

Posibilidades de la propulsión por reacción

Principios de los termo-propulsores
Influencia en el trazado general del aeroplano
Algunos esquemas ingleses y de otras naciones

POR
G. Geoffrey Smith

(CONTINUACIÓN)

Pasamos revista a distintas instalaciones de termo-propulsores de varias naciones, recogidas de los archivos de "Flight" durante un período de años. Se describen e ilustran a continuación los proyectos, las primeras experiencias hechas en Francia e Inglaterra, un proyecto suizo muy reciente, el de Eichelberg, y por último, un esquema de Whittle.

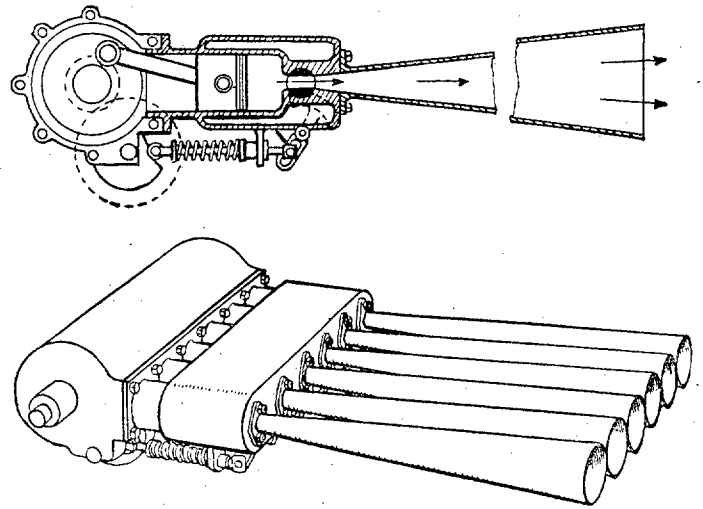
Este asunto ha promovido siempre grandes discusiones y controversias. Han sido ahora muchos los que han expresado su interés, pero indicando que la noción de la termo-propulsión sin una hélice se les antoja muy futurista. Otros, aunque intrigados, consideran la termo-propulsión como una fantasía o nueva idea, cuyo desarrollo exige amplio campo de experimentación, con pequeñas probabilidades de éxito. El interés técnico de los distintos proyectos es indudable, aunque muchos se sienten incapaces de ver con claridad la forma de trabajo de las nuevas instalaciones, ya que obedecen a la introducción de nuevos principios en la teoría del motor. En vista de esto, creemos merece la pena decir algo de los fundamentos principales de este nuevo sistema de propulsión, omitiendo necesariamente muchas particularidades, aún incompletamente detalladas.

En el artículo anterior se ha tratado ampliamente del funcionamiento en marcha de las diversas instalaciones; pero muchos han encontrado dificultades para comprender la puesta en marcha de las mismas. Estas resultan, sobre todo, sorprendentes en el caso de instalaciones "recíprocas", en las que la puesta en marcha se hace por uno cualquiera de los procedimientos usuales, bien eléctricamente, por aire comprimido o por detonación de un cartucho. Con las instalaciones de turbina, la puesta en marcha exige un motor auxiliar eléctrico o de aire comprimido, que a su vez pone en marcha la turbina hasta alcanzar una presión inicial conveniente para la combustión de la gasolina.

Cómo trabajan las instalaciones de termo-propulsión.

Con el fin de hacer comprensible los principios en que se funda la termo-propulsión, vamos a reducir el funcionamiento de un sistema de esta clase a sus elementos esenciales. Insistiremos en que no debe confundirse la propulsión por detonación, o propulsión "cohetes", con la termo-propulsión. En aquélla el oxígeno necesario para la combustión está contenido en el material explosivo que se emplee. Los sistemas de termo-propulsión sólo necesitan llevar gasolina, tomando el oxígeno del aire de la atmósfera.

