarse ellos mismos a construir un prototipo.

CONCLUSIONES

El año 1914 marca el inicio de la decadencia de Europa en el concierto mundial, después de la guerra, las relaciones entre los continentes ya no serían las mismas. Japón y EEUU alcanzarían nuevas posiciones superando el dominio hasta entonces ejercido desde Europa. Sin embargo desde los países de la vieja Europa se irradiaban innovaciones que marcaban las pautas a seguir, como el motor de aviación Hispano-Suiza.



1911. Motor rotativo Gnome de 7 cilindros y 50 CV, su aparición impulsó el desarrollo de la aviación; en 1914 alcanzaba los 100 CV de potencia.



1911. Motor Renault V8 de 60 refrigerado por aire. En 1913, en su versión de 70 CV fue adquirido por el Servicio de Aeronáutica Militar para equipar a los biplanos MF-7.

La petición por parte del Ministerio de la Guerra, sirvió a la Hispano-Suiza para encauzar y ver con claridad la ruta a seguir tras el comienzo de la conflagración.

El camino recorrido por Birkigt hacía avanzar, en un solo paso, el de varias generaciones de motores de explosión. Asumió el reto con entusiasmo e inspiración; aplicando toda la experiencia y sabiduría obtenida en el desarrollo de motores inmediatamente anteriores al fatídico año de 1914. Los ensayos, del

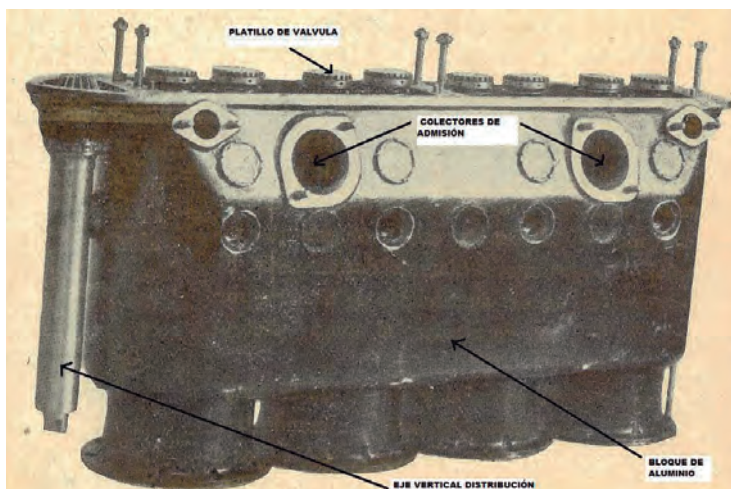
prototipo, en banco dieron unos resultados espectaculares para la época. Las pruebas de resistencia habituales se pasaron sin averías graves ni pérdida de potencia; tampoco se produjo ninguna parada de motor y, eso, teniendo en cuenta que el diseñador se arriesgó al introducir un conjunto de innovaciones de manera simultánea que podían haber alargado durante mucho tiempo la puesta a punto del mismo.

La presión del Rey y el Ejército español empujó a la empresa a moverse hacia una adecuada capacidad productiva, mejorando la organización industrial y aumentando las inversiones.

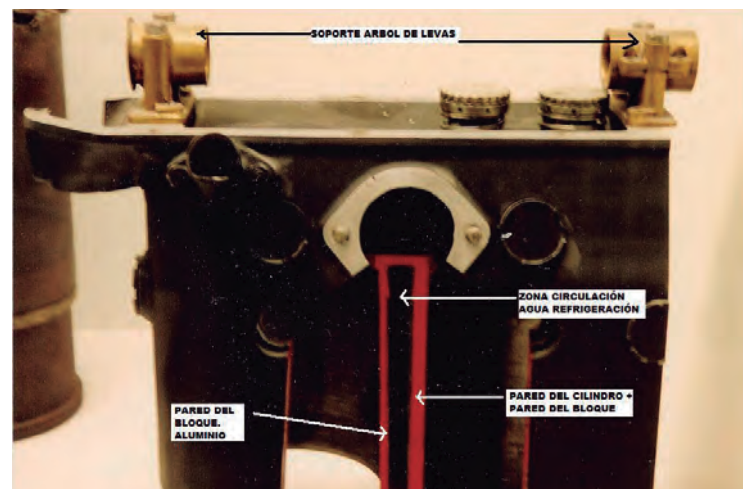
La pretensión inicial, por parte de la Dirección de la Aeronáutica Militar, de proveerse de aeroplanos y motores se consiguió en la medida de lo que era humana y materialmente posible dadas las circunstancias y limitaciones en las que se desarrollaron.

En el plano internacional los gobiernos seleccionaron las empresas que debían hacerse cargo de la producción del motor H.S. en cada país. Eran industrias experimentadas en la fabricación de motores pero tenían que ser capaces de adaptarse al reto de utilizar nuevos materiales, como las aleaciones de aluminio, y obtener niveles de calidad superiores a los exigidos hasta entonces. Esto ayudó a sentar las bases sobre las que desarrollar la evolución de los propulsores de aviación en la siguiente década.

Desde 1916, la HISPANO-SUIZA será para Francia uno de los puntales de su desarrollo aeronáutico. Después de la guerra, se convertirá en un centro de desarrollo tecnológico que contribuirá de manera decisiva a mantener al país vecino en primera línea de la aviación. En una época, el *periodo de entre guerras*, en la que se alcanzaran importantes metas a partir de los avances obtenidos durante la primera guerra mundial. En España, hasta la Guerra Civil, será uno de



Bloque de cuatro cilindros del motor Hispano-Suiza V8. El árbol de levas está desmontado lo que permite ver con facilidad los platillos de las válvulas.



Bloque de refrigeración, seccionado, fabricado en aluminio del Hispano-Suiza V8, (Museo Alemán, Munich).

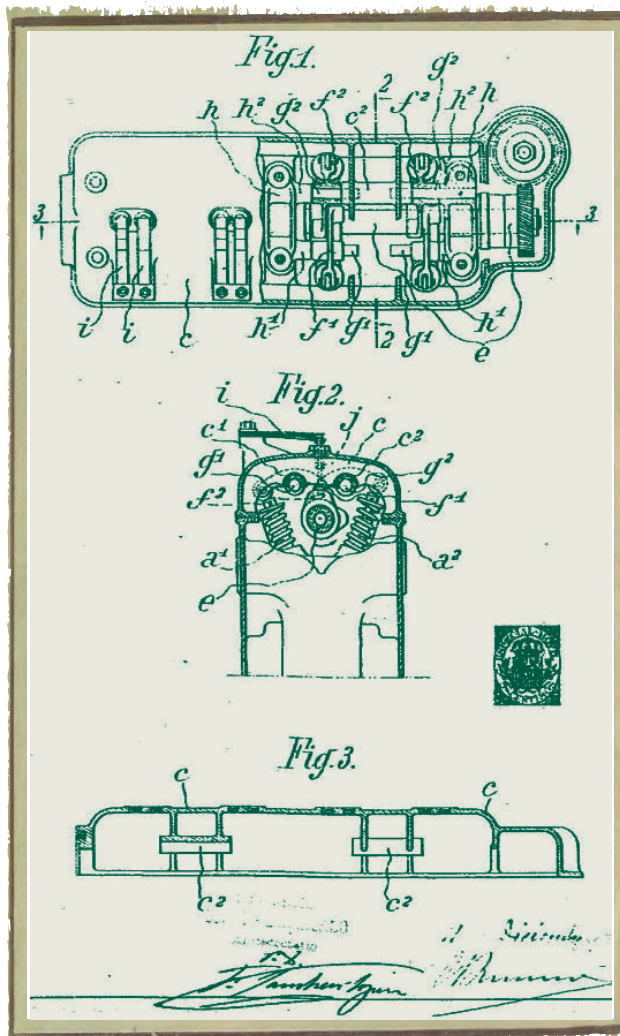
los motores que más aviones (de todo tipo) motorizó para la Aviación Militar; incluyendo algunos de los vuelos de Raids y Records protagonizados por sus aviones, como el *Jesús del Gran Poder* o el *Cuatro Vientos*.

DESCRIPCIÓN DEL MOTOR HISPANO-SUIZA V8

Al estudiar el motor Hispano-Suiza se plantean una serie de cuestiones sobre las que el diseñador Marc Birkigt tuvo que decidir, y que al analizarlas nos muestran el panorama de los motores de aviación en la época de la Gran Guerra Europea de 1914.

La primera decisión importante correspondió al sistema de refrigeración. Antes de comenzar la guerra se planteaba la ventaja o no del motor rotativo de origen francés, frente al refrigerado por agua de origen germánico, ambos eran los más destacados exponentes de entre los diferentes fabricantes y países —si los clasificamos genéricamente por su sistema de refrigeración aire o agua—. El rotativo era más ligero y las potencias que desarrollaban ambos, eran similares, entre 90 y 100 CV. El motor Gnôme pesaba del orden de 55 Kg. menos que el Mercedes de igual potencia. La ventaja por diferencia de pesos iba desapareciendo a medida que el vuelo del avión se prolongaba en el tiempo; la razón era que el consumo de aceite en el rotativo estaba en 360 gr. por CV/h frente a los 240 gr CV/h del Mercedes (el motor Hispano de 140 CV consumirá⁵¹ 15,43 gr por CV/h); también el consumo de combustible era más elevado en el francés. Por lo tanto, un avión con motor rotativo necesitaba transportar mayor cantidad de aceite para el mismo tiempo de vuelo, lo que condicionaba la carga bélica que podía transportar y su radio de acción. Ésta fue una de las razones por las que los alemanes pudieron hacer bombardeos en la retaguardia aliada desde finales de agosto de 1914, llegando a París y la costa inglesa.

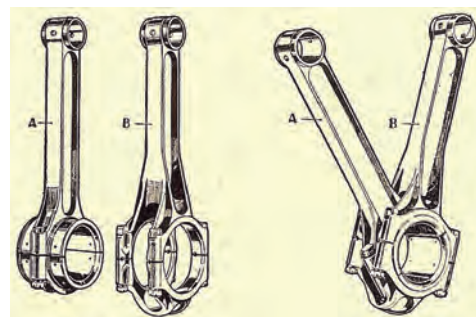
Marc Birkigt eligió, inicialmente, un sistema mixto (agua y aire) para la refrigeración. El agua alrededor de la cámara de combustión⁵², donde se producen las temperaturas más elevadas y el aire, impulsado por la hélice, para disipar el calor de la parte inferior del cilindro. En su primera versión (el prototipo T-31) disponía de 11 aletas de refrigeración y 8 en la segunda.



Patente de Marc Birkigt « Perfeccionamientos introducidos en los sistemas de distribución por válvulas empleados en los motores de explosión » de fecha 11 de diciembre de 1913. En el gráfico se observa el árbol de levas en cabeza y la distribución vertical. Corresponde al motor T-21 es el antecedente del motor T-30 de automóvil y por tanto del T-31 de aviación.

LA ESTRUCTURA DE OCHO CILINDROS EN V

La estructura V8 no era una novedad entre los motores aeronáuticos. En febrero de 1906, el teniente Alfredo Kindelán, entonces ingeniero constructor del dirigible Torres Quevedo, seleccionó los motores *Antoinette* de 24 CV de potencia y estructura V8 diseñados y construidos por León Levavasseur para aviación. Las 2 unidades adquiridas se ensayaron con el dirigible en el Parque de Aerostación



Las bielas dobles diseñadas para el motor H.S. se convirtieron en universales para todos los motores de estructura en V. La biela A se articula sobre la biela B.

de Guadalajara y, aunque nunca pertenecieron al Ejército, fueron los primeros propulsores de aplicación aeronáutica que se usaron en España.

El V8 Antoinette desapareció al entrar en escena los motores rotativos⁵³ Gnôme (1911), que resultaron más ligeros y fiables. En 1913, la Aeronáutica Militar adquirió biplanos Farman MF-7 con motores Renault V-8 refrigerados por aire forzado, mediante ventilador (daban 70 CV). El motor De Dion de 80CV, adquirido para los Farman MF-7 fabricados en Carde y Escoriaza, era una versión del Renault. Este tipo de configuración, V8 y refrigeración por aire, no tuvo continuidad.

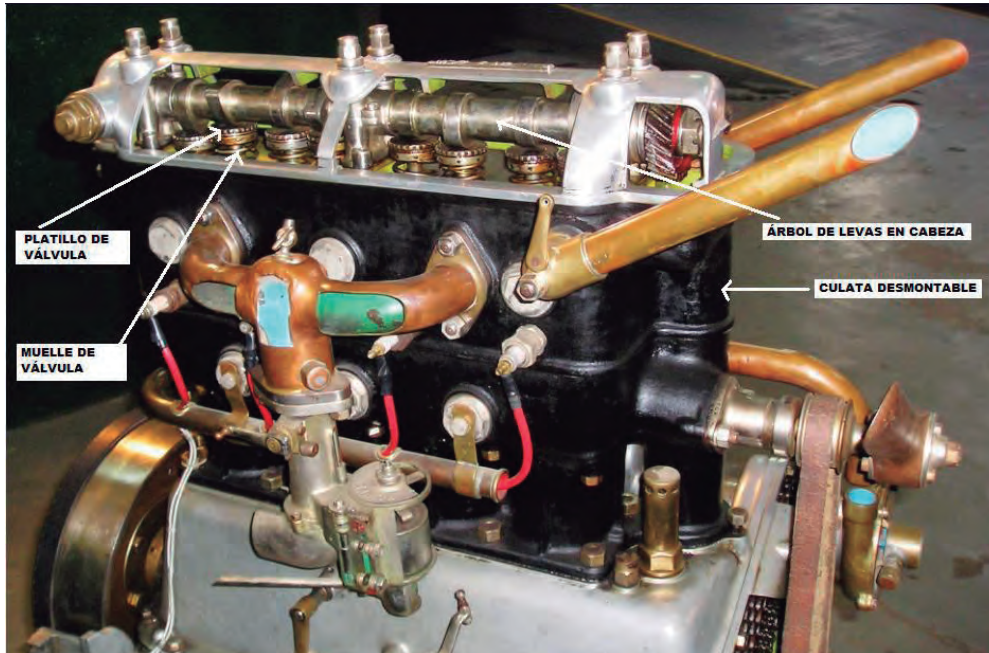
La estructura de 8 cilindros en V del motor Hispano-Suiza (dos bloques de 4 cilindros, opuestos a 90° para conseguir un correcto equilibrio) mantenía una relación entre longitud (1,14 m) y anchura (1 m) más proporcionada —con respecto a los 6 cilindros en línea—, lo que facilitaba su carenado y no obstaculizaba la visibilidad del piloto. Otra ventaja importante era que la longitud del cigüeñal y el carter se recortaba con respecto a los de 6 cilindros en línea, aún teniendo 2 cilindros más, y en consecuencia se reducía el peso de ambos elementos.

Estas características eran universales para todos los motores V8 pero, donde empezaron a establecerse grandes diferencias entre el Hispano-Suiza y los demás —ya fuesen V8 o 6 en línea— fue en los metales utilizados para las distintas partes del motor.

EL ALUMINIO. BLOQUE, CÁRTER Y PISTONES

El objetivo del diseñador era aproximarse lo más posible a una relación peso/potencia de uno a uno. Eligió el aluminio como uno de los caminos para reducir peso; abriendo una nueva vía para mejorar el rendimiento de los motores de explosión, en sustitución del hierro y el acero.

Empecemos por el *bloque* o *camisa de refrigeración* (en su interior el agua circula alrededor de los cilindros). Los motores Mercedes y Austro-Daimler (1913) disponían de un bloque o camisa de refrigeración de hierro soldado alrededor de cada dos cilindros. En el motor *Liberty* (1917), para mejorar la relación peso/potencia se optó por la utilización de acero que tiene menor peso específico que el hierro.



Motor Hispano-Suiza T-30 seccionado nos permite observar el sistema de distribución con árbol de levas en cabeza que serviría de modelo para el motor T-31 de aviación. 1914. (Museo de la Automoción Roda Roda, Lérida).

Al ser los bloques partes del motor que no están sometidos a esfuerzos ni cargas, la utilización de aluminio, más débil pero menos pesado y con mayor capacidad para disipar el calor, era posible. Para el motor Hispano-Suiza (1915) se diseñó un bloque de refrigeración en aluminio, con un 86 % de este metal, un 8 % de cobre, y un 6 % de zinc⁵⁴, que unía los 4 cilindros de cada bancada; aportando rigidez al conjunto del motor. El ensamblaje, entre los cilindros y el bloque,

se conseguía roscando cada cilindro con un utillaje especial que permitía realizarlo de manera eficaz por personal no cualificado. Por el contrario, en los motores con bloques de hierro o acero, la soldadura con autógena exigía para esta delicada tarea especialistas experimentados.

La limpieza de sus líneas externas dio al motor H.S. una imagen de sencillez aunque en su interior escondía gran cantidad de huecos donde se alojaban cilindros, válvulas y los conductos de admisión y escape.

Se puede observar la complejidad de los bloques en el motor T-34 seccionado expuesto en el Museo del Aire.

El cárter, formado por dos valvas, (en la superior se atornillaban los cilindros y en la inferior se recogía el aceite) también era de fundición de aluminio,

Dado que en 1914 la Hispano-Suiza no disponía de instalaciones para fundir metales, Birkigt recurrió a la empresa dirigida por el ingeniero Vicente Grau⁵⁵. En ella se estudiaron y elaboraron los distintos tipos de aluminio para el motor de aviación.

Los 8 pistones o émbolos (las piezas más críticas y difíciles de conseguir) Birkigt los había concebido en aluminio. Era necesario obtener una aleación capaz de soportar las altas temperaturas que se producen en la cámara de combustión y resistir los esfuerzos a que se ven sometidos. Para conseguir la proporción de metales correcta, se ensayaron en el motor juegos de pistones en los que se iba variando la cantidad de los metales que intervenían y sus formas; hasta obtener la aleación óptima. La estructura del pistón quedó reforzada con nervios internos.

La elección del aluminio fue un acierto y evitó graves complicaciones por su mayor capacidad para disipar calor que el acero, lo cual permitió mantener la temperatura de las paredes de la cámara de combustión, dentro de los límites admisibles. En ensayos realizados después de la guerra por el Dr. Gibson⁵⁶, se registró una temperatura máxima en el pistón de 241° C, sustituido este de aluminio por uno de hierro forjado se alcanzaron los 400° C en la cabeza del mismo. Esto nos sugiere que sin los pistones de aluminio el prototipo del motor Hispano-Suiza hubiese sido inviable por calentamiento excesivo si tenemos en cuenta que al aumentar la compresión para obtener más potencia se presentó este inconveniente inmediatamente.

Algunos motores desarrollados posteriormente introdujeron el aluminio en varios de sus componentes. Por ejemplo, el motor inglés *Puma*⁵⁷, de 6 cilindros y 220 CV, montó el carter de este metal para reducir el peso. De igual modo el FIAT A-XII de 300 CV y 6 cilindros incorporaba pistones y carter de aluminio. Fue muy utilizado por la Aviación Militar en el Rif. El empleo de aluminio en piezas y componentes estructurales sometidos a grandes esfuerzos se convirtió con el tiempo en universal y llega hasta nuestros días, conviviendo con el acero en los motores. Entre 1915 y 1933 el peso por caballo de los motores refrigerados por agua se redujo a la mitad⁵⁸.

Localización de los prototipos T-31 actualmente

Cuadro 7

TIPO	Nº SERIE	Nº ALETAS	LOCALIZACIÓN
T-31	3744	11	Desconocido
T-31	3745	8	M.A.E. de Le Bourget
T-31	3746	8	Desconocido
T-31	3747	8	Instituto Politécnico de Turín
T-31	3748	8	Desconocido

Fuente. Ricardo M. Vidal.

Tipo de motores V8 Hispano-Suiza

Cuadro 8

TIPO H.S.	TIPO FRANCÉS	POTENCIA	DIÁMETRO/CARRERA	COMPRESIÓN	VELOCIDAD GIRO MOTOR	VELOCIDAD GIRO HÉLICE
T-34	8Aa	150 CV	120/130mm	4,7:1	1.450 rpm	1.450 rpm
T-34S	8Ab	180 CV	120/130mm	5,3:1	1.540 rpm	1.540 rpm
T-35	8Bac	200 CV	120/130mm	4,7:1	2.000 rpm	1.170 rpm
T-35S	8Bc	220 CV	120/130mm	5,3:1	2.000 rpm	1.500 rpm

La tabla comprende los tipos de motores básicos que la Hispano-Suiza desarrolló a lo largo de la guerra. En realidad eran un mismo motor con la misma cilindrada 11.760 cc a los que variando la compresión y el número de revoluciones -en este caso se aplicaba un reductor para que las revoluciones de la hélice no aumentase- se obtuvo una mayor potencia llegando a conseguir la ansiada relación 1:1. La versión de 180 CV era capaz de mantener la potencia nominal indicada hasta los 3.500 m altura, simplemente mediante el aumento de la compresión sin variar prácticamente el peso del motor. El motor cañón no se incluye en la tabla por no haberse instalado en ningún avión español.

En el de 220 CV la relación peso/potencia llegaba a 1.

El último desarrollo de la fórmula V8 fue el tipo 42 de 300 CV que los obtenía mediante el aumento de cilindrada sin necesidad de reductor con un peso de 240 Kg. Su fabricación comenzó en 1918, el último año de guerra, en la factoría de Hispano-Suiza Bois-Colombes. En EE.UU. lo fabricó Wright en una refinada versión más potente que llegaba a los 400 CV, en versiones especiales para batir récords.

EL MISTERIO DEL MOTOR MERCEDES Y EL KONDOR TAUBE

Existen algunas dudas respecto al paradero del motor Mercedes de 100 CV que equipaba al Kondor Taube, adquirido en la primera mitad de 1914 tras ser demostrado en Madrid en marzo⁵⁹.

En el inventario de agosto de 1915 no aparece ningún avión (ni Lohner ni Flecha) con este motor instalado y el Kondor tampoco aparece en servicio. Sin embargo, sí aparece como pedido al fabricante alemán -5 unidades- y otro en España a Puyol Comabella y Cia.

El Infante D. Alfonso de Orleans, pilotó un Lohner o Flecha con el motor Mercedes instalado, el 27 de mayo de 1916, en un vuelo sin escalas hasta la nueva base de Los Alcázares (D. José Warleta recoge esta información). Este autor nos indica que el mecánico Quesada le dio otra versión sobre el paradero del motor Mercedes, pero no la refleja en el texto por considerar más lógica la del Infante⁶⁰.

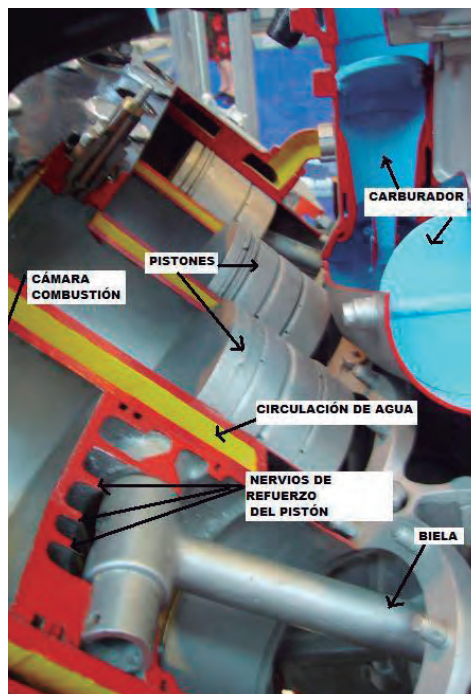
El Kondor a fabricar en España se entregó el 27 agosto de 1916 en Cuatro Vientos. Realizó las pruebas de aceptación entre los días 27 y 31 de agosto a cargo del piloto Salvador Hedilla⁶¹. Coincide con la fecha de entrega de los primeros 20 motores H.S., a finales de agosto. Por lo tanto los *Flechas* podían desprenderse de los motores *prestados* y entre ellos el único Mercedes español, que sería desmontado para instalarse en el Kondor y ser por fin entregado definitivamente.

Dada la escasez de motores, y si ese motor era realmente propiedad del Servicio de Aeronáutica, parece lógico que se hubiese instalado en otro aparato.

OTROS COMPONENTES. BIELAS, CARBURADOR

Para transmitir el giro al cigüeñal, Birkigt realizó un tipo de biela doble -de acero al cromo níquel y forjada- para cada 2 cilindros enfrentados; actuando juntas sobre una misma muñequilla del cigüeñal. Cortas y ligeras permitían un menor volumen del carter y por tanto del motor. Su diseño se convertirá en el estándar para los motores en V.

El *carburador* que instalaba (de los fabricantes franceses *Zenith* o *Claudel*) era doble con un mando único; se situaba en el centro de la V que forman los dos bloques con 4 salidas de mezcla hacia cada 2 cilindros pues compartían una misma admisión. El *Zenith* que montaban los primeros motores *Hispano* de aviación, T-31 y T34, eran de automóvil (con un flo-



Motor Hispano-Suiza V8 seccionado, las zonas en amarillo son las de circulación del agua de refrigeración. (Museo del Aire Portugués, Alverca).

tador cilíndrico en el depósito del carburador), esto permitía inclinaciones del avión de entre 15 y 20° respecto a la horizontal, por lo tanto poco adecuados para su uso en un avión de combate y, menos aún, de caza. Las limitaciones que imponía su uso resultaban peligrosas durante las operaciones bélicas, al cortar el suministro de gasolina al motor. Para resolverlo, el fabricante diseñó un tipo de flotador esférico que mantenía el nivel constante de gasolina en cualquier posición, incluso en vuelo invertido. Para compensar la disminución de oxígeno, al ir ascendiendo el aeroplano, se añadió un *corrector de altura*, (dispositivo necesario para mantener el rendimiento del motor⁶²); en 1917 se introdujo el doble difusor que simplificaba su funcionamiento al tiempo que lo hacía más eficaz y fiable⁶³.

EL MANDO DIRECTO Y SUS ANTECEDENTES

Se ha sugerido que la solución del mando directo estaba inspirada en el árbol de levas en cabeza del motor Mercedes así como su único eje de distribu-

ción vertical pero, lo cierto es que Birkigt ya los había utilizado en un ambicioso motor desarrollado en 1913 y presentado en el Salón del Automóvil de París de ese año. La Hispano-Suiza llevó a su stand nuevos chasis con un motor original de alto rendimiento: el T-21⁶⁴, que llegó a conocerse popularmente como *Súper hispano*. En él aparece por primera vez el sistema de distribución en cabeza, con un árbol de levas mandado verticalmente por engranaje, lo que permitió duplicar la potencia respecto a los motores anteriores. Las válvulas eran empujadas por balancines (soluciones que incorporaba el motor de aviación Mercedes de 6 cilindros en línea instalado en el *Cóndor Taube* que llegó a Cuatro Vientos a comienzos de 1914). El sistema fue patentado⁶⁵; se realizaron varios prototipos pero no llegó a comercializarse por los problemas que generaba su extraño cigüeñal. La parte de este motor que interesa destacar, el árbol de levas y la distribución vertical, funcionó muy bien y es el antecedente del motor de automóvil T-30 y del de aviación T-31.

EL MANDO DIRECTO

La disminución de peso era fundamental pero debía ir acompañado de un aumento de potencia en función de la cilindrada y esto se consiguió con el *mando directo*, que también aportaba una disminución del número de piezas pues no tenía balancines.

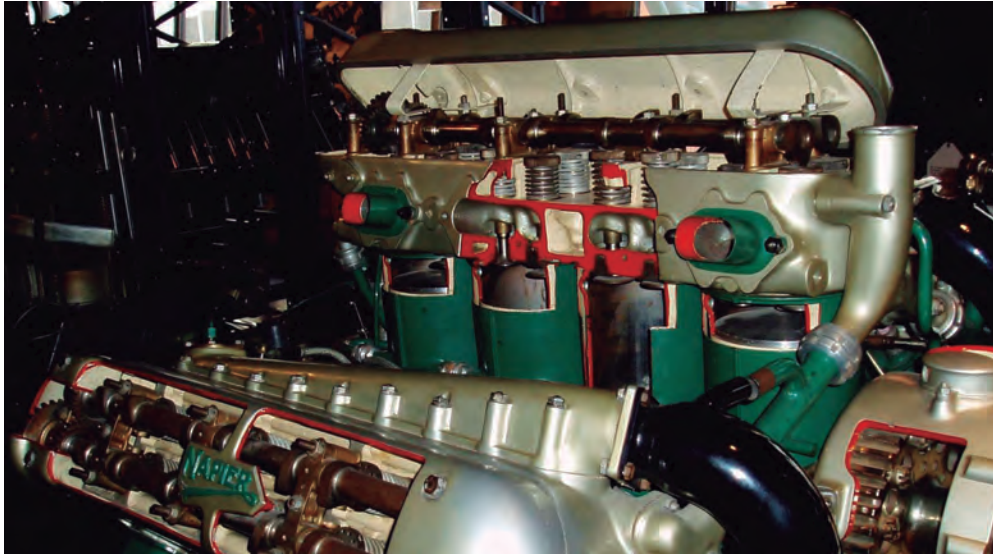
El motor Austro-Daimler tenía un sistema de distribución tradicional: las válvulas eran mandadas por varillas verticales (2 por cilindro) que empujaban los balancines de las válvulas. Era convencional pero efectivo y fiable; sus 90 CV le hacían el más potente de la Aviación Militar. En marzo de 1914, el monoplano Kondor Taube, equipado con el motor Mercedes de 100 CV, realizó una demostración en Cuatro Vientos y el Servicio lo adquirió⁶⁶. Este motor era el referente más avanzado al comienzo de la guerra y disponía de un único eje vertical en vez de las 12 varillas.

En el Hispano, un eje vertical transmitía el movimiento de giro desde el cigüeñal al árbol de levas situado en la cabeza de

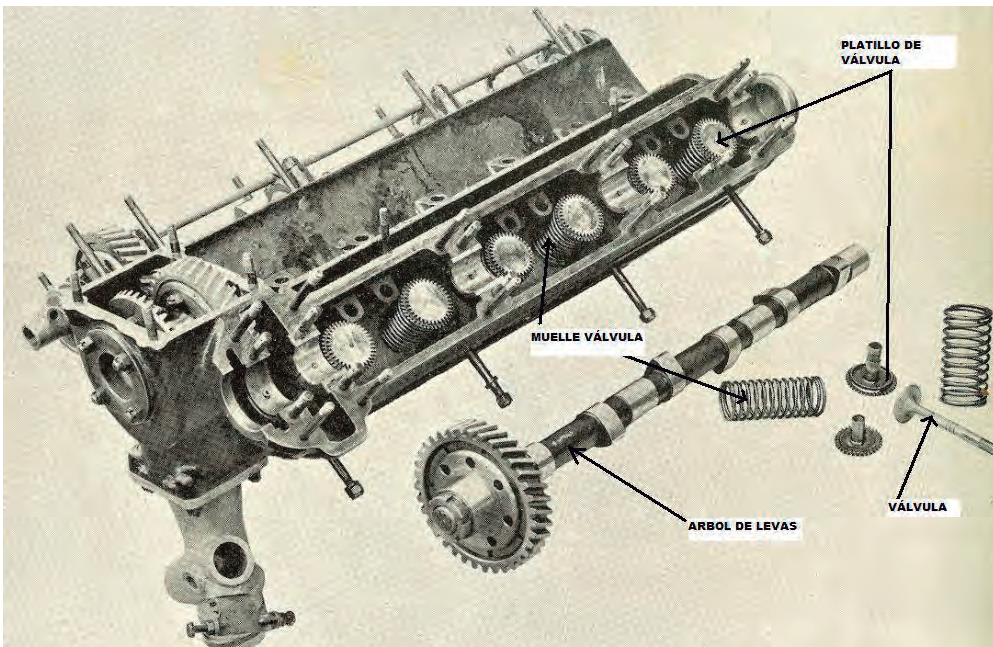
TIPO AEROPLANO	VELOCIDAD GIRO MOTOR	VELOCIDAD GIRO HÉLICE
Hidroaviones	2.000 rpm	1.170 rpm
Bimotores	2.000 rpm	1.333 rpm
Cazas	2.000 rpm	1.500 rpm

Los reductores se aplicaban a los motores de 200 y 220 CV.

Cuadro 9



1918. Motor Napier con estructura W, 3 bloques de 4 cilindros, y 450 CV. Recurre a las soluciones mecánicas introducidas por el HISPANO-SUIZA V8, árbol de levas en cabeza actuando directamente sobre las válvulas sin balancines y la utilización masiva de aluminio (Museo de la Ciencia, Londres).



Años 30. Motor Alfa Romeo de automóvil. El árbol de levas actúa directamente sobre las válvulas. El Mando Directo, se convirtió en una Innovación Radical al generalizarse su aplicación en los motores de explosión.

los cilindros y actuaba directamente sobre las válvulas sin menoscabo de su rendimiento y fiabilidad.

Podemos afirmar que esta solución mecánica se convirtió en radical al ser adoptada al final de la guerra por otros fabricantes como Napier en el motor de estructura 12W (3 bloques de 4 cilindros) y 450 CV, que estuvo presente en 1919 en el festival aéreo de Cuatro Vientos, e inmediatamente adquirido para unidades del DH-9A que entraron en servicio en la Aviación Militar. También fueron los elegidos por Ramón Franco para motorizar al Dornier Wal *Plus Ultra* varios años después.

Los motores de automóviles aplicaron el mismo principio de actuar directamente sobre las válvulas hasta el extremo que, hoy en día, resulta difícil encontrar un motor de cualquier marca que no utili-

ce este sistema para obtener potencia y economía de funcionamiento. Lo que no quiere decir que no siguieran utilizándose otras soluciones.

Todas las simplificaciones en piezas y sistemas introducidas por Birkigt, además de ayudar a aligerar el conjunto facilitaban la producción masiva; necesitándose menos cantidad de materias primas y horas en el montaje de cada motor. Sin embargo, la producción de las piezas era más sofisticada pues necesitaban de una mayor calidad y precisión. Ése era el camino que llevaba el desarrollo de la aviación, la marcha atrás no tenía sentido...

ABREVIATURAS

- AGHEA Archivo General e Histórico del Aire.
- AGMS Archivo General Militar de Segovia.

- H.S. Hispano-Suiza.
- M.A.E. Museo del Aire y del Espacio de Le Buregt.

ARCHIVOS

- Biblioteca del Palacio Real.
- Archivo General e Histórico del Aire.
- Archivo General Militar de Segovia.
- Biblioteca Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Actas del Primer Congreso Nacional de Ingeniería, Madrid, 1920, Tomo II.
- Amengual Matas, Rafael Rubén, Análisis de la evolución histórica de las máquinas térmicas durante el periodo 1826-1914 a través de las patentes españolas de la época. Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 2004.
- Ciuró, Joaquín, Historia del automóvil en España, Barcelona, Ediciones CEAC, 2ª edición, 1994.
- Colvin, Fred H. y Henry F., The Aircraft Handbook, New York, McGraw-Hill, 1928.
- España Automóvil y Aeronáutica, Año V, nº 3, (15 febrero de) 1911.
- García Barbero, Jacinto, con la colaboración de Sánchez Renedo, Santiago, Los motores V8 de aviación de La HISPANO-SUIZA (1914-1919), Madrid, Asociación de Amigos del Museo del Aire, 2005.
- García Dolz, Vicente, El capitán Herrera en el frente del Somme, en Aerogaceta. Fundación Emilio Herrera Linares, nº 14, (primavera de) 2004, 12-4.
- Gella Iturriaga, J, Dos visitas a Cartagena del "as de los ases" submarinistas, Brújula, en Revista gráfica del Mar, nº 21, (15 marzo de) 1941.
- González Redondo, Francisco A., Leonardo Torres Quevedo, Madrid, AENA, 2009.
- González Redondo, Francisco. A. y González de Posada, Francisco, Leonardo Torres Quevedo y el Servicio de Aerostación Militar, en AEROPLANO nº 28, IHCA, 2010, 22-37.
- Kindelan Dunay, Alfredo, Aeroplanos. Los motores, en Memorial de Ingenieros del Ejército, año LXV, nº VIII, (agosto de) 1910, 283-287.
- Lage, Manuel, con la colaboración de Marcelino Viejo, M. y Sánchez Renedo, S.J. HISPANO-SUIZA 1904-1972 hombres, empresas, motores y aviones, Madrid, LID Editorial empresarial S.L., 2003.
- Judge, Arthur W., Automobile and Aircraft Engines, London, Sir Isaac Pitman & Sons, LTD, 1936.
- Oller, Julián, Salvador Hedilla, una vida apasionada, Valencia, Obrapropia, 2012.
- Polo, Emilio, La HISPANO-SUIZA. Los orígenes de una leyenda 1.899 - 1.915, Madrid, Wings & Flags, 1994.
- Polo, Emilio, La HISPANO-SUIZA. El vuelo de las cigüeñas 1916-1931, Madrid, Wings & Flags, 1999

– Roldán Villén, Adolfo, Libélula Viblandi. Primer helicóptero construido en España, en AEROPLANO, nº 23, IHCA, 2005, 28-37.
– Ruiz Ferry, R, Industria Aeronáutica Española, en El Heraldo Deportivo, nº 8, año I, (5 agosto de) 1915, 83-85.
– Miguel Vidal, Ricardo, El motor de aviación de la A a la Z, revisión 03, Barcelona, L´Aeroteca, 2008-9.
– Montoto y de Simón, Jaime de, Precu-

sores. Historia de la Aeronáutica Militar hasta la Primera Guerra Mundial, Madrid, IHCA, 1993.
– Roca Rosell, A. y Sánchez Ron, J. M. Aeronáutica y Ciencia, Sevilla, Algaída/INTA, 1992.
– Warleta Carrillo, José, El nacimiento de la aviación de caza y su repercusión en España, en AEROPLANO, nº 12, SHYCEA, 1994, 109-115.

– Warleta Carrillo, José, El nacimiento de la aviación de caza y su repercusión en España (continuación), en AEROPLANO, nº 17, SHYCEA, 1999, 4-14.
– Warleta Carrillo, José, Salas Larrazabal, Jesús, Pérez San Emeterio, Carlos, Aviones Militares Españoles, Madrid, IHCA, 1986.
– Warleta Carrillo, José y otros, Historia de la Aviación Española, Madrid, IHCA, 1988.

NOTAS

¹Kindelan Dunay, Alfredo, Hoja de servicios, AGHEA, legajo nº 1490.
²Vives Vich, Pedro, Hoja de servicios, AGHEA, legajo nº 105593.
³Así consta en las hojas de servicio de Pedro Vives Vich y Alfredo Kindelan Dunay. La Aeronáutica Militar dependía del Cuerpo de Ingenieros en el organigrama del Ministerio de la Guerra, en ese momento.
⁴Aeronáutica Militar, Estado nº 3. *Resumen general de vuelos por aviadores hasta fin de agosto de 1915*. AGHEA.
⁵Desde finales de mayo de 1916.
⁶Ruiz Ferry, R, *Industria Aeronáutica Española*, en El Heraldo Deportivo, nº 8, año I, (5 agosto de) 1915, 83-85.
⁷González Redondo, F.A. y González de Posada, F., *Leonardo Torres Quevedo y el Servicio de Aerostación Militar*, en AEROPLANO, nº 28, IHCA, 2010, pp. 24, 28 y 31.
González Redondo, F.A. *Leonardo Torres Quevedo*. AENA, Madrid, 2009, pp. 103 y 108.
Vives Vich, P. *Resumen de los resultados obtenidos en la rama de aviación, desde los primeros ensayos hasta la fecha*. Aeronáutica Militar, Coronel Director, Guadalajara, 5 Octubre de 1913, pp. 1-2. AGHEA.
⁸Polo, Emilio. *La HISPANO-SUIZA. Los orígenes de una leyenda 1899–1915*, Madrid, Wings & Flags, 1994, p. 289.
⁹En la memoria anual de 1912 se avanza la intención de construir motores para aviación pero no se había concretado en ninguna realización. Lage, Manuel, con la colaboración de Marcelino Viejo, M. y Sanchez Renedo, S.J., *HISPANO-SUIZA 1904-1972 hombres, empresas, motores y aviones*, Madrid, LID Editorial empresarial S.L., 2003, p. 29.
¹⁰Warleta Carrillo, J., *El nacimiento de la aviación de caza y su repercusión en España*, en AEROPLANO, nº 12, SHYCEA, 1994, p. 113.
¹¹Polo, (1994), p. 295.
¹²Joaquín Quesada Guisasola, Alejandro Tiana González y Antonio Marín Plaza.
¹³Joaquín Quesada y el teniente de ingenieros Sousa Peco estaban destinados en Tetuán. AEROPLANO nº 12, (1994), p. 114.
¹⁴A finales de febrero de 1915 se solicita al gobierno francés que autorice el suministro de 500 Tm de las acerías de Chantillín y de Finning, poco después fue cancelado por los fabricantes. Polo (1994) pp. 301, 306.
¹⁵En fecha tan tardía como abril de 1916, se solicitó maquinaria a Inglaterra para instalar en la nueva fundición de Ripoll, destinada a sustituir importaciones y eliminar la peligrosa dependencia exterior en la mayoría de componentes posibles. Hasta 1922 no quedó plenamente operativa la fundición.
¹⁶Minas y Altos Hornos en Lens, Bethune, Lillers, Henin Lietard, Douat, de los Departamentos de Flandes y Picardía.
¹⁷*Actas del Primer Congreso Nacional de Ingeniería*, Madrid, 1920, Tomo II, p. 118.
¹⁸Actas del Consejo de Administración del 13 de noviembre de 1914 y del 6 de abril de 1915.
¹⁹La capacidad máxima de producción en 1921 era de 1.100 chasis, *Estudio sobre la capacidad fabril nacional en automóviles*, p. 12, AGMS. Fondo de movilización de industrias civiles, sección 3ª, división 1ª, legajo 33. El informe del mismo año sobre *Movilización de la Industria de la Aviación*, no aporta ningún dato de la capacidad de producción de motores de aviación.
²⁰Kitty Hawk, U.S.A., 17 de diciembre de 1903.
²¹El caso de otro genio de la mecánica el alemán Ferdinand Porsche, puede servir de ejemplo contrario, diseñó para la Austro Daimler el motor de 6 cilindros y 90 CV, (en servicio en los aviones militares españoles en 1914), saliendo de la misma por su divergencia de objetivos con la dirección de la empresa.
²²Investigación + Desarrollo + innovación.
²³Polo, (1994), p. 300.
²⁴Lage, (2003), p. 33.
²⁵Polo, (1994) p. 304.
²⁶En la revista España Automóvil y Aeronáutica. Ver AEROPLANO nº 12, (1994) p. 114.
²⁷Colvin, Fred H. y Henry F., *The Aircraft Handbook*, New York, McGraw-Hill, 1928, p. 264. Miguel Vidal, Ricardo, *El motor de aviación de la A a la Z*, L´Aeroteca, Barcelona, 2008-9, Revisión 03, p. 1130.
²⁸Sociedad fundada por accionistas de La Hispano-Suiza a título particular, para fabricar aeroplanos en España, produjo bajo licencia el modelo BB de la casa Morane, pero resultó de características tan pobres que dio al traste con la compañía.
²⁹Polo, (1994), p. 307.
³⁰Carta del ministro francés de la Guerra al Comandante en Jefe del Servicio de Aeronáutica, fechada el 16 de junio. Lage, (2003), p.35.
³¹Con los números de serie 3.742 y 3.743, para realizar ensayos oficiales.
³²Los “Flecha” 5 y 6 no aparecen en el Estado nº6 de finales de agosto de 1916, debían estar en construcción o terminados y a falta de motor.
³³Lage, (2003), p. 57.

³⁴Fue identificado hace aproximadamente diez años por el investigador Manuel Lage.
³⁵Miguel Vidal, (2008-9), p. 2027.
³⁶Firmado por el capitán de artillería José Fernández-Ladreda. Lage, (2003), p. 41.
³⁷García Barbero, Jacinto, con la colaboración de Sánchez Renedo, S. *Los motores V8 de aviación de La HISPANO-SUIZA (1914-1919)*, Madrid, Asociación de Amigos del Museo del Aire, 2005.
³⁸Lage, (2003), p. 50.
³⁹Gella Iturriaga, J., *Dos visitas a Cartagena del “as de los ases” submarinistas*, Brújula, Revista gráfica del Mar, nº 21, (15 marzo de 1941).
⁴⁰El Ejército inglés invitó a un oficial de la aviación española a presenciar la batalla del Somme, el enviado fue el capitán Emilio Herrera que a su regreso emitió un informe sobre el Royal Flying Corps y la posible organización de la Aviación Militar en España. García Dolz, Vicente, *El capitán Herrera en el frente del Somme*, Aerogaceta, Fundación Emilio Herrera Linares, nº 14, 2004, 12-14.
⁴¹Polo, Emilio, *La HISPANO-SUIZA. El vuelo de las cigüeñas 1916-1931*, Madrid, Wings & Flags, 1999, p. 45.
⁴²Lage, (2003), p.112.
⁴³Warleta, J. y otros. *Historia de la Aviación Española*, IHCA, Madrid, 1988, p. 47.
⁴⁴Informe elaborado por Alfredo Kindelan a petición del Rey Alfonso XIII. Biblioteca del Palacio Real, Caja Foll4/137.
⁴⁵Roca Rosell, A. y Sánchez Ron, J. M. *Aeronáutica y Ciencia*, Sevilla, Algaída/INTA, 1992, p.38.
⁴⁶Los ingenieros Carlos y Claudio Baradat desarrollaron un prototipo de motor giratorio entre 1919 y 1923. Ciuró, Joaquín, *Historia del automóvil en España*, Barcelona, Ediciones CEAC, 2ª edición, 1994, p. 196.
⁴⁷España Automóvil y Aeronáutica, Año V, nº 3, 15 febrero de 1911, p. 19.
⁴⁸Alfredo Kindelan consideraba que la hélice es el único propulsor empleado en Aviación. Kindelan Dunay, Alfredo, *Aeroplanos. Los motores*, Memorial de Ingenieros del Ejército, año LXV, nº VIII, agosto 1910, p. 287.
⁴⁹Ver, Roldán Villén, Adolfo, *Libélula Viblandi. Primer helicóptero construido en España*, en AEROPLANO, nº 23, IHCA, 2005, 28-37.
⁵⁰El Servicio de Aeronáutica Militar encargó 30 motores T-35 para una serie de este caza que finalmente fue anulada por el General Echagüe, Director del Servicio desde junio de 1919. El avión de caza perdía terreno frente al biplaza de combate.
⁵¹Dato obtenidos en las pruebas realizadas a los primeros motores entregados a la Aviación Militar en 1916. Para los motores de 150/180 CV fabricados después de la guerra el fabricante daba un consumo de 12 gr. por CV/h.
⁵²La temperatura máxima se alcanza en la cabeza del cilindro (donde están los orificios de las válvulas de admisión y escape).
⁵³Los cilindros, situados en estrella, giraban con la hélice mientras el cigüeñal permanecía fijo.
⁵⁴Judge, Arthur W., *Automobile and Aircraft Engines*, London, Sir Isaac Pitman & Sons, LTD. 1936, p. 327.
⁵⁵Fundición y Construcciones Grau, fundada en 1863, Lage, (2003), p. 32.
⁵⁶A.H. Gibson, *The Air Cooling of Petrol Engines*, Institute of Automovil Engineers, Jan. 1920, en Judge, (1936), p. 326. Además de la eficiencia térmica, se apreció una mejora en la entrega de potencia de al menos el 15% en el pistón de aluminio sobre el de hierro, esto era debido al menor peso del de aluminio (un 50%), y al menor rozamiento de este con las paredes del cilindro (entre un 60 y 70% menos).
⁵⁷En la obra de Ricardo Miguel Vidal se puede seguir la evolución e influencia entre las distintas familias de motores.
⁵⁸Judge, (1936), p.457
59
⁶⁰Warleta, (1986), p. 43.
⁶¹Julián Oller, *Salvador Hedilla, una vida apasionada*, Valencia, Obrapropia, 2012, pp. 232 y 242.
⁶²El modelo 48 DC se montó en los motores de 150 CV y el 55 DC en los de 180, 200 y 220 CV
⁶³Pasaron a denominarse 58 DC para instalarse en los motores de 180, 200, 220 CV y 65 DC en el de 300 CV.
⁶⁴Polo, (1994), p. 264 y 436.
⁶⁵Amengual Matas, Rafael Rubén, *Análisis de la evolución histórica de las máquinas térmicas durante el periodo 1826-1914 a través de las patentes españolas de la época*. Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 2004, p.256.
⁶⁶Warleta, (1986), p. 40.
⁶⁷La compresión es el cociente entre el volumen del cilindro (con el pistón en su posición más baja) y el volumen de la cámara de combustión (con el pistón en su posición más alta).