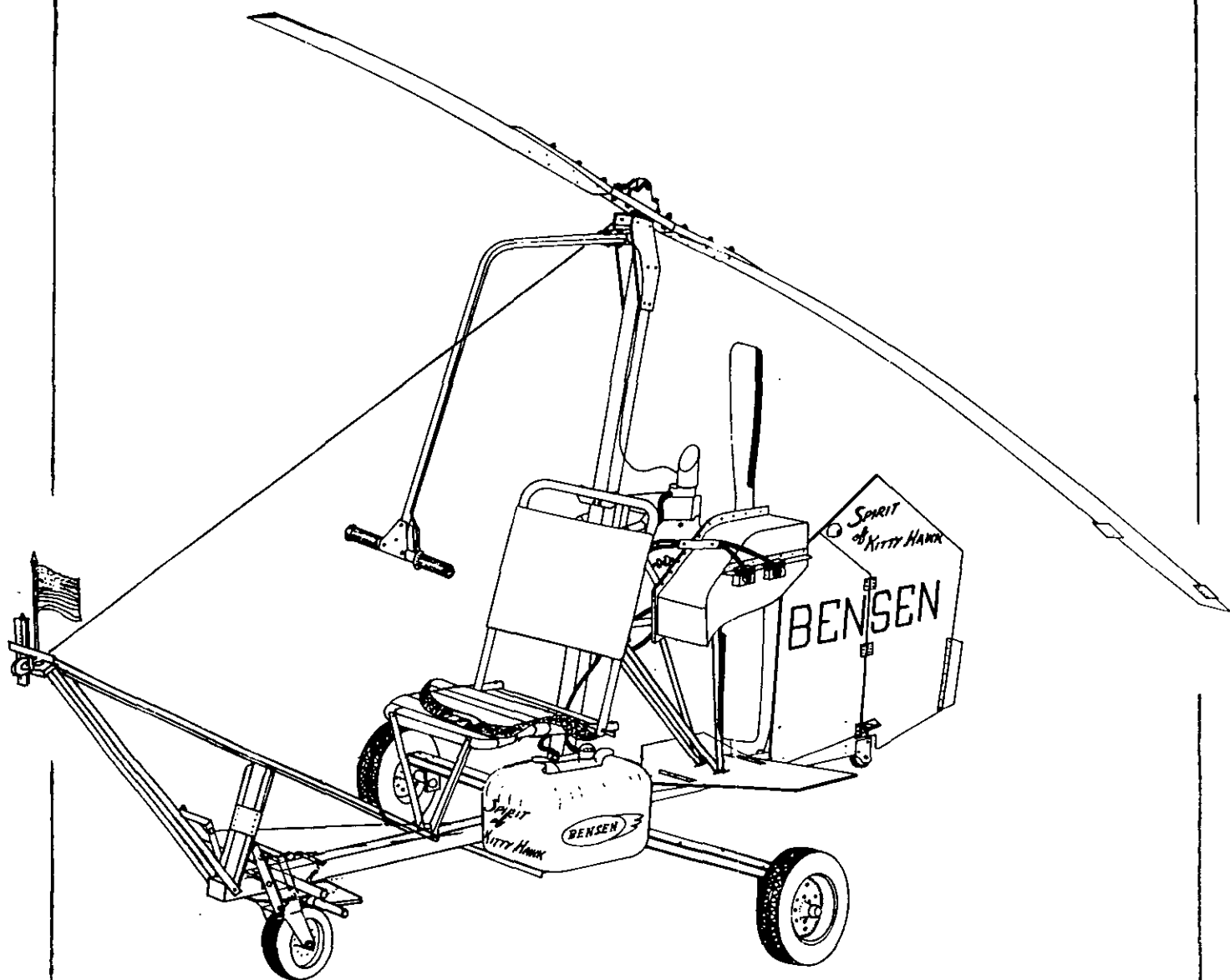


# AUTOGIROS



MANUAL DE VUELO  
Y PECULIARIDADES

## HOMENAJE

Este año, el 21 de septiembre, se cumple el primer centenario del nacimiento de D. Juan de la Cierva y Codorníu.

Querría imaginar que todo aficionado español a la aviación conoce a este compatriota y su invento, aunque no todos sepan que el principio de sustentación difiere del de los helicópteros.

Hemos querido hacer un homenaje a Juan de la Cierva y su invento, pensando que nada mejor que dedicarle la Reunión Nacional de los Constructores Amateur de 1995 al AUTOGIRO.

Conferencias, videos y sobre todo autogiros y pilotos de autogiros que nos contagien su entusiasmo y nos desvelen los secretos y encantos de estas maquinas.

Vaya además nuestro reconocimiento y agradecimiento a Juan de la Cierva por su obra.

-----

## AGRADECIMIENTO

Presentamos en este manual que hemos denominado "AUTOGIROS ; MANUAL DE VUELO Y PECULIARIDADES", un sistema de aprendizaje con autogiro remolcado, puesto en practica por Emilio López Alemany, Mario Ramonell García, Mario Ramonell Velazquez y Angel Serrano Martínez, y un manual de vuelo de autogiros, preparado por José Luis Villar, partiendo del manual de vuelo de los autogiros Bensen.

Una serie de artículos originales y/o traducidos completan este manual.

Han colaborado los siguientes compañeros :

- Antonio H-Ros Murcia
- Mario Ramonell García
- José Luis Villar
- Emilio López Alemany
- Mario Ramonell Velazquez
- Angel Serrano Martínez
- Joaquín Guerra Jiménez

Esperamos que os sirva de ayuda a todos aquellos que estéis interesados en los autogiros, aclarando conceptos y evitando el cometer errores.

Este manual se ira incrementando con mas artículos que hayan salido o aparezcan en nuestro Boletín.

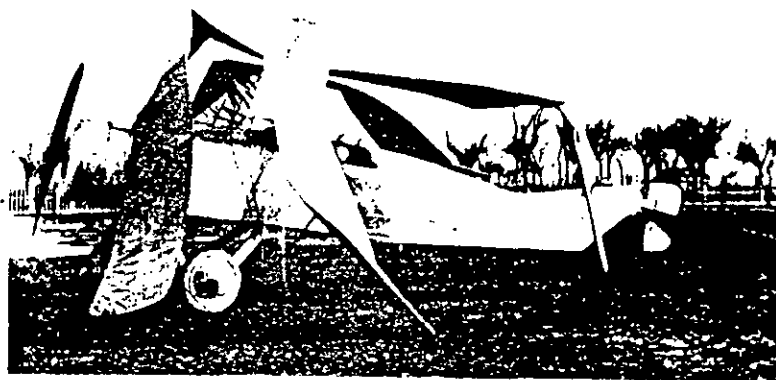
Vuestra ayuda y critica serán bien recibidas.

Joaquín Guerra Jiménez 5/95

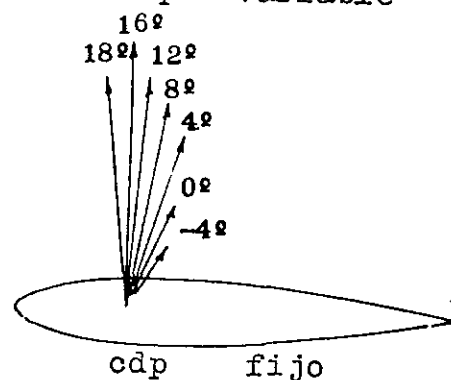
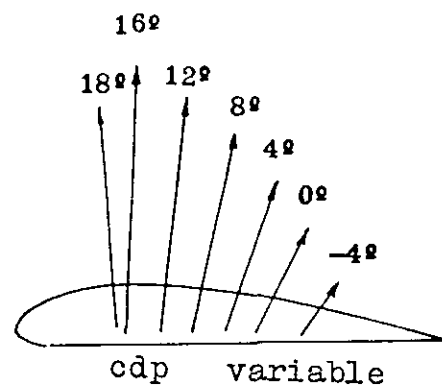
# AUTOGIROS 1

## EL PERFIL

En Julio de 1923 , rodando en tierra , el autogiro CIERVA C.5 sufrio un accidente por roturas en una pala . Juan de la Cierva llego a la conclusion de que el fallo fue provocado por las variaciones del centro de presiones( cdp ) del perfil Göttingen Go 430 . Para evitar este problema , en los autogiros siguientes utilizo el perfil biconvexo Go 429 , de cdp practicamente constante .

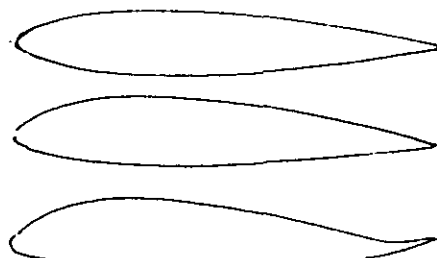


Utilizando perfiles de cdp fijo y haciendo coincidir el larguero de la pala con él se evitan los momentos que tienden a torsionar la pala .



Los perfiles que son adecuados para palas de rotor y tambien para alas volantes son los de cdp fijo .

- a ) SIMÉTRICOS
- b ) N.A.C.A. serie 230
- c ) DOBLE CURVATURA .

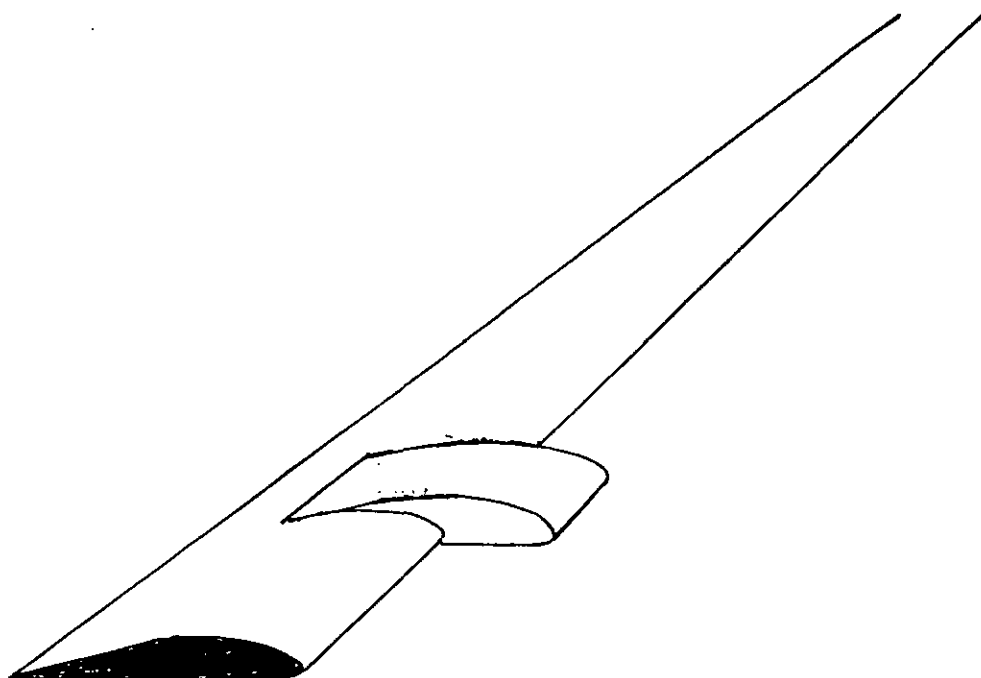


# AUTOGIROS **2**

## CENTRADO DE LAS PALAS

La pala de un rotor se comporta como un ala volante ,  
asi que su centro de gravedad ( c.d.g ) debe estar ligera -  
mente delante del centro de presiones ( c.d.p ) para que  
sea estable su vuelo .

No es necesario que el centrado se efectue a lo largo  
de toda la envergadura de la pala , puede instalarse un solo  
contrapeso exterior pero es mejor solucion aerodinamica  
alojarlo en el interior de la pala .

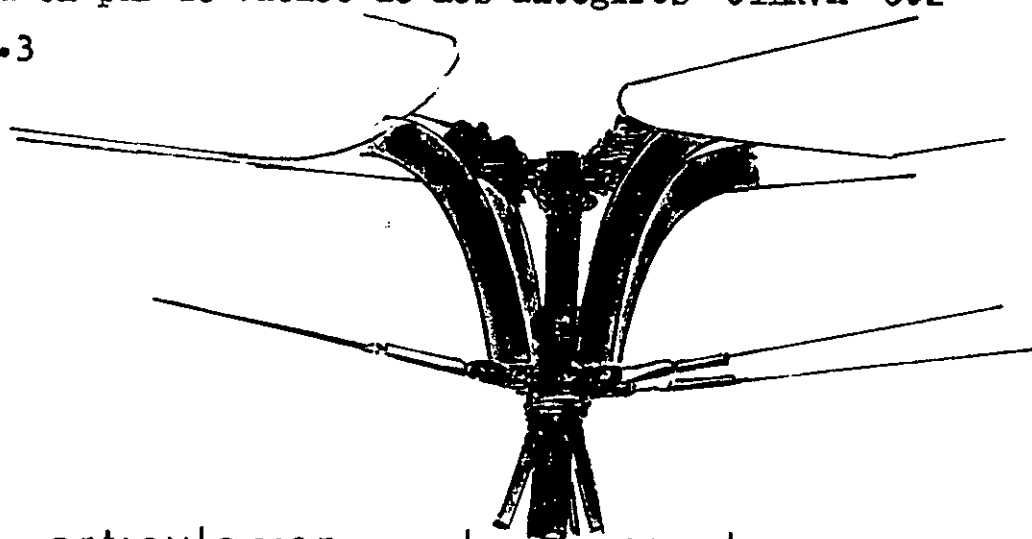


# AUTOGIROS 3

## ROTOR ARTICULADO

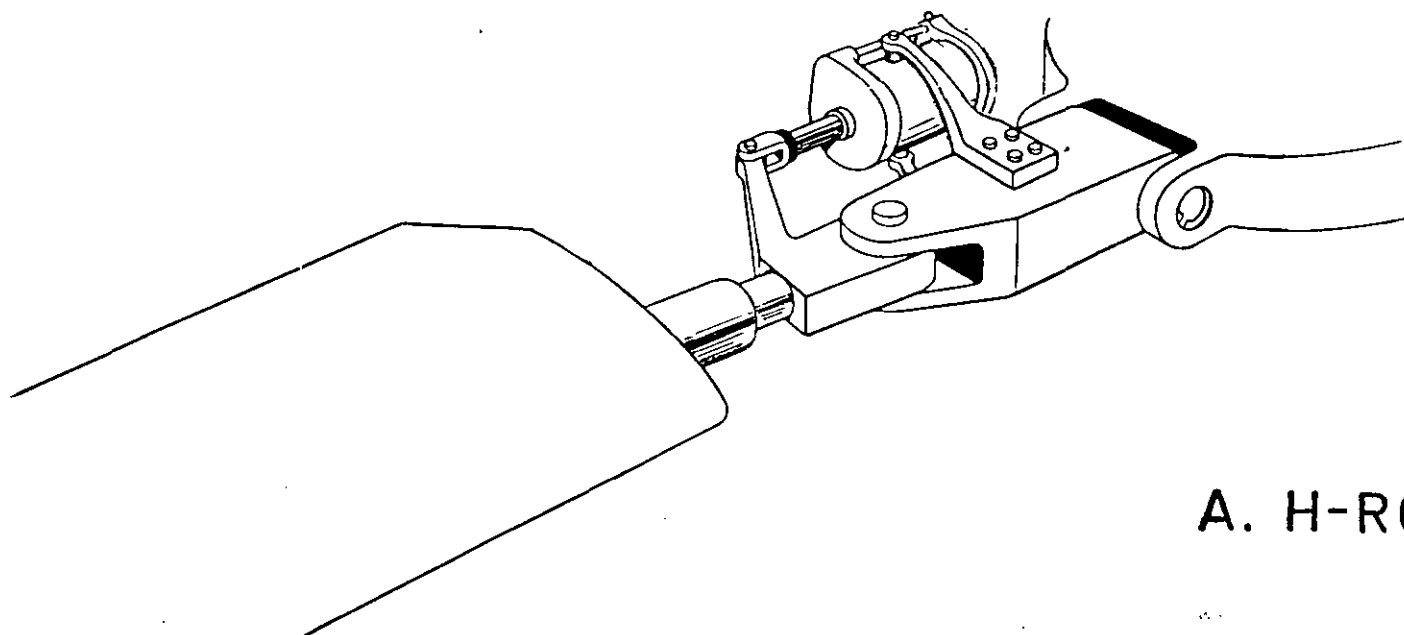
### a) articulacion de batimiento

Ideada por Juan de la Cierva el 2 de Enero 1922 ,  
evita el par de vuelco de los autogiros CIERVA C.2  
y C.3



### b) articulacion de arrastre

El día 7 de Febrero de 1927 se le desprende una pala  
en vuelo al autogiro CIERVA C.6c modificado, realizando  
un aterrizaje de emergencia . Estudiado el accidente ,  
Juan de la Cierva diseña una segunda articulacion que  
necesita amortiguacion .

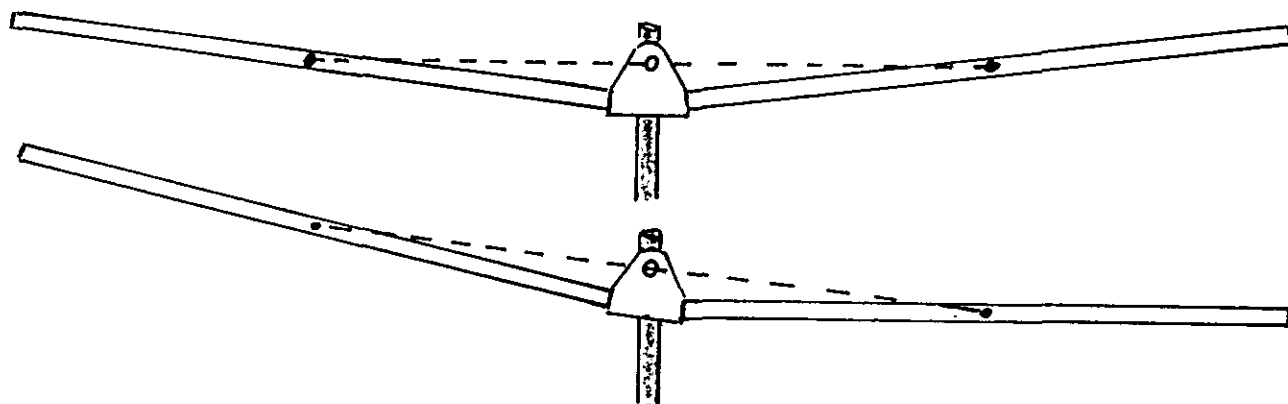


A. H-ROS

# AUTOGIROS 4

## ROTOR EN BALANCIN

En el caso de rotores bipala , las dos articulaciones de batimiento pueden reunirse en una sola y el efecto de Coriolis puede despreciarse si la articulacion se situa a la altura del centro de gravedad de las palas , eliminando asi las articulaciones de arrastre y sus amortiguadores .



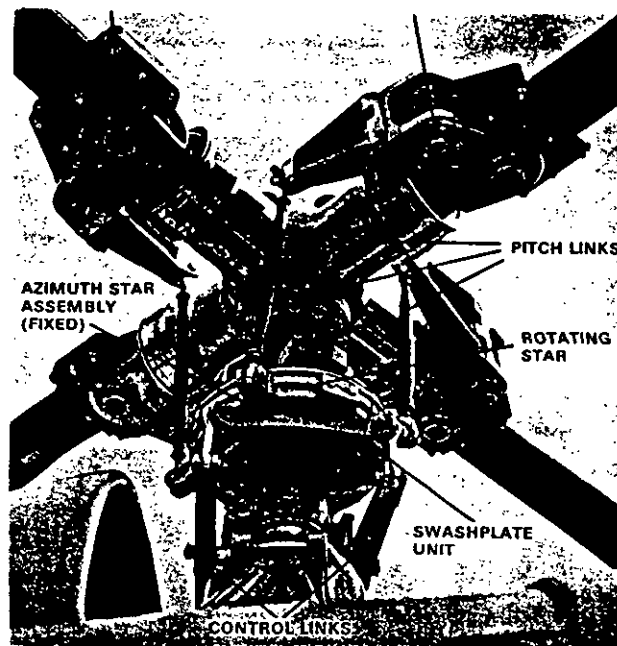
Ambas palas estan sujetas rigidamente a la cabeza del rotor , formando un angulo denominado de conicidad .

# AUTOGIROS 5

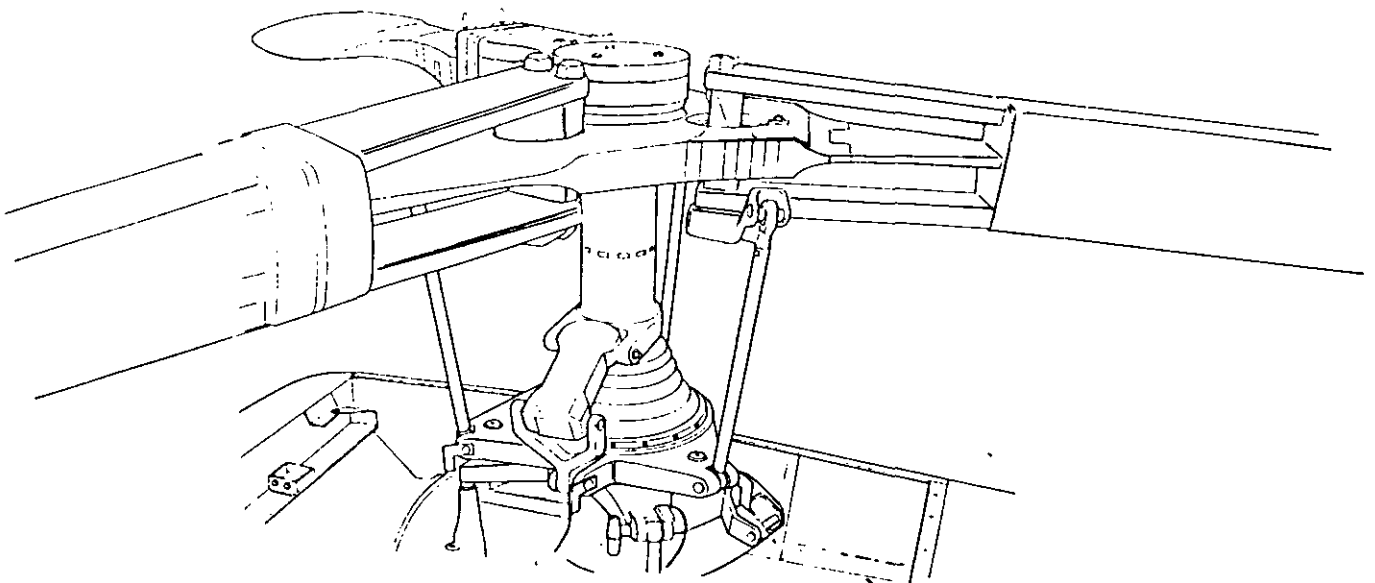
## ROTOR RIGIDO

En realidad , debería denominarse ROTOR FLEXIBLE , ya que se comporta como un rotor articulado en el que se han sustituido las articulaciones por elementos elastomeros .

### a ) palas flexibles



### b ) cabeza flexible

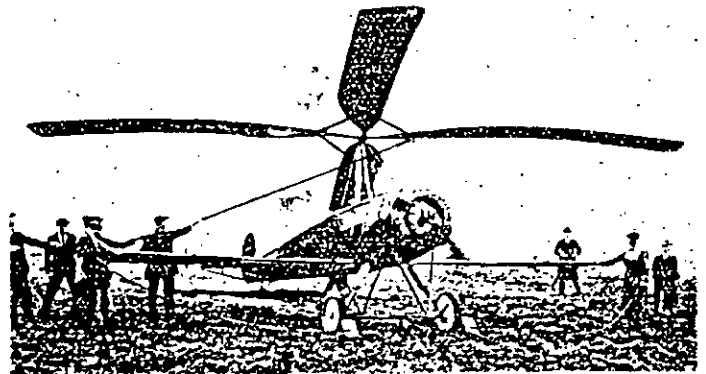


# AUTOGIROS 6

## PRERROTACION

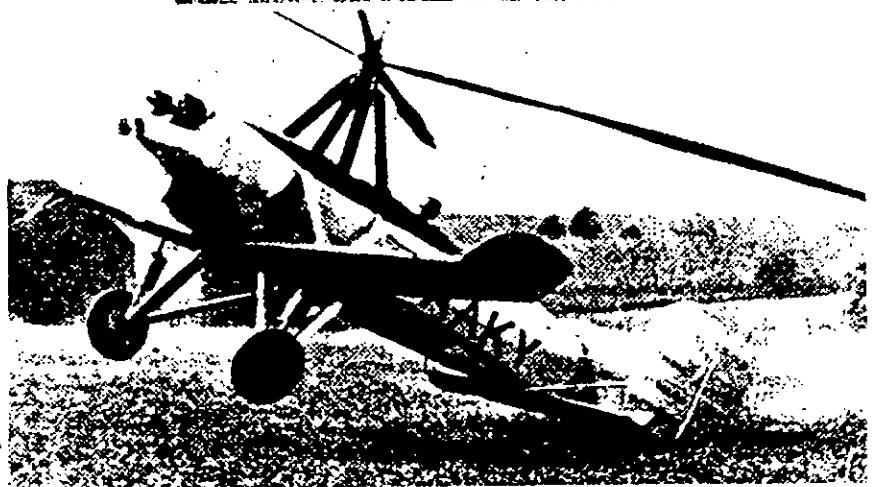
La prerrotacion es necesaria si se desea disminuir notablemente la carrera de despegue .

a ) carrete

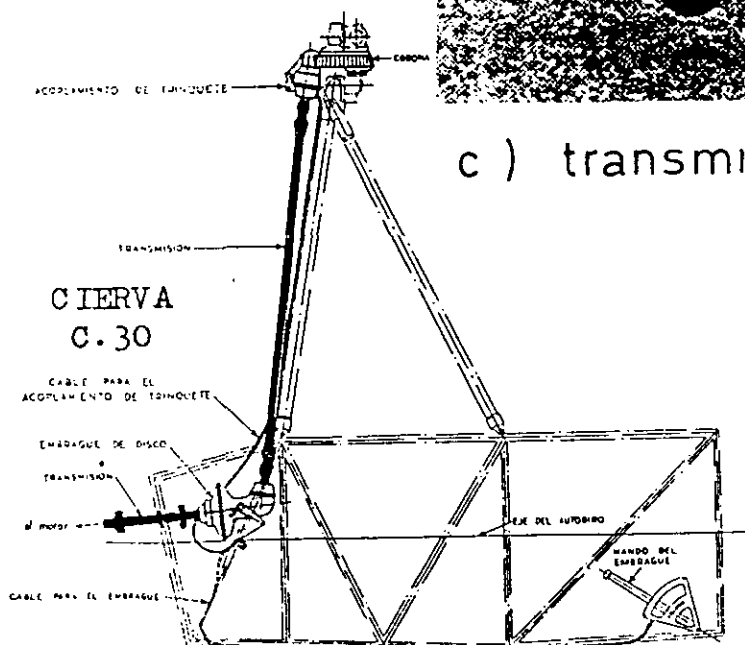


b ) cola de  
escorpion

por deflexion  
del aire .



c ) transmision mecanica



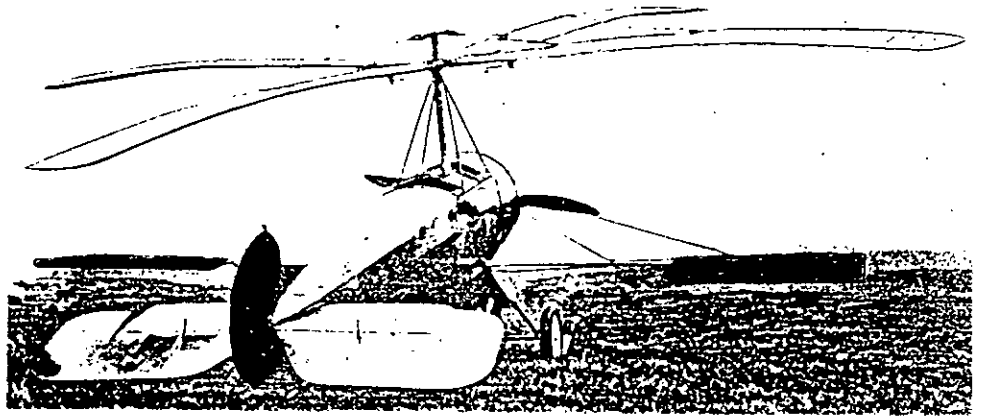
Como ejemplo , la prerrotacion del autogiro PITCAIRN PCA.2 , con rotor de 13,72 m. de diametro, absorbe una potencia de 10 C.V.

A. H-ROS

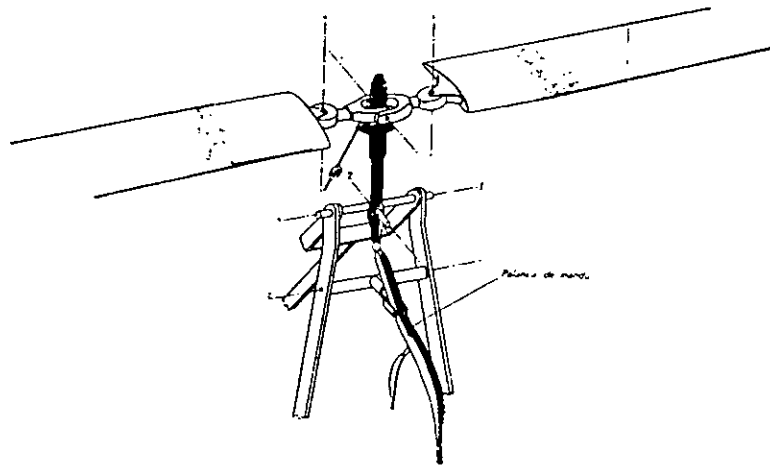
# AUTOGIROS 7

## CONTROL DE VUELO

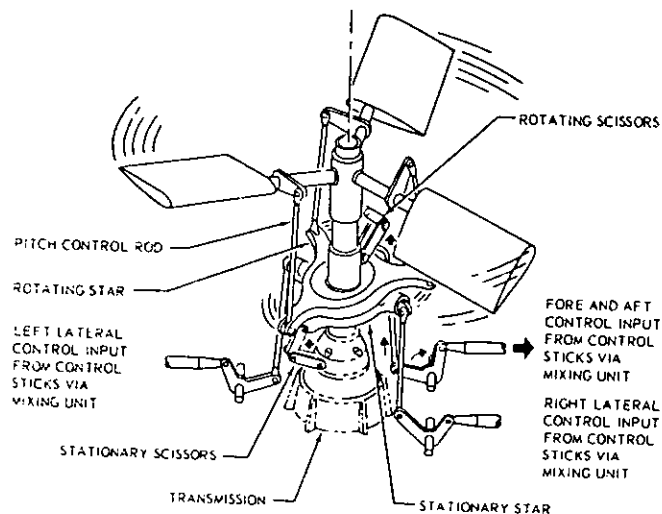
a) tipo avion



b) mando directo



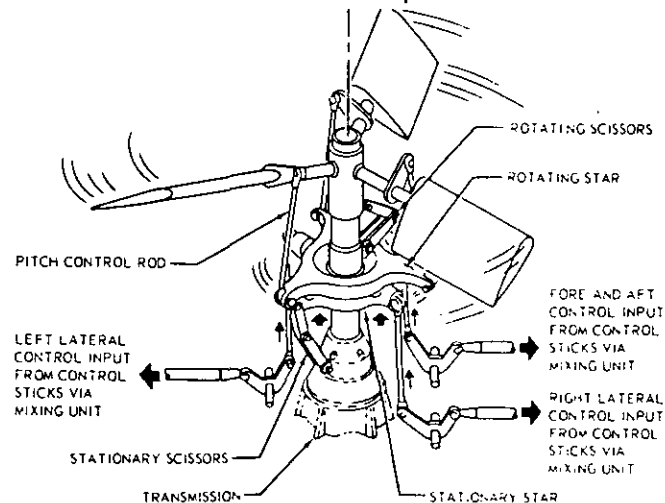
c) variacion del paso ciclico



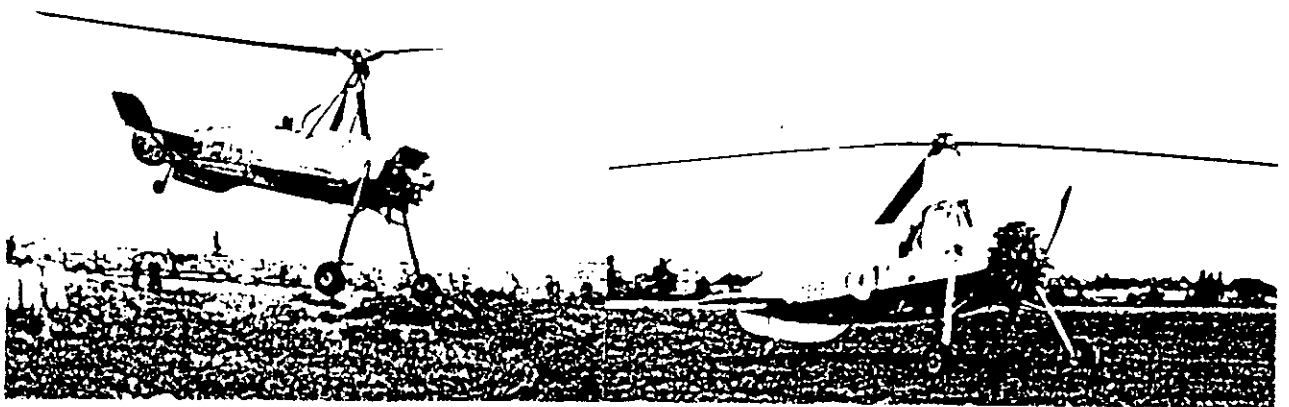
# AUTOGIROS 8

## DESPEGUE DIRECTO

### a) variacion del paso colectivo

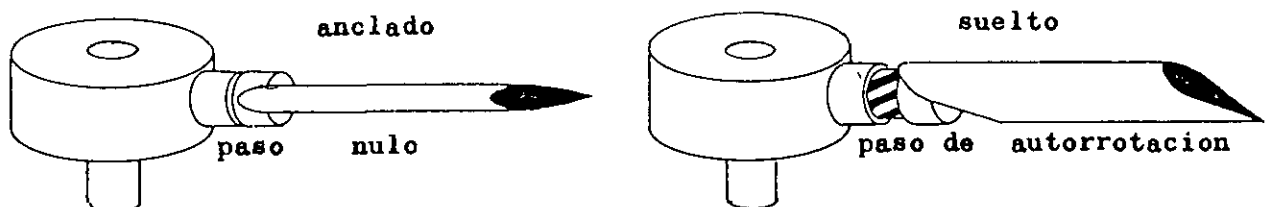


### b) rotor autodinamico



### c) sistema americano

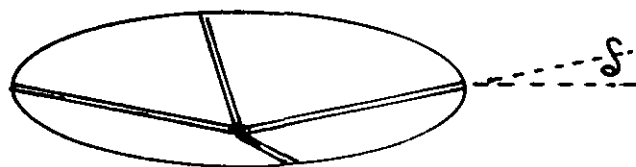
Se anclan las palas en tierra con paso nulo y una vez acelerado el rotor se sueltan, adquiriendo su paso de autorrotacion por un sistema de rosca.



# AUTOGIROS 9

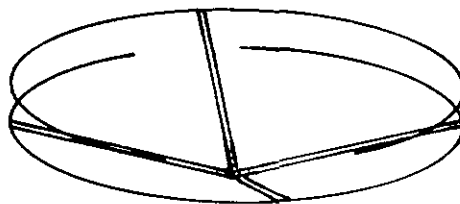
## CONICIDAD

En vuelo , las palas no forman un plano sino que debido a la componente de la sustentacion , la fuerza centrifuga y su propio peso , describen un cono muy abierto . Al angulo  $\delta$  se le denomina angulo de conicidad .



## TRACKING

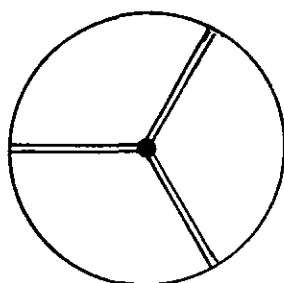
Si la trayectoria descrita por una pala no coincide con la de las otras , considerando unicamente su movimiento debido al giro , se dice que esta " fuera de tracking " , lo que origina vibraciones en el rotor .



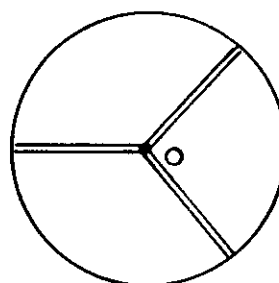
# AUTOGIROS 10

## RESONANCIA DE SUELO

En autogiros , durante la prerrotacion o la carrera de despegue ( tambien en helicopteros ), si por cualquier motivo las palas del rotor no estan en posiciones perfectamente simetricas originan vibraciones al no coincidir el cdg de las palas con el eje real del rotor , pudiendo entrar en resonancia con el fuselaje y producir serios daños e incluso volcar lateralmente el aparato .



cdg = eje

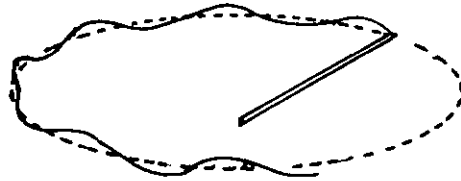


cdg  $\neq$  eje = vibracion

# AUTOGIROS

## WEAVING

Se debe casi siempre a fenomenos de aeroelasticidad (interaccion entre fuerzas aerodinamicas y estructurales) en las palas o el sistema de control de vuelo , haciendo que las puntas de pala , considerando unicamente su movimiento debido al giro , no describan circunferencias sino una linea ondulada .



## FLAPPING

# AUTOGIRES S.N.C.A.S.E. de Jacques LECARME



## 1. - *Le rotor doit être stable*

1.1. *au flottement.* Au minimum, les pales doivent être raides en torsion, et, chaque section doit avoir son centre barique en avant de l'axe de torsion de la pale.

1.2. *à la vitesse* - la pale avançante fournit le moment prépondérant qui doit transmettre au pilote une tendance à cabrer quand la vitesse croît.

1.3. *aux accélérations en Z* - une rafale positive doit tendre à diminuer l'incidence rotor.

Ces points ont été découverts peu à peu de 1936 à 1938 sur les C 30, de la Cierva. Les remèdes apportés sur les réalisations simples, sont clairs.

1.1. *équilibrage de la pale.* S'il n'a pas été obtenu par construction (C. 301), il faut ajouter des masses en bout à la rigueur (moments centrifuges secondaires).

1.2. *profils à  $C_{mo}$  négatif*, ou, rattrapage par tabs braqués vers le haut en bouts de pale. Sinon, les pales s'engagent en torsion négative, et l'appareil en piqué (premiers C. 30 de la Cierva).

1.3. *Déport vers l'avant* de l'axe de liaison, en tangage, de la tête de rotor au fuselage (moment 3 à 4 % du poids total).

Traducción libre por

A. H-ROS.

## 1

### ESTABILIDAD DEL ROTOR

Estos puntos se descubrieron poco a poco desde 1936 hasta 1938 en los autogiros Cierva C - 30.

#### 1º.- EL ROTOR DEBE SER ESTABLE A LAS FLUCTUACIONES

Como mínimo, las palas deben ser rígidas a la torsión y cada sección debe tener su centro de gravedad delante del eje de torsión de la pala.

Esto se logra mediante el equilibrado de las palas. Si esto no se cumple por construcción (C-301), cabe la posibilidad de añadir masas en los extremos de las palas (momentos centrifugos secundarios).

#### 2º.- EL ROTOR DEBE SER ESTABLE CON LA VELOCIDAD

La pala que avanza produce el momento predominante y cuando se aumenta la velocidad debe transmitir al piloto una tendencia a encabritar.

Para conseguirlo se utilizan perfiles con  $C_{mo}$  negativo, o se instalan "tabs" doblados hacia arriba y situados en los bordes de salida de las palas.

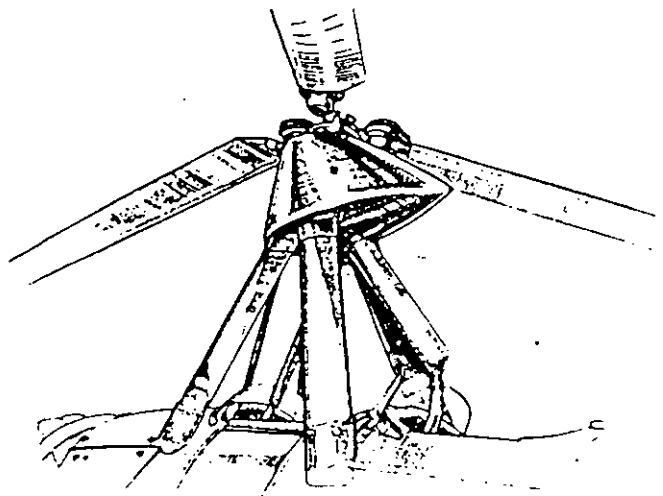
En caso contrario, las palas se traban con torsión negativa y el aparato pica (primeros C - 30 de la Cierva).

#### 3º.- EL ROTOR DEBE SER ESTABLE A LAS ACCELERACIONES EN Z

Las ráfagas de viento positivas deben tender a disminuir la incidencia del rotor.

Por ese motivo se desplaza hacia adelante el eje de cabeceo que une la cabeza del rotor con el fuselaje (momento de 3 a 4 % del peso total).

Cabeza de rotor del C - 30.



# AUTOGIRES S.N.C.A.S.E. de Jacques LECARME



## 2. — *Le fuselage doit être stable*

2.1. — En tangage, une queue suffisante (2 à 3 % du disque) sur un fuselage long, amortit en tangage tout le fuselage et donne un amortissement d'ensemble, non fourni par le rotor seul.

2.2. — En lacet — une *dérive* doit donner au fuselage, hélice tournante, une stabilité de girouette modérée. Il faut aussi pouvoir dérapier à l'atterrissage par vent de côté.

Un *gouvernail*, pour annuler le dérapage en vol et le commander à l'atterrissage. M. De la Cierva l'avait supprimé sur le C. 30 pour « simplifier » le pilotage. Il a fallu le remettre sur les C. 301 et 302 (casse en formation).

2.3. — En roulis — l'empennage, soit par dièdre (C. 301) soit par dérives d'extrémité (C. 30) doit fournir *rappel* et amortissement en roulis, rappels absents dans le rotor.

Traducción libre por

A. H-ROS.

2

## ESTABILIDAD DEL FUSELAJE

### 1ª.- EL FUSELAJE DEBE TENER UN MOVIMIENTO DE CABECEO ESTABLE

Una cola suficientemente grande (de 2 a 3% del área del disco) sobre un fuselaje largo, amortigua el cabeceo de todo el fuselaje proporcionando una amortiguación del conjunto que no se produce exclusivamente por el rotor.

### 2ª.- EL FUSELAJE DEBE TENER UN MOVIMIENTO DE BALANCEO ESTABLE

El empenaje horizontal, sea por diedro (C.301), sea por derivas en las extremidades (C.30), debe producir la recuperación y amortiguación del balanceo, que no proporciona el rotor.

### 3ª.- EL FUSELAJE DEBE TENER UN MOVIMIENTO DE GUIÑADA ESTABLE

Cuando gira la hélice, el plano de deriva debe proporcionar al fuselaje una moderada estabilidad direccional. También es conveniente poder resbalar cuando se aterriza con viento de costado.

Un timón de dirección permite compensar la deriva en vuelo y controlarla durante el aterrizaje. Juan de La Cierva lo había suprimido en el C.30 para "simplificar" el pilotaje. En los C.301 y C.302 fue conveniente instalarlo, debido a incidentes que se produjeron durante los vuelos de prueba.



Autogiro LA CIERVA C.30 en vuelo.

# AUTOGIRES S.N.C.A.S.E.

## de Jacques LECARME



### 3. - Un train d'atterrissage est nécessaire

3.1. - Plus on atterrit lentement et moins précis est l'arrondi qui, pour des vitesses d'amorçage de 50 à 30 km/h, se fait à 1 ou 2 mètres près. De plus, l'utilisateur avait requis la possibilité de laisser l'appareil en autorotation à la vitesse horizontale nulle. La vitesse de chute (pour le C. 301, 800 kg, surface de disque 100 m<sup>2</sup>) était de 4,5 mètres seconde. Un train de 400 mm de course a été mis au point et a donné toute satisfaction (pas de variation de voie à l'impact, bonne raideur en roulis).

3.2. - Ce train doit donner, au sol, une assiette telle que l'appareil ne puisse décoller prématurément). Pendant cette phase, il doit permettre le contrôle en direction, encore mal assuré par le gouvernail.

A l'atterrissage, l'assiette doit diminuer.

Seul, le train classique à roue arrière commandée a résolu ces problèmes.

Traducción libre por

A. H-ROS.

3

## EL TREN DE ATERRIZAJE

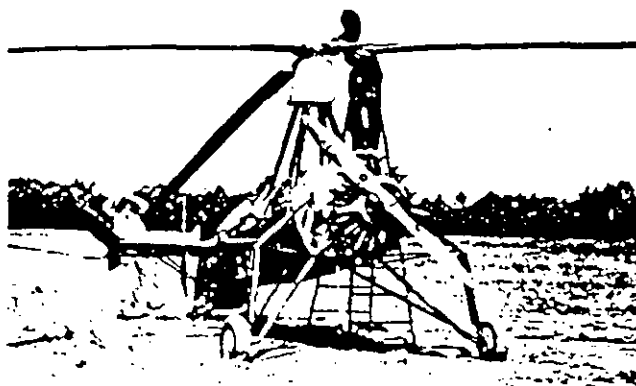
1<sup>a</sup>. - Quanto más lentamente se aterriza menos preciso es el redondeo, que, para velocidades de 50 a 30 Km/h, se realiza más o menos a uno o dos metros de altura. El usuario también había solicitado la posibilidad de dejar el aparato en autorrotación con velocidad horizontal nula. la velocidad de caída en el C.301 (con 100 m<sup>2</sup> de superficie del disco y 800 Kg. de peso) es de 4,5 m/s.

Se puso a punto un tren de aterrizaje, de 400 mm. de carrera, que resultó totalmente satisfactorio (variación nula de la vía durante el impacto y buena rigidez en balanceo).

2<sup>a</sup>. - En tierra, el tren de aterrizaje debe adoptar una posición tal que el aparato no pueda despegar prematuramente. Durante la fase de despegue debe permitir el control direccional mientras sea insuficiente la acción del timón de dirección.

En los aterrizajes la incidencia del disco debe disminuir.

Únicamente el tren clásico de rueda trasera con mando ha resuelto estos problemas.



Autogiro SNCASE C.30

# AUTOGIRES S.N.C.A.S.E.

## de Jacques LECARME



4. — Sur autogire évolué il a été nécessaire d'ajouter à cela deux dispositions (nouvelles alors) pour l'usage sans roulement.

4.1. A l'atterrissage qui se fait à limite de manoeuvrabilité la portance rotor subsiste, et une rafale de vent peut retourner l'appareil. Devant la fréquence du cas, De la Cierva imposait la manoeuvre d'un demi tour rapide, pour passer vent arrière. On simplifie cela en envoyant dès l'impact, le manche dans un dispositif de verrouillage à fond de course avant. Cela ne couvrait pas tous les cas. L'ingénieur RENOUX, réalise alors un moyen simple qui, sous le couple du frein de rotor, annulait le pas. Ce moyen a donné de très bons résultats.

4.2. L'utilisateur, pouvant se poser sans rouler (§ 3.1) a demandé le décollage sauté. Le même moyen, sous couple de lancement, passait à pas nul et était viré en survitesse. Au débrayage, un dispositif temporisé montait le pas à 8°, puis le descendait à sa valeur normale de 2° 40'.

Le saut était parfaitement contrôlé. Mais le moteur utilisé ne permettait pas le montage d'une hélice à variation de pas rapide et, par vent nul, il y avait perte d'altitude dans les 50 premiers mètres du vol. Ce point a été résolu depuis, on dispose d'hélices à variation rapide de pas pour les puissances envisagées.

Traducción libre por

A. H-ROS.

4

### EL DESPEGUE AL SALTO

1<sup>a</sup>. —

En los aterrizajes que se realizan en el límite de maniobrabilidad subsiste la sustentación del rotor, y una ráfaga de viento puede hacer despegar de nuevo el aparato. Ante la frecuencia de estos casos, Juan de La Cierva aconsejó realizar la maniobra de dar una media vuelta rápida para pasar a la posición de viento en cola. Esto se simplifica adelantando la palanca de mando despues de la toma y fijándola al final de su recorrido mediante un dispositivo de bloqueo, pero así no se solucionaban todos los incidentes.

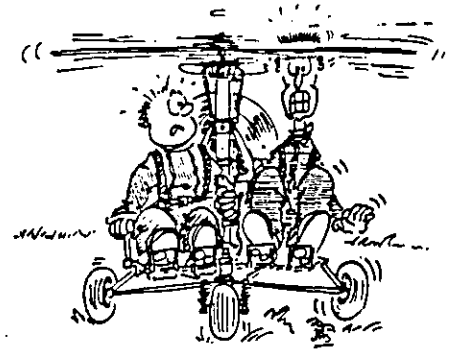
El ingeniero RENOUX realizó entonces una sencilla cabeza de rotor que, cuando estaba sometida al par de frenado, anulaba el paso. Esta cabeza de rotor dió muy buenos resultados.

2<sup>a</sup>. —

La misma cabeza de rotor sometida al par de prerrotación también tomaba paso nulo y podía sobrepasar la velocidad de giro en autorrotación. Al desembragar, un dispositivo temporizador fijaba el paso en 8° y luego lo disminuía hasta su valor normal, 2° 40'.

El despegue al salto se controlaba perfectamente, pero el motor que se utilizaba no permitía la instalación de una hélice con variación rápida del paso y con viento nulo se producía una pérdida de altura en los 50 primeros metros del vuelo. