



Por PEDRO BLANCO PEDRAZA
Teniente Coronel Ingeniero Aeronáutico.

El empleo cada día más extendido y generalizado del helicóptero nos obliga a que, precisamente en España cuna del autogiro, exista una idea clara de lo que tienen de común, de lo que tienen de distinto y de las posibilidades actuales de cada uno de estos dos tipos de aeronaves de alas giratorias.

1. CARACTERISTICAS COMUNES

Evidentemente el confucionismo que muchos profanos originan involuntariamente al hablar de autogiros y helicópteros proviene de aquello que tienen de común que, en esencia, es un fuselaje sin alas y una gran

hélice (*) de eje sensiblemente vertical que les proporciona la sustentación aerodinámica necesaria, hélice ésta de la que, por los medios adecuados, pende el fuselaje. Precisamente la propiedad común a estos dos tipos de aeronaves, de obtener la sustentación necesaria mediante el giro de una hélice de eje aproximadamente vertical, llamada generalmente *rotor sustentador*, es la que incluye a ambas en la familia de las *aeronaves de alas giratorias*.

Hay muchos helicópteros que no adoptan la configuración convencional de un fuselaje

(*) Esto es en el caso de autogiros y helicópteros de un solo rotor sustentador.

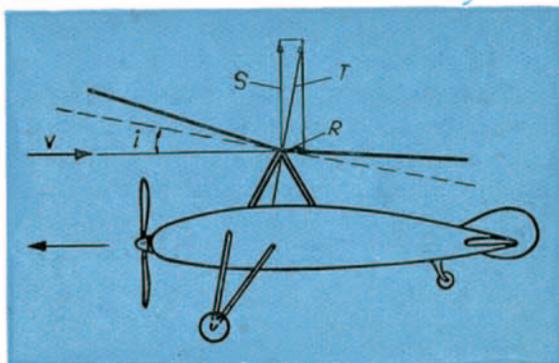


Fig. 1.

je sin alas y un rotor sustentador, presentando, por el contrario, a veces, dos o más de éstos. Tampoco se conoce ninguna versión utilitaria del autogiro que se haya apartado de la citada configuración clásica; sin embargo, ello no autoriza a decir que todas aquellas aeronaves de alas giratorias que legnan más de un rotor sustentador han de ser necesariamente helicópteros, pues no hay nada que impida que el autogiro pueda adoptar también la configuración multirotor.

II. CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES

1.—Autogiro con rotor accionado por el viento de la marcha.

La diferencia orgánica fundamental entre autogiro y helicóptero consiste en que durante el vuelo normal, el rotor sustentador del primero gira sin necesidad de ser accionado directamente por el motor y en cambio el rotor sustentador del helicóptero gira por estar movido a motor. Como consecuencia de esta diferencia existen otras de detalle que veremos con detenimiento y que observadas, cuando los dos tipos de aeronaves están en tierra, nos permiten distinguir, sin ninguna duda, una de otra.

Un autogiro para volar con aire en calma necesita, como puede apreciarse en la figura 1, una hélice tractora que proporcione traslación de la aeronave en dirección aproximada al eje del fuselaje, creando un viento relativo v que al actuar sobre el rotor sustentador en condiciones adecuadas le hace girar como las aspas de un molino de viento, sin transmitir a la aeronave ningún

par motor. Por ello, a los primeros autogiros que volaron en Inglaterra les llamaron *molinos de viento del cielo* ("sky wind mill"), universalizándose después la denominación de *autogiro* para esta clase de aeronaves, aunque inicialmente se empleó para designar solamente el rotor sustentador ideado por Juan de la Cierva. El rotor por la acción del giro y del viento relativo v origina una resultante T que la descomponemos en la sustentación S y en la resistencia al avance R , fuerza esta última, que sumada a las resistencias parásitas del resto de la aeronave ha de ser equilibrada por la correspondiente de la hélice tractora. Vemos, pues, que el rotor del autogiro necesita un viento relativo v casi perpendicular a su eje (el ángulo i suele ser pequeño), y por consiguiente, con aire en calma, no puede realizar la maniobra de estacionarse en la vertical de un punto del suelo; tampoco puede subir por la vertical de un punto del suelo hasta alcanzar su techo aunque el propio La Cierva perfeccionó el autogiro consiguiendo el *despeque por salto* sin rodar absolutamente nada y subiendo verticalmente cinco o seis metros, iniciándose después una trayectoria horizontal para conseguir la traslación necesaria para el funcionamiento del rotor. En pocas palabras podemos resumir que *el autogiro para sustentarse necesita trasladarse*, aunque en los modelos clásicos más perfeccionados podía volar a 30 ó 40 km/h. sin ningún peligro porque el ángulo de ataque i del rotor puede llegar a ser grande sin entrar en pérdida y porque la sustentación suministrada por el rotor en esas condiciones es muy superior a la que proporcionaría el ala de un avión análogo a esas velocidades.

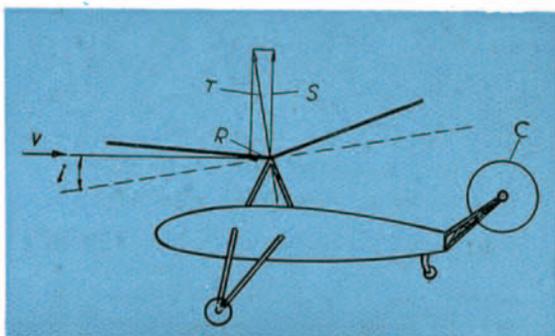


Fig. 2.

Naturalmente que la tracción de la hélice, necesaria para la traslación, puede sustituirse en el autogiro por el empuje de un motor de reacción, cosa que, externamente, puede dificultar la diferenciación entre autogiro y helicóptero.

2.—*Helicóptero con rotor accionado mecánicamente.*

Por su parte un helicóptero clásico, en vuelo horizontal, como puede apreciarse en la figura 2, no necesita hélice tractora para trasladarse, pues el eje del rotor, en dichas condiciones de vuelo, se inclina ligeramente hacia delante con lo que a la vez que la sustentación necesaria *S* nos da la componente tractora *R* para vencer la resistencia al avance del conjunto del helicóptero. Para que el rotor sustentador gire en dichas condiciones de vuelo, ha de ser movido a motor que, si está fijo al fuselaje y transmite su potencia al rotor por medios mecánicos, éste origina un par motor que ha de ser compensado con una hélice *C* de eje generalmente horizontal, emplazada convenientemente o por la reacción de un escape adecuadamente orientado, de gases o de aire comprimido o por otro procedimiento (**).

Esta necesidad de enlazar mecánicamente el motor con el rotor sustentador, es una de las condiciones que dan mayor complejidad mecánica y peso al helicóptero. Esquemáticamente aparecen en la figura 3 los mecanismos necesarios que enumerados del motor al rotor son:

Ventilador (1), que es necesario para asegurar la refrigeración del motor durante su funcionamiento cuando el helicóptero esté parado en tierra, estacionado en el aire o con poca velocidad de traslación. Los autogiros y aviones no necesitan este elemento pues como la hélice tractora va solidariamente unida al cigüeñal del motor, actúa como ventilador desde el momento mismo en que éste se pone en marcha.

Embrague (2) que tiene principalmente la

(**) Si el helicóptero tiene más de un rotor sustentador es fácil conseguir la compensación mutua de sus pares motores.

doble misión de mantener acoplado el motor a los rotores sustentador y compensador durante el funcionamiento normal y la de desconectar dichos rotores del motor en caso de parada o avería de éste. Con objeto de conseguir un funcionamiento automático en el embrague, se ha generalizado mucho en los helicópteros el empleo de los de tipo centrífugo.

Reductor (3), que como su nombre indica tiene por objeto rebajar las revoluciones a que funciona normalmente el motor hasta el régimen de revoluciones que, en cada caso y mediante un detenido cálculo, se encuentra como más adecuado para el rotor sustentador. En caso de emplearse un motor de eje horizontal se aprovecha el reductor para efectuar, además de la reducción necesaria en las revoluciones del motor, el cambio de dirección del eje transmisor de potencia que ha de llegar al rotor sustentador en dirección aproximadamente vertical; si el motor empleado es de eje vertical puede utilizarse un reductor con un tren de engranajes de ejes paralelos (verticales en este caso) que suele ser de fabricación más sencilla y de funcionamiento más seguro.

Mecanismo de rueda libre (4), que es imprescindible para, caso de parada o avería del motor en vuelo, asegurar que el rotor sustentador continúa girando primeramente por inercia y después en autorrotación como el de un autogiro al darse a las palas el paso necesario, que es bastante menor que el requerido cuando funcionan movidas por el motor, y al darse también al helicóptero la trayectoria descendente adecuada. El motor parado se desconecta de todos los mecanismos porque el embrague centrífugo deja de actuar. En dichas condiciones, con motor parado, el helicóptero desciende con su rotor sustentador funcionando en autorrotación aprovechándose del principio de funcionamiento del autogiro para poder realizar un aterrizaje sin riesgo, quedando muy patente en este caso la valiosa contribución del autogiro al desarrollo y seguridad del helicóptero.

Toma de potencia para el rotor compensador (5), que es imprescindible para accionar el rotor compensador, el cual tiene la doble

misión de contrarrestar el par motor del rotor sustentador y de permitir al fuselaje adoptar la dirección que se dé, dentro de un plano perpendicular al eje de dicho rotor sustentador. Esta orientación del fuselaje se consigue accionando adecuadamente unos pedales, análogos a los del mando de dirección de un avión, que actúan sobre el paso del rotor compensador haciendo aumentar o disminuir su tracción, según convenga.

Todos los mecanismos que acabamos de enumerar y que, como hemos dicho, aparecen esquemáticamente representados en la figura 3, son necesarios en la transmisión de potencia del motor al rotor sustentador en el caso que éste sea accionado por el cigüeñal de un motor de émbolo o por el eje de un motor turbohélice, aunque en este último caso se puede sustituir el rotor compensador con su transmisión y toma de potencia por el empuje, convenientemente dirigido, del turbohélice.

3.—Helicóptero con rotor propulsado por chorro.

En este caso se suprimen por completo todos los mecanismos de la transmisión de potencia, ya que la potencia propulsiva se engendra generalmente en la misma punta de las palas del rotor o rotores sustentadores.

La extraordinaria simplificación mecánica que ello trae consigo en el helicóptero, unido a la economía en peso y fabricación que de ello se deriva, hacen que el estudio, investigación y ensayos sobre este sistema de propulsar el rotor sean objeto de una marcadísima preferencia por parte de los técnicos en helicópteros que de este modo tratan de vencer las múltiples dificultades y algunos inconvenientes que presenta el sistema.

Hay que hacer notar además, en favor de este sistema, que no necesita rotor compensador de par ya que el empuje que propulsa a cada pala del rotor sustentador está equilibrado por la eyección a la atmósfera de los gases de la combustión.

Por razones de resistencia de materiales y por razones de efectos giroscópicos no conviene situar en

la punta de las palas del rotor grandes masas ni masas que tengan movimiento giratorio propio con lo que, por el momento, queda excluido el empleo de turbo-reactores con dicho emplazamiento.

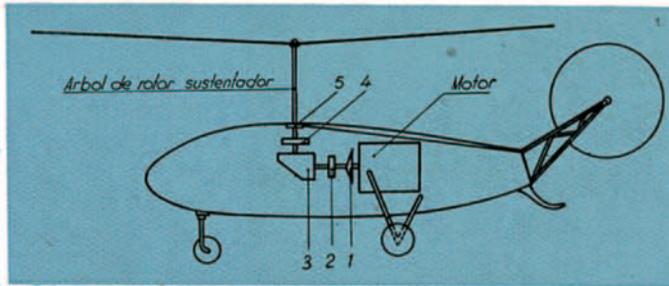


Fig. 3.

Otro factor importante a tener en cuenta es el de la resistencia aerodinámica del propulsor empleado, que debe ser lo más pequeña posible con objeto de facilitar la autorrotación del rotor con los propulsores "apagados".

Por ello, las variantes principales de propulsión por chorro que están siendo objeto de estudio y experimentación en rotores de helicóptero, son:

- Por aire comprimido enviado por el interior de las palas hasta unas toberas situadas en la punta.
- Por aire y combustible enviados por el interior de las palas a quemadores y toberas situados en la punta.
- Por combustible enviado por el interior de las palas a estato-reactores o pulso-reactores situados en la punta.
- Por cohetes situados en la punta de las palas.

Cada una de estas variantes puede tener diversas soluciones que presentan, entre otros muchos, complejos problemas de alimentación, estabilidad, regularidad y control de la combustión, etc., etc.

Para la orientación del fuselaje se ensa-

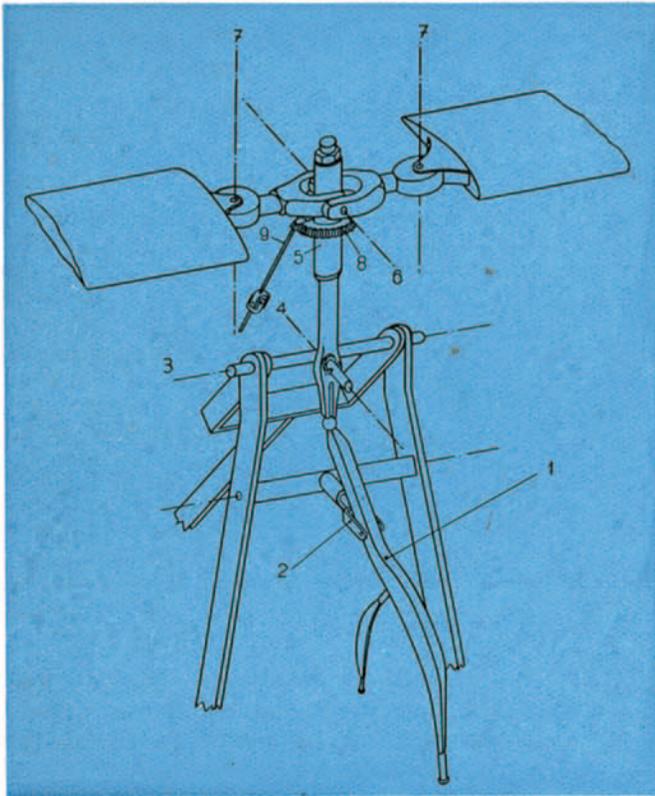


Fig. 4.

yan también las variantes citadas en el párrafo anterior con exclusión de la c), pero en cambio también se ensaya el empleo de los gases de escape de turborreactor.

Características desfavorables de este sistema de propulsión de rotores son entre otras su elevado consumo de combustible y la excesiva inercia de los rotores que hace menos maniobrables a los helicópteros que los llevan, pero, a pesar de su elevado consumo de combustible, para distancias cortas, son más ventajosos que los de transmisión mecánica.

4.—Mandos del autogiro.

Como modelo de mandos del autogiro elegimos los del autogiro llamado de "mando directo" cuya primera solución fué el tipo C-30 y a la cual se refiere esquemáticamente la figura 4. (Para simplificar el esquema se han colocado solamente dos palas al rotor, aunque el citado modelo tiene tres palas.) Este modelo de autogiro, como puede verse en la fotografía adjunta, no tiene alas aunque sí estabilizadores integrados por su-

perficie fijas sin ningún timón ni control en vuelo sobre ellas.

Todos los mandos de vuelo de un autogiro de este modelo están reducidos a la palanca 1 (fig. 4) articulada universalmente en (2) y que, mediante la articulación, también, universal de ejes (3) y (4) y convenientemente accionada, puede inclinar al buje del rotor (5) en la dirección deseada para que la resultante aerodinámica sobre las palas del mismo adopte la dirección conveniente al desplazamiento que se pretenda hacer con el autogiro. Puede apreciarse en la figura la bifurcación de la palanca para permitir también el pilotaje del autogiro desde el puesto anterior.

Aprovecharemos la oportunidad para poner de manifiesto que las palas del rotor del autogiro no necesitan la charnela de cambio de paso ya que no han de cambiarlo en vuelo; las tres articulaciones o charnelas clásicas de las palas de un rotor quedan, por tanto, reducidas en el caso del autogiro a la articulación de *batimiento* (6) y a la

articulación de *resistencia* (7). Esta última articulación, merced a una idea de La Cierva tanto más ingeniosa cuanto más sencilla, fué empleada con pleno éxito en su autogiro modelo C-34 llamado de *despegue por salto*, ya que el despegue lo realiza sin rodar absolutamente nada y subiendo verticalmente cinco o seis metros convertido momentáneamente en helicóptero. La ingeniosa idea que tuvo La Cierva para ello fué la de colocar el eje (7) de la articulación de resistencia formando un pequeño ángulo con el eje del rotor en lugar de ser paralelo a él, como venía haciendo desde los primeros autogiros. De este modo, sin necesidad de complicar mecánicamente la articulación permite a la pala cambiar el ángulo que forman sus secciones con el plano perpendicular al eje del rotor. La forma de operar sería la siguiente: estando el autogiro en tierra se hace girar el rotor por el motor mediante la corona (8) y el piñón (9) que a su vez va unido a un embrague que permite acoplarlo o desacoplarlo a voluntad con el motor; las palas, debido a la resistencia que les ofrece

el aire, ocupan la posición más atrasada que les permiten las articulaciones de resistencia, que forman un pequeño ángulo con el eje del rotor, posición en la que por tener ángulo de ataque casi nulo respecto al viento relativo, permiten al motor acelerarlas mucho; cuando más aceleradas están las palas se desembraga del motor el piñón (9) y las palas, por inercia ocupan la posición más adelantada que les permiten las articulaciones de resistencia, posición en la que presentan un ángulo de ataque grande dando sustentación suficiente para que el autogiro suba verticalmente cinco o seis metros, mientras dura la energía acumulada en el rotor, debiendo después adoptarse una trayectoria horizontal que permita "alimentar" la autorrotación del rotor.

Nótese la simplificación extraordinaria alcanzada en los mandos de vuelo de este modelo de autogiro, comparada con la que veremos más adelante que tiene los mandos de vuelo de un helicóptero ortodoxo e incluso con los mandos de un avión, ya que en este autogiro los pedales no tienen ninguna función en vuelo y solamente han de utilizarse en tierra para frenar las ruedas del tren de aterrizaje al aterrizar o bien cuando se desee.

5.—Mandos del helicóptero.

A continuación describimos los mandos de vuelo de un helicóptero monorrotor con rotor compensador de cola, en su versión que pudiéramos considerar ortodoxa, poniéndose de manifiesto en la figura correspondiente las conexiones necesarias en un aparato de doble mando.

Los desplazamientos del helicóptero en el aire se deben a la dirección y magnitud de

la resultante de las fuerzas aerodinámicas del rotor y por consiguiente los mandos de vuelo del mismo deben ser tales que nos permitan cambiar a voluntad la orientación y magnitud de dicha resultante. Esto se consigue mediante los mandos de *paso cíclico* y de *paso colectivo*, que describiremos a continuación y de los cuales el primero hace que cada pala del rotor al pasar por un radio determinado, que depende de la posición del mando, adopte un gran paso que va disminuyendo senoidalmente hasta alcanzar el menor valor del paso en la posición diametralmente opuesta desde la que crece, también senoidalmente, hasta alcanzar su valor primitivo al pasar por el radio primeramente citado; las restantes palas del rotor adoptarán el paso que corresponda a su situación radial. El segundo mando citado aumenta o disminuye *simultáneamente* y en la misma cantidad el paso de *todas* las palas del rotor.

En la figura 5 puede verse que el mando de paso cíclico radica en la palanca (4), que moviéndola como se mueve la correspon-

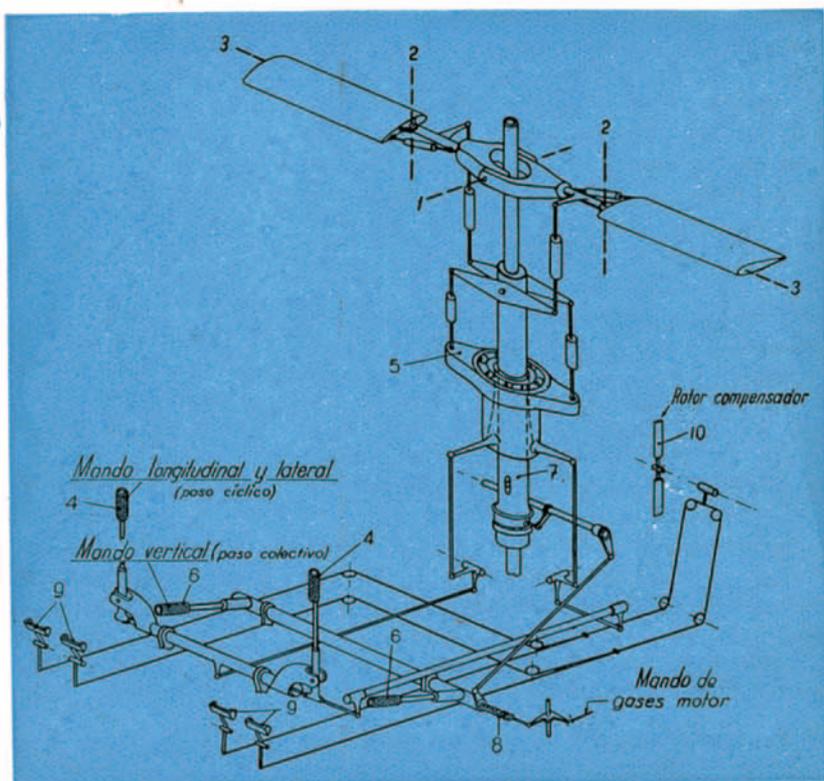


Fig. 5.



El F.B-1 "Gyrodyne".

diente de un avión se tienen en el helicóptero movimientos análogos a los de aquél. Dicha palanca (4) concentra, por tanto, el mando *longitudinal* y *lateral* del aparato y si, por ejemplo, la inclinamos hacia la derecha, el *plato* (5) también se inclina hacia la derecha y hace que la *pala que avanza* aumente su paso y que lo disminuya la que *retrocede*, con lo que la resultante aerodinámica se inclina hacia la derecha del aparato y éste se desplazará hacia la derecha. El mando de paso colectivo radica en la palanca (6), siendo el mando *vertical* del aparato ya que actuando adecuadamente sobre él se puede hacer subir o bajar verticalmente al helicóptero; así, por ejemplo, si tiramos hacia arriba de dicha palanca (6) hacemos bajar el manguito (7) y con él el *plato* (5) lo que lleva consigo un aumento simultáneo y de igual magnitud del paso de las palas, que aumenta la tracción del rotor y por consiguiente hacemos subir al helicóptero verticalmente. Observemos que este mando va conectado, análogamente al mando de gases de una motocicleta pero mediante una cremallera (8), o mecanismo análogo, con el mando de gases del motor, pues es natural que al aumentar o disminuir simultáneamente el paso de todas las palas del rotor, se actúe adecuadamente sobre los gases del motor.

Finalmente, actuando sobre los pedales (9) podemos cambiar el paso del rotor compensador (10) y hacer que el fuselaje del helicóptero adopte la orientación que nos con-

venga dentro de un plano aproximadamente perpendicular al eje del rotor o bien que gire alrededor de dicho eje.

Podemos ver que, mecánicamente, necesitan más complicación los mandos del helicóptero que los del autogiro y que las palas del rotor del primero, generalmente, llevan las articulaciones de *batimiento* (1), de *resistencia* (2) y de *cambio de paso* (3)

frente a las dos primeras que, como máximo, vimos que necesita el autogiro. Sin embargo, debemos hacer notar que algunos fabricantes han patentado y realizado mecanismos que simplifican las articulaciones de las palas y mandos del helicóptero con las ventajitas consiguientes. Las articulaciones de *batimiento* y de *resistencia* tienen como principal misión la de disminuir los esfuerzos de flexión de las palas; la articulación de *cambio de paso*, como su nombre indica, permite cambiar el ángulo de pala y por consiguiente el paso de las palas del rotor.

Obsérvese que los mandos de vuelo del helicóptero, descritos esquemáticamente con auxilio de la figura 5, son bastante más complicados que los de un autogiro y que los de un avión análogo.

III. GENERALIZACION DEL USO DEL HELICÓPTERO Y SU CONJUNCION CON EL AUTOGIRO

Las múltiples y variadas posibilidades de utilización, por todos conocidas, del helicóptero, hacen que su empleo se extienda rápidamente tanto en el campo militar y naval como en el campo civil y de la industria. Como consecuencia de ello se estudian con extraordinario interés todos los problemas de orden aerodinámico, propulsivo, estructural, mecánico, etc., cuyo perfeccionamiento pueden contribuir a mejorar las caracte-

risticas y actuaciones de los helicópteros actualmente en servicio.

Concretamente, el intento de mejorar la relación "peso máximo en vuelo-peso en vacío" ha empujado, como ya hemos dicho, a un intenso estudio, investigación y ensayo de la propulsión por chorro del rotor sustentador del helicóptero por la eliminación que lleva consigo del pesado motor alternativo, así como del conjunto no menos pesado y de gran complejidad mecánica que constituyen el ventilador, embrague, reductor, rueda libre, árbol de transmisión, transmisión del rotor compensador y del propio rotor compensador.

Una de las diversas contrapartidas que presenta en la actualidad este sistema de propulsión, es su elevado consumo de combustible, y como es natural, los trabajos de toda clase, encaminados a reducirlo, son incasantes.

No debemos olvidar, sin embargo, que a todo helicóptero se le exige como condición de seguridad, que su rotor siga girando en autorrotación, cuando el motor se pare por cualquier causa, con el fin de que pueda "planear" como un autogiro y realizar un aterrizaje sin riesgo.

Por otra parte, debe tenerse presente que el autogiro fué convertido por su propio autor momentáneamente en helicóptero para realizar la operación de despegue sin rodar sobre el campo, en su perfeccionado modelo C-34; que también existe un modelo, el *Gyrodyne*, de la figura adjunta, de la casa *Fairrey Aviation Company, Ltd.*, que (con detrimento en su techo en subida vertical, a causa de la mayor potencia consumida por la hélice compensadora - tractora por estar a me-

nor distancia del eje del rotor principal que en un helicóptero ortodoxo, pues está situada en el extremo de la derecha de un ala rudimentaria) goza de las propiedades del helicóptero y del autogiro haciendo la transición de un sistema a otro de funcionamiento en pleno vuelo; que hay proyectistas que, con muy buen sentido, pretenden aplicar a la punta de las palas—con posibilidad de cambio de paso—de un autogiro, unos cohetes de combustión controlable para poder gozar, con este pequeño aumento de peso y la sencillez mecánica del autogiro, de las innegables ventajas inherentes al helicóptero de subir y bajar verticalmente y estacionarse en el aire e interrumpiendo voluntariamente la combustión de los cohetes, continuar el vuelo como autogiro; que a los helicópteros bimotores, que generalmente son también birrotores, se les exige poder continuar el vuelo sin pérdida de altura con un motor parado, lo que obliga a uno de los rotores a funcionar como autogiro.

De todo se deduce que la conjunción entre autogiro y helicóptero es, y será cada día, más completa y que la valiosa contribución de La Cierva al desarrollo de las aeronaves de alas giratorias es reconocida y considerada por todos los especialistas de esta rama de la técnica aeronáutica.



El C-34.