



Introducción al autogiro y vida de Juan de la Cierva

El autogiro probablemente es la mayor aportación española de todos los tiempos a la Aviación.

Juan de la Cierva inscribió en el Registro de Patentes e Inventos de España su invento del autogiro, el 30 de junio de 1920.

El helicóptero fue una continua sucesión de fracasos, desde Leonardo da Vinci, hasta que la Cierva resolvió el problema de la disimetría de las alas giratorias y perfeccionó el invento.

Emilio Herrera sentenció que la concepción del autogiro es un ejemplo de **creación**, más que de invención, porque es algo totalmente diferente, sin relación con anteriores experiencias.

Su origen estuvo en el peligro para el vuelo, de la pérdida de velocidad. Sin velocidad no hay sustentación ni mandos aerodinámicos. Si queremos tener sustentación independientemente de la velocidad de traslación del avión, necesitamos que las alas sigan moviéndose en relación al avión, aunque este se detenga y lo único que lo cumple es lo único son las alas rotatorias. Y si además, queremos tener la seguridad de que esa capacidad de vuelo es independiente del motor del aparato, es indispensable que esa rotación se efectúe sin intervención del motor”.

La problemática de las alas rotatorias: Juan de la Cierva concibió el autogiro como una nueva aeronave sin intención alguna de terminar en el desarrollo del helicóptero. De hecho, cuando construyó su primer autogiro, a comienzo de los años 20, existían ya un gran número de empresas dedicadas al desarrollo y construcción del helicóptero. Sin embargo, no fue hasta que De la Cierva solucionó el problema de las alas rotatorias y los constructores de helicópteros comenzaron a usar su invento, cuando comenzaron a lograrse avances positivos. Aún hoy día el sistema de control de alas rotativas que se utiliza sigue siendo el que patentó en 1932.

Ya desde joven Juan de la Cierva mostró gran interés por el mundo de la aviación. En su adolescencia fundó la B.C.D. junto con sus amigos **José María Barcala y Pablo Díaz**, con los que



compartía esta afición. Los tres construyeron el primer avión biplano español (1912) que logró volar de manera aceptable, bautizado como BCD-1, “**el Cangrejo**”, cuando Juan de la Cierva tenía solo 16 años. El aeroplano fue pilotado por el francés Jean Mauvais.

Los tres amigos construyeron un segundo avión al año siguiente, el BCD-2, pero no logró volar con la eficiencia del primer modelo.

Durante los años siguientes estudió Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, debido a que por aquel entonces no existía una formación específica en Aeronáutica. Sin embargo, su formación en Matemáticas y Física le ayudarían para sus invenciones futuras.

Su siguiente diseño fue **el bombardero trimotor C.3**, que era el primer avión polimotor español y uno de los primeros en el mundo. Lo diseñó como proyecto final carrera y lo presentó al concurso convocado por el Servicio de Aeronáutica Militar español en 1919 para actualizar sus efectivos. El avión, con cinco toneladas de peso máximo al despegue y tres motores Hispano Suiza de 220 CV, era un diseño extraordinario para España en aquella época. Pero el avión, pilotado por el entonces capitán **Julio Ríos Angüeso** sufrió un accidente en su segundo vuelo de prueba debido a una entrada en pérdida. El avión quedó totalmente destruido y aunque el piloto salvó la vida, el accidente marcó al inventor. Tenía que encontrar la forma de crear aeronaves más seguras, aeronaves que no dependieran de su propio movimiento, de su velocidad, para generar sustentación. Aeronaves inmunes a la entrada en pérdida. La clave parecía ser dotar al ala de una velocidad suficiente, aun con el avión parado o prácticamente inmóvil.

La solución consistía en sustituir el ala fija por otra rotatoria, autopropulsada, de forma que en caso de fallo del motor el ala rotatoria aumentase su velocidad de giro, y por tanto la sustentación, a costa de una pérdida controlada de altura. El ala giraría por autorrotación, que se define como “el proceso que produce sustentación mediante la libre rotación de perfiles alares a causa de las fuerzas aerodinámicas resultantes de un flujo de aire ascendente”. Por ello de la Cierva lo bautizó como “autogiróptero”, que más tarde simplificó y patentó como **autogiro**.



El autogiro se compone de un fuselaje, que constituye el cuerpo del aparato, con un motor de combustión interna que constituye el sistema motriz y que está acoplado a una hélice, tractora o impulsora. En la parte superior, por delante de la cabina se halla una estructura en forma de torreta ligeramente inclinada hacia atrás, que contiene el eje de giro del rotor. Éste está constituido por varias palas (generalmente entre 2 y 5) con una sección transversal adecuada para generar la fuerza de sustentación, montadas en un cojinete (buje) que gira respecto al eje. Según los modelos, se encuentran además planos horizontales y verticales que actúan como timones de control.

Si se para el motor, el aparato desciende suavemente gracias a la autorrotación porque la pérdida de altura sigue generando una corriente de aire ascendente con relación al rotor.

La primera condición es que el rotor sea libre y gire en autorrotación impulsado por el viento relativo. Un perfil alar normal y una ligera inclinación hacia atrás del rotor cumplen perfectamente esta condición. Pero todos los intentos de traslación de un rotor con estas condiciones, provocarán un vuelco en el sentido del giro de las palas. Esto es debido a la **asimetría de la sustentación**. La pala que gira en sentido de avance produce una sustentación suma de las velocidades de rotación y de avance, mientras que, en su recorrido de vuelta, produce una sustentación diferencia entre ambas velocidades. Esa diferencia entre ambas sustentaciones, conocida como “asimetría de sustentación, produce el vuelco.

El primer intento de De la Cierva fue montar dos rotores coaxiales girando en sentidos opuestos y compensando así la asimetría de uno con la del otro. Esto llevó a la construcción del C-1, “La Bronca”, creado a partir del fuselaje de un Deperdussin, con motor Le Rhône de 60 CV, sobre el cual montó un eje vertical con dos rotores coaxiales cuatripalas y contrarrotatorios. Le añadió también una superficie vertical coronando el eje del rotor con objeto de incrementar la estabilidad lateral. Pero el resultado no fue el esperado debido a la interferencia aerodinámica entre ambos rotores, lo que lleva a que el inferior rote a menos velocidad y no se compense la asimetría.



Consideró la posibilidad de forzar el giro a igual velocidad mediante interconexiones mecánicas, pero lo desestimo por la complejidad del mecanismo. Construyó entonces un “rotor único compensado”, basado en la idea de lograr una pala que, aprovechando el efecto del menor ángulo de ataque a que está sometida la pala que avanza y el mayor sobre la que retrocede, consiguiera una distribución simétrica de sustentación en ambos lados del rotor a cualquier velocidad de traslación.

Aplicó este nuevo diseño de pala de rotor a sus aeromodelos de ensayo, consiguiendo que volaran perfectamente, pero cuando lo aplicó a sus prototipos C-2 y C-3, ambos seguían manifestando una marcada tendencia a inclinarse lateralmente en cuanto aumentaba la velocidad.

Se dio cuenta que la diferencia entre el aeromodelo y los modelos reales residía en la flexibilidad de las palas del aeromodelo. Esa flexibilidad permitía a las palas del aeromodelo doblarse hacia arriba, cuando la pala avanzaba, y hacia abajo, cuando retrocedía respecto a la marcha. Cayó en la cuenta de que, debido a la inclinación del rotor, el ángulo de incidencia del aire relativo respecto a la misma (ángulo de ataque) disminuía al subir, mientras que, cuando la pala descendía, el ángulo de ataque aumentaba. Esto le llevó a articular la raíz de la pala en sentido horizontal, de forma que las palas podían bajar y subir libremente obteniendo la misma ventaja de la flexibilidad en los aeromodelos, pero manteniendo al mismo tiempo la rigidez estructural requerida en los autogiros reales (articulación de batimiento).

Desde el primer momento quiso conseguir el control total del autogiro desde el rotor, sin embargo, para no demorar el C-4 optó por instalar una viga y alerones auxiliares.

El 17 de enero de 1923 en el aeródromo de Getafe, el invento de Juan de la Cierva, surcó el cielo. El autogiro modelo C.4, pilotado por su gran amigo el teniente **Alejandro Gómez Spencer**, voló una distancia de 183 m. El 31 voló un circuito cerrado de más de 4 km.

Para continuar la evolución y una vez finalizados los recursos económicos propios, De la Cierva contó con la ayuda de la Aviación Militar y el uso del túnel de viento de Cuatro Vientos



por mediación del entonces comandante Emilio Herrera, jefe del laboratorio Aerodinámico, con el apoyo del general Francisco Echagüe.

Para la construcción del C-6 usó el fuselaje de un Avro 504 y aunque los ensayos se iniciaron a principios de **1924 (Cap José Luís Ureta Zabala)**, diversos problemas acabaron relegando el aparato al fondo de un hangar y no fue hasta el mes de **diciembre** cuando el capitán **Joaquín Lóriga Taboada** se interesó por él y se reanudaron las pruebas. Los días 9 y 11 de diciembre voló el autogiro en varias ocasiones y se atrevió a realizar la prueba definitiva nunca antes intentada: colgar el autogiro del rotor y dejarle descender en autorrotación. El resultado fue exactamente el previsto y el autogiro siguió un perfil descendente estable y sin entrar en pérdida.

El C-6 fue rápidamente mejorado con la introducción de un rudimentario sistema de lanzamiento del rotor mediante una cuerda arrollada al mástil. El nuevo prototipo pasó a denominarse C-6 Bis y fue el primero en ser exhibido en certámenes internacionales y adquirir gran popularidad.

En febrero de 1927 el C-6C británico sufrió la rotura de dos palas en vuelo, pese a lo cual consiguió aterrizar en una autorrotación realmente de emergencia. El accidente se atribuyó a fatiga de material y el estudio de las causas de esa prematura fatiga condujo a la existencia de unas fuertes tensiones que actuaban sobre las palas frenándolas y acelerándolas hacia adelante y hacia atrás alternativamente. Este fenómeno se produce porque la pala que avanza genera en su ascenso una mayor sustentación cuyo exceso se consume en la elevación de la pala. Al propio tiempo la pala que retrocede genera menor sustentación que se compensa con el incremento de ángulo de ataque relativo a que se ve sometida. La generación de sustentación lleva aparejada la existencia de una resistencia inducida proporcional a la sustentación. De ese modo, al aumentar la sustentación la pala se ve frenada y al disminuirla, se ve acelerada. A esto hay que sumar el efecto Coriolis de acercamiento y alejamiento del centro de gravedad al eje de rotación en sus subidas y bajadas en cada rotación. La solución a este problema fue articular las palas en su raíz también en sentido perpendicular al plano de rotación, la denominada “articulación de arrastre”.



A continuación, surgió un nuevo problema, ahora provocado por la aparición de un fenómeno de resonancia que provocaba tremendas vibraciones que hacían saltar la aeronave sobre el suelo. El fenómeno estaba provocado por el movimiento adelante y atrás de las palas en su raíz, porque las desalineaba respecto al eje del rotor, desplazando el centro de gravedad, lo que hizo necesario limitar ese desplazamiento. De la Cierva montó unas cintas elásticas que unían cada pala con sus colaterales, manteniendo la distancia de separación dentro de unos límites. Aquellas cintas constituyeron el primer amortiguador de arrastre de la historia.

La solución de todos estos problemas llevó al éxito final y a la comercialización del autogiro tanto en Europa como en Estados Unidos (Harold Pitcairn).

El hito más importante se produjo en mayo de 1928, cuando De la Cierva, acompañado por un periodista francés, cruzó el Canal de la Mancha con el C-8 Mk II.

Para acortar la carrera de despegue se adoptaron prelanzadores mecánicos que se utilizarían en todos los autogiros, tanto europeos como americanos.

Tan sólo faltaba conseguir lo que, desde el primer momento tuvo en mente el inventor: que el control del autogiro se realizara enteramente a través del rotor. Lo consiguió mediante una cabeza de rotor articulada que se probó por vez primera en un C-19 al que se despojó de alerones y timón de profundidad.

Todos los desarrollos y adelantos técnicos se unieron en el C-30, construido en Francia y exhibido por primera vez, pilotado por el propio De la Cierva, en abril de 1933.

El autogiro daría vida más adelante al helicóptero, algo que su precursor no llegó a ver debido a su muerte el 9 de diciembre de 1936 a los 41 años, cuando el avión en el que realizaba el vuelo Londres-Ámsterdam se estrelló cerca del aeródromo de Croydon a causa de la escasa visibilidad.

Resumen del proceso:



La idea: Una aeronave que no dependa de la velocidad de vuelo para obtener sustentación y que no dependa del motor. Lo primero se obtiene con alas rotatorias, lo segundo con que estas giren en autorrotación sin más energía que la de la corriente de aire.

Autorrotación: con el eje de giro ligeramente inclinado hacia atrás la sustentación produce una componente vertical y otra horizontal hacia adelante que es la que produce la autorrotación.

Asimetría de sustentación producida por el movimiento de avance.

Rotor único compensado: Trata de aprovechar el efecto de variación del ángulo de ataque entre la pala que avanza y la que retrocede. La pala que avanza (y sube) presenta un menor ángulo de ataque (menor fuerza de sustentación) y la que retrocede (y baja) presenta un mayor ángulo de ataque (más sustentación). En los aeromodelos funciona, pero en el autogiro real no es suficiente. La diferencia está en la elasticidad de las palas del aeromodelo.

Articulación de batimento: Articulación de la raíz de la pala en sentido horizontal (C-4).
17-01-1923

Control de alabeo: Control de paso cíclico por deformación del borde de salida de las palas (C-2 y C-3)¹ Sistema mecánico abandonado en el C-4 por el gran esfuerzo que requería sobre la palanca. La solución fue acoplar una viga con alerones (C-6) y posteriormente alas para mejorar la aerodinámica de las superficies de control C-19).

Prelanzamiento del rotor: Acorta la carrera de despegue.

Articulación de arrastre: Prematura fatiga de las palas por tensiones alternativas de frenado y acelerado hacia adelante y hacia atrás. Su origen está en las variaciones de sustentación entre la pala que avanza y la que retrocede y la consiguiente variación de la resistencia inducida que lleva aparejada. Estas variaciones en la resistencia son las responsables de las fuerzas de frenado y aceleración. La solución fue la articulación de la raíz de la pala también en el plano de rotación (articulación de arrastre).

Rotor de doble articulación y aparición de vibraciones y resonancia: El movimiento de las palas hacia adelante y hacia atrás alrededor del eje de arrastre desplazan el centro de gravedad del conjunto provocando un desequilibrio de las masas de las palas con respecto al eje del rotor. Solución: cintas elásticas limitando el arrastre (**amortiguador de arrastre**).

Control a través del rotor: Cabeza del rotor montada sobre una junta universal permitiendo su inclinación en todas las direcciones (**cabeza de rotor articulada**).



Despegue por salto: En 1934 Juan de la Cierva consiguió realizar este nuevo e importante perfeccionamiento que le permitió despegar verticalmente. Consiste en la sustitución del eje de la articulación de arrastre (resistencia) por otro de oblicuidad convenientemente estudiada que permitía el despegue por salto. No necesitaba rodar y alcanzaba una altura de 5 ó 6 metros y después continuar su vuelo normal. La causa era debida a la oblicuidad adecuada del eje de la articulación de resistencia que permitía a la pala, cuando el rotor se accionaba con el motor por intermedio del embrague y dispositivo de arrastre, quedarse retrasada por efecto de la resistencia al avance que encuentra al girar. En dicha posición, por la mencionada oblicuidad del eje, le corresponde a la pala un ángulo de ataque que presenta la mínima resistencia al avance. En esas condiciones el rotor accionado por el motor puede alcanzar gran velocidad de rotación y acumular bastante energía y si entonces lo desconectamos del motor por medio del mecanismo de embrague, el eje del rotor, por el rozamiento de los cojinetes y de los engranajes del dispositivo de arranque, sufre un pequeño desplazamiento angular quedándose retrasado respecto a la posición ocupada al girar con motor, mientras las palas, por inercia, tienden a seguir girando a la misma velocidad. El desplazamiento que se produce entre el eje del rotor y las palas, debido a la oblicuidad del eje de articulación de resistencia o arrastre, coloca a estas con el ángulo de ataque de sustentación normal, haciendo que el autogiro despegue súbitamente, subiendo verticalmente hasta que el régimen del rotor se reduce a sus revoluciones normales por haberse consumido el excedente de energía acumulada.

Con este perfeccionamiento puede decirse que el autogiro alcanzó su pleno desarrollo técnico, ampliando las posibilidades de utilización al no necesita rodar sobre el suelo ni para despegar ni para aterrizar.

Antonio Utrilla