En todos los esquemas figuran tres partes principales: medios para comprimir el aire; medios para calentar el aire utilizando la combustión de gasolinas, tales como la parafina; medios para la expansión de la mezcla gas-aire resultante.



Proyecto Lorin 1908. Emplea un motor para producir una eyección propulsora. El esquema inferior indica un policilindro para instalación en el ala.

Quizá el esquema más sencillo es el que el ingeniero francés Lorin proyectó en 1908. En éste, el motor descarga directamente a través de un tubo de perfil conveniente para producir una reacción propulsora. En este esquema aparecen claramente los tres elementos antes mencionados. El aire se comprime en el cilindro, hay combustión de gasolina y los gases se expansionan y escapan por el tubo de descarga. Aparte de la energía empleada en el movimiento de los órganos auxiliares, el motor funciona exclusivamente para producir la eyección de los gases de reacción. Ninguna parte de la potencia del árbol cigüeñal se utiliza para la propulsión. Lorin consideraba el sistema como compuesto de motores poli-cilindros de este tipo, que podían instalarse en las alas del aparato y con la disposición que se indica en perspectiva.

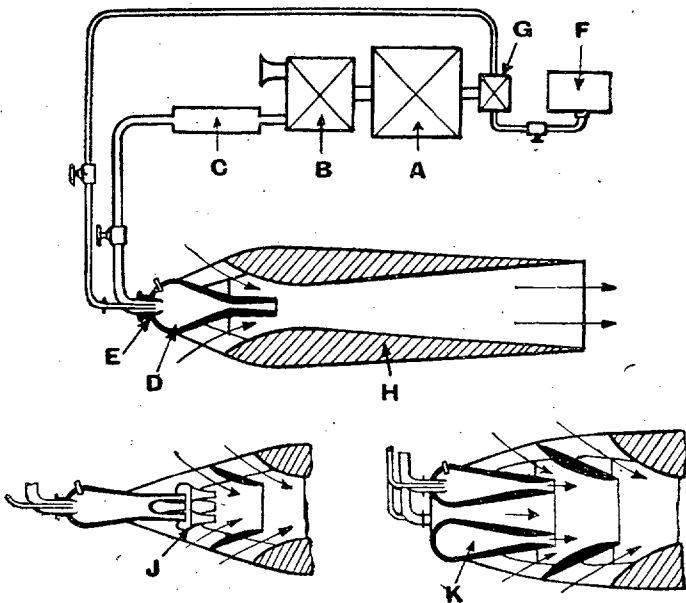
Para aparatos modernos, este esquema sólo tiene interés histórico. Sin embargo, merece una mención honorífica, pues fué una primera sugerencia de empleo

de motor "recíproco" y del uso de parte de la energía de combustión en comprimir el aire.

Ya se habrá comprendido que el empleo de la termo-propulsión, estén los motores instalados en el fuselaje o en las alas, lleva consigo la necesidad de un cierto número de modificaciones importantes en el trazado del avión. La ausencia de la hélice supone muchas ventajas. Por ejemplo, el fuselaje puede ser muy bajo, mejora de gran importancia en lo que se refiere al servicio y aparcamiento de los aparatos. El tren puede ser relativamente más bajo y de construcción ligera, con lo que no será imprescindible su escamoteo, como en los aparatos que llevan hélice, evitándose así el peso, complicaciones y coste de los mecanismos de retracción. Pues si el tren fuese retráctil, aunque se ganaría velocidad por la desaparición de resistencias de las ruedas, se aumentaría, en cambio, el peso de la instalación y aumentaría la mano de obra del avión en bastantes horas. Las pérdidas de velocidad por la no retracción del tren, pudieran estar compensadas por las ventajas enumeradas. Sin embargo, sólo cuidadosos cálculos y experiencias en el túnel pueden decidir en definitiva las posibilidades de esta hipótesis, una vez que todos los restantes problemas que se presentan en la aplicación de estos motores a la Aviación estén resueltos satisfactoriamente.

El piloto puede ir sentado en el morro, con un amplísimo campo de visión, sin ninguna interferencia. En aparatos militares, el armamento, ofensivo o defensivo, puede instalarse mucho mejor, de modo que se consiga una mayor concentración de fuegos en la prolongación del eje del avión.

Pero siguiendo con la descripción de algunos esquemas de termo-propulsores, detallamos a continuación el de O. Morize, de Chauteaudun, Francia, aparecido en 1917. En éste, la gasolina pasa por una cá-



En el eyector Morize, aire y gasolina se mezclan en una cámara de combustión que descarga en un tubo convergente-divergente. El aire es aspirado por el extremo anterior del tubo, se une a los gases de la combustión y escapa, produciendo una propulsión por la popa del aparato.

mara de combustión cargada con aire previamente comprimido, pasando los gases de la combustión a eyectores de perfil convergente-divergente. En el dibujo se indica el esquema de una instalación de esta clase. Un motor, A, acciona al compresor, B, que a través de una cámara compensadora, C, proporciona aire a la cámara de combustión, D, las paredes de la cual están forradas de material refractario. El aire rodea el inyector, E, al que llega gasolina del depósito, F, impulsada por una bomba, G, movida también por el motor, A. La mezcla arde por medios eléctricos o de incandescencia, pasando los productos de la combustión por las toberas de escape al eyector, H, convergente en su parte anterior y divergente en la posterior. Así se crea una región de bajas presiones, con lo que el aire es atraído al extremo del tubo, H, y arrastrado por la corriente de los gases quemados. La regulación de la propulsión se efectuará haciendo variar la cantidad y presión de la gasolina y el aire de la combustión. En el dibujo se indican también dos tipos distintos de eyectores; ambos tienen una serie de tomas de aire y cámaras de combustión múltiples, J, o anulares, como en K.

En ese mismo año, 1917, H. S. Harris, de Esher, proyectó una instalación de gran interés, aunque desconocemos la suerte que haya podido correr en sus ensayos. También en ella se hace que el aire pase por el interior del tubo de descarga, a fin de aumentar la masa de los gases de escape. Pero en lugar de que la llamada se haga dejando expansionar los gases de escape en un tubo de sección creciente, se adopta un procedimiento inverso.

Los gases de la combustión entran en el tubo de descarga a gran velocidad y a baja presión (aproximadamente, a la presión atmosférica), en forma de chorro o corriente cilíndrica. Cuando este chorro se enfría y contrae en su camino por el tubo de descarga, se produce una depresión que "chupa" aire por el extremo anterior del tubo de descarga. Este es de gran longitud, a fin de asegurar que la corriente de gas y aire que sale por su extremo esté completamente fría. De este modo, no ocurrirá ninguna expansión rápida en el tubo que pueda dar lugar a una caída de presión, y como consecuencia, a una inversión en la dirección de circulación. Para compensar la disminución de volumen de la corriente a consecuencia de su progresivo enfriamiento, el tubo de descarga es de sección decreciente, manteniéndose así la velocidad constante.

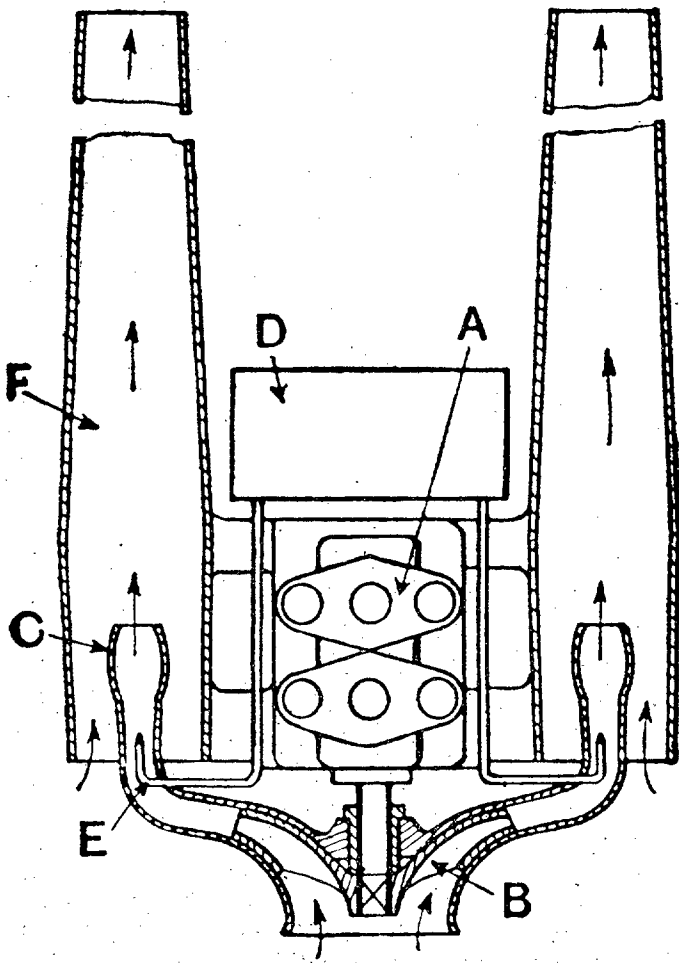
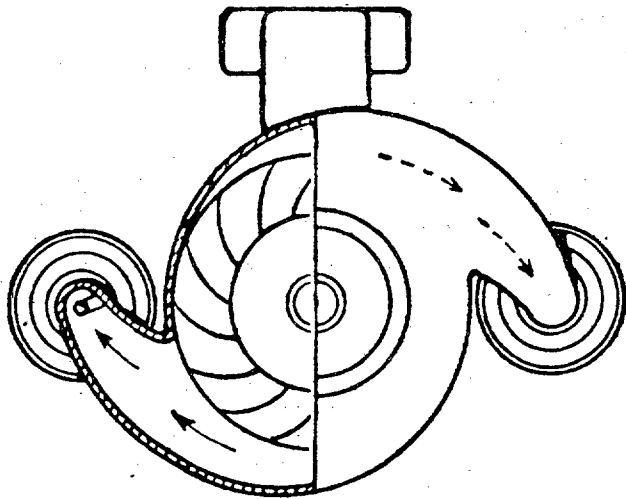
Debemos hacer notar que en el esquema nada indica que se utilice parte de la potencia del motor en otra misión que en la de accionar el ventilador que suministra aire a la cámara de combustión. Sin embargo, es la primera vez que se propone el empleo de carbón en polvo como combustible en lugar de hidrocarburos líquidos, tales como petróleo o parafinas.

Descripción del H. S. Harris.

Como combustible para el motor gemelo de propulsión que se indica en el diagrama, se usa la gasolina. Un motor de cilindros gemelos, A, acciona directamente un ventilador, B, de baja presión, que arrastra el aire aspirado por una toma axial situada en la parte anterior del motor, pasando a las cámaras de combustión, C.

La gasolina del depósito, *D*, pasa a los inyectores, *E*, y unida al aire forma una mezcla combustible que se prende por medios que no se especifican, aunque es presumible que por sistema eléctrico de encendido. Las cámaras de combustión son de sección creciente para permitir la expansión de la carga sin aumento de presión, terminando en tobera de perfil ligeramente con-

vergente, para aumentar la velocidad de la corriente de gas, de la que sale en forma de chorro cilíndrico. Cada cámara va situada axialmente en un largo tubo de descarga, *F*, abierto por ambos extremos. La salida de los gases, al enfriarse en este tubo, produce un vacío parcial que arrastra aire al interior del tubo en la dirección de circulación y aumenta la masa de la referida corriente. La instalación general que se acaba de describir se ha proyectado con distintas modificaciones. En lugar de dos inyectores, se emplea un largo tubo de descarga provisto de varias cámaras de combustión. La instalación puede consistir en una serie de cámaras de combustión en cada tubo de descarga, provisto de entradas adicionales de aire en varios puntos a lo largo del mismo para utilizar sucesivamente. El ventilador puede ser accionado por medio de un rotor montado en el tubo de descarga, en cuyo caso, presumiblemente, el motor puede usarse únicamente para la puesta en marcha. El tubo de descarga puede montarse, totalmente o en su parte terminal sólo, en forma de torniquete horizontal o vertical para orientarlo de modo que permita la regulación de la velocidad del aeroplano, ayudándose de este modo el piloto para el mando del mismo. Además, por medio del cierre a voluntad del extremo del tubo de descarga, puede conseguirse que la corriente de gases salga por el extremo anterior, produciendo un efecto de frenado en el momento de la toma de tierra.



Esquema suizo.

El doctor Gustavo Eichelberg, de Zurich, utiliza en su proyecto un dispositivo que permite variar la presión del aire empleado para la propulsión, de la del utilizado para carga del motor que acciona el compresor. Para aumentar el rendimiento, la presión en la sección de descarga de la tobera de eyección debe de ser, aproximadamente, de dos atmósferas, y a medida que aumente la altura debe disminuir esta presión en la misma proporción aproximada que la disminución de presión atmosférica.

En sistemas en los cuales el motor trabaja con el aire de la toma directa supone esto una disminución de potencia en el motor, y como consecuencia, una reducción en el esfuerzo de propulsión. Aumentar la presión del aire de propulsión no es conveniente, puesto que se traduce en un aumento de la velocidad de descarga que perjudica seriamente el rendimiento de la instalación. Por el contrario, una presión absoluta, de cuatro a cinco kilogramos por centímetro cuadrado, puede ser necesaria para la carga del motor, a fin de conservar el peso y dimensiones mínimas de éste. En un motor de dos tiempos, generalmente adoptado como el tipo más conveniente, la presión de escape puede considerarse que es suficiente para un buen rendimiento como suplemento de propulsión. Para conseguir emplear la presión más conveniente para cada función, el escape del motor acciona una turbina, la que a su vez mueve un ventilador, que sirve para proporcionar el suplemento de presión requerido para el aire que se utiliza para la carga del motor. Aunque los gases escapan de la turbina a baja presión, no son incorporados a la corriente principal de aire, pues esta mezcla daría lugar a pérdidas, sino que son descargados por toberas especiales para proporcionar un suplemento

En el sistema inglés Harris también se utiliza una corriente de aire aspirado para aumentar la masa propulsora; pero la descarga de ésta se hace por tubos divergentes convergentes.

del esfuerzo de propulsión. La potencia total proporcionada por la turbina es absorbida en el accionamiento del ventilador. De este modo, cuando se opera a grandes alturas, puede regularse la presión del aire proporcionado por el compresor dándole el valor conveniente, mientras que la presión del aire de carga del motor puede permanecer constante. Esto es posible mientras que el incremento en la diferencia de presión en la turbina de gas (energía restituida) compense la mayor relación de presión en el compresor (energía absorbida).

Como la presión de carga del motor es relativamente elevada, el aire se calienta por compresión. Es, por tanto, conveniente enfriarlo después de su salida del ventilador para evitar pérdida de peso en el volumen admitido por el motor para su carga. Para disipar este calor en la atmósfera, serían necesarias superficies radiantes de complicada construcción y posible aumento de resistencia al avance del aeroplano, experimentándose también pérdidas de energía. Estas mismas consideraciones son aplicables a la refrigeración del motor. En ambos casos puede utilizarse el calor liberado para alimentar el aire aspirado, haciéndose este intercambio en cámara especial de doble circulación. El orden de este intercambio de calor se efectúa, como se indica a continuación en el dibujo, primero entre el aire que sale del compresor y el líquido de refrigeración de los cilindros, y en una segunda cámara, entre el aire que saliendo del ventilador sirve de carga a los cilindros del motor y el procedente de la primera cámara.

En el dibujo se indica, a la izquierda, una instalación completa de este género. El aire entra por un difusor, A, que va instalado de forma que aproveche la presión dinámica del viento relativo creado por el vuelo del avión, o bien aspira el aire de la capa límite, en un punto conveniente del fuselaje o del ala.

El compresor, B, está acoplado mecánicamente o combinado con un motor, C, de dos tiempos. Del aire

que sale del compresor, una parte es aspirada por el ventilador, D, movido por la turbina, E, que a su vez es accionada por los gases de escape del motor.

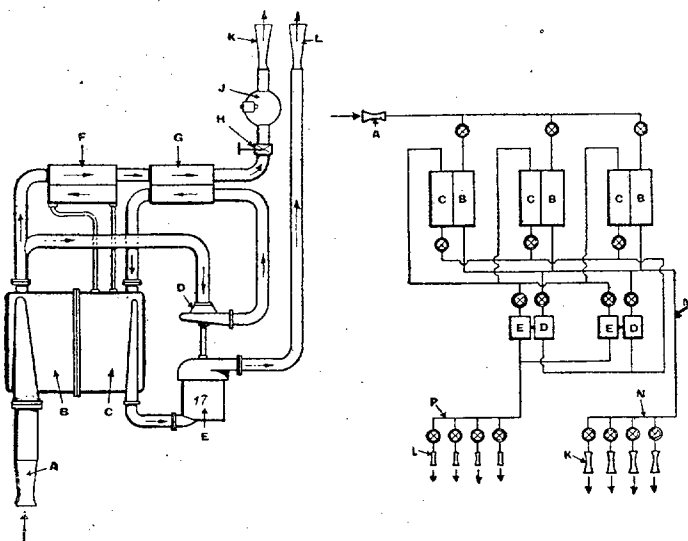
El fluido de refrigeración de los cilindros circula por cámaras, F, de intercambio de calor por doble circulación, mientras que el aire de carga para los cilindros del motor pasa por cámaras, G, también de recuperación o intercambio de calor. La mayor parte del aire salido del compresor, y calentado después de atravesar estas cámaras, F y G, pasa por una válvula reguladora, H, y por cámaras de combustión, J, en las que puede inyectarse gasolina, consiguiéndose así un suplemento de potencia para casos de grandes pesos. De estas cámaras de combustión pasan los gases a los eyectores, K. Por otra parte, los gases procedentes de la turbina, E, descargan por el eyector auxiliar, L.

Para conseguir una mayor flexibilidad y maniobrabilidad, una instalación completa de este tipo comprende varios compresores, motores de carga y cámaras de intercambio de calor, convenientemente conectados entre sí estos elementos para permitir combinaciones diversas entre sus componentes y poder calibrar, a voluntad del piloto, la mayor o menor potencia del sistema. Un ejemplo de instalación de esta clase se representa a la derecha del dibujo. Para simplificar el diagrama se han representado en él por las mismas letras anteriores los distintos componentes, omitiéndose las correspondientes cámaras de intercambio de calor.

En este ejemplo se utilizan tres compresores y dos motores de carga. El aire entra por la toma, A, y es distribuido a los compresores, B, pasando desde éstos al conducto, M, y de aquí a un distribuidor múltiple, N, que lo descarga en los eyectores, K. Parte del aire comprimido es aspirado por los ventiladores, D, y de aquí distribuido a los tres motores, C. Los gases de escape, después de accionar las turbinas, E, pasan por las tuberías, P, a los eyectores auxiliares de descarga, D. Diversas válvulas de regulación y mando, como ya se ha indicado anteriormente, permiten el funcionamiento independiente de los componentes, que pueden a voluntad ponerse en marcha o interrumpirse. El número de equipos completos puede variarse, según las necesidades, empleándose en ellos los tipos de motor, compresor o ventilador-impulsor que más convenientes se crean.

Precursores ingleses.

Las ideas puestas de manifiesto en el esquema suizo parecen haberse aplicado mucho tiempo antes por el inventor inglés F. Whittle. En 1936 proyectó un tipo de "doble ciclo térmico". A toda la masa de aire admitida la hacía pasar por un primer "ciclo térmico inferior", y a una porción de este aire le hacía sufrir a continuación un segundo "ciclo superior". El ciclo inferior consistía en una compresión del aire, que pasaba desde la presión atmosférica a una intermedia; a continuación experimentaba una expansión, debida a que parte del aire anterior se retiraba del ciclo para someterlo a continuación al ciclo superior; finalmente, se sometía la masa restante a una segunda expansión, hasta que alcanzaba nuevamente la presión atmosférica. En el ciclo superior el aire era sometido a una compresión desde la presión intermedia hasta alcanzar una presión más alta; a continuación se calentaba por la combustión de una gasolina, y por último, se expansionaba

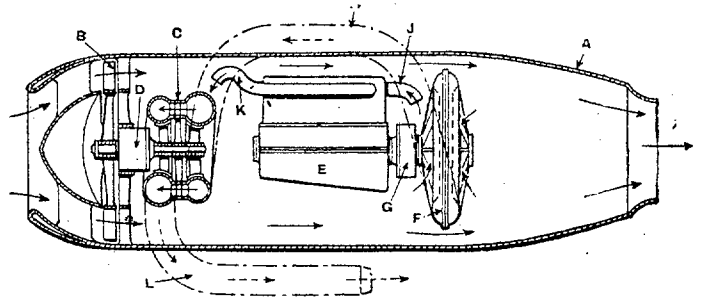


Proyecto suizo Eichelberg, con sistema independiente motor-turbina, funcionando ésta con los gases de escape de aquél. Los gases de escape de la turbina no se mezclan con el aire del compresor, sino que descargan por eyectores auxiliares. A la derecha se indica la instalación completa, con tres compresores y dos motores auxiliares.

hasta alcanzar la presión intermedia a que inició el ciclo. Como en el sistema Eichelberg, los gases de escape del motor, en el ciclo superior, no se mezclaban con la corriente de aire que salía del compresor, sino que pasaban a eyectores auxiliares de propulsión.

Como indica el dibujo, la instalación se montaba en una armadura, A, que tiene en la parte anterior una toma de aire, y en la posterior, un eyector que sirve de propulsor; estos dos elementos forman el conducto principal de aire. El ciclo inferior se realiza por la acción de un compresor axial, B, movido por una turbina de gas, también axial, por intermedio del mecanismo, D. En el ciclo superior se realiza la combustión del gas en un motor, E, que mueve un compresor centrífugo, F, por intermedio de los engranajes, G.

Se utiliza como compresor un simple rotor con tomas de aire laterales, análogo al descrito en el artículo anterior, para la instalación de tipo Whittle. Este compresor aspira aire, a una presión intermedia, del interior del conducto principal, A, y lo envía al conducto, H, en comunicación con la cámara de la turbina, C. Por tubos de admisión, J, el aire que sirve de carga al motor es aspirado del conducto, H, y los gases de escape salen por tubos, K, uniéndose con el aire del conducto, H, para entrar en la turbina, C. Después de accionar ésta, salen los gases por el conducto, L, a



Sistema Whittle de doble ciclo térmico, con turbo-compresor de alimentación a un segundo grupo motor-compresor centrífugo. Los gases de escape del motor después de pasar por la turbina salen por eyectores especiales.

un eyector auxiliar, orientado en sentido contrario a la marcha del avión.

En este proyecto se sugería la posibilidad de aumentar la propulsión derivando parte o todo el aire de la capa límite tomado de algún punto de la estructura, y también utilizando los gases de descarga para modificar o mejorar los efectos aerodinámicos. Como en otros esquemas, pueden calentarse los gases antes de su expansión final haciéndolos pasar por cámaras de combustión auxiliares en las que se inyecta gasolina. Puede aumentarse de este modo el esfuerzo propulsor en casos de sobrecargas accidentales.

NOTAS BREVES

El equipo radioeléctrico del Ju.-88.

El acondicionamiento de los dispositivos de a bordo que permiten el control de los diversos órganos del aeroplano y la dirección de la navegación, así como de la maquinaria eléctrica, es cada vez mejor y más complejo. Para tener una idea de las dimensiones de tal dotación, bastará recordar que el bimotor "Junkers" de bombardeo a gran altura y en picado "Ju.-88" está provisto a bordo de una central eléctrica (comprendida la estación radiotelegráfica), que se compone de cerca de 700 aparatos y pesa alrededor de 500 kilos, mientras que la longitud reunida de los cables eléctricos necesarios para su funcionamiento es de cerca de seis kilómetros.

Vidrio para el revestimiento.

El Laboratorio "Owens Corning Fiberglass", de Newark, ha fabricado un tejido de vidrio puro para el revestimiento de las alas de los aviones. Ha estado expuesto durante seis meses a la acción de los agentes atmosféricos sin sufrir alteración alguna, y sus fabricantes dicen que será más ligero y más resistente al fuego que los revestimientos normalmente en uso; además, absorbe menos humedad que aquéllos. Su única desventaja consiste en que al aplicarle el barniz este tejido encogería única-

mente el 2 por 100, en lugar del 10 o el 12 por 100, como sucede en los revestimientos normales.

Caucho sintético.

En dos nuevas fábricas de Italia se comenzará a producir buna, el caucho sintético alemán que tan buenos resultados está dando en la industria aeronáutica del Reich. Antes de terminar el año 1941, la primera de las mencionadas fábricas debía estar en condiciones de empezar su producción.

Nuevo barniz mimético.

En Inglaterra se ha ensayado un nuevo barniz mimético para aviones. Se ha probado a barnizar un aeroplano "Spitfire" en blanco en la parte inferior de un ala, y de negro en la parte inferior de la otra ala. Con este sistema será bastante difícil distinguir el aeroplano de noche.

Comunicación telefónica entre mecánicos montadores.

La producción del Republic P-43 "Lancer" se ha acelerado considerablemente al adoptarse un sistema de comunicación telefónica entre los montadores que trabajan dentro y los que trabajan fuera del fuselaje.

El «Republic P-47 Thunderbolt».

En breve comenzará la fabricación en serie del "Republic P-47", primer caza norteamericano en el que se instalará un motor de 2.000 cv. "Pratt & Whitney Double Row Wasp". En la actualidad se construyen algunos aparatos de este tipo en los talleres más antiguos de la casa productora, dado que la más nueva e importante de sus fábricas se dedica, con carácter temporal, a la producción del "P-43".

Los técnicos de la "Republic" han terminado ya un nuevo plan de distribución del local, lo que permitirá una rigurosa inspección de todos los elementos y partes que pasan a los talleres de montaje final. La mitad occidental del local está separada de la mitad oriental de la misma, en la que se efectúa el montaje final, por una barrera formada por la maquinaria y los talleres de pintura; ambas mitades están unidas por una estrecha nave lateral. Todos los elementos procedentes de los montajes parciales y de los demás talleres, serán necesariamente canalizados en esta nave a modo de pasillo, haciéndose así posible una inspección rigurosa de todos los elementos por parte del Departamento de Inspección, al objeto de evitar que puedan instalarse en los aviones en construcción elementos y partes no revisados convenientemente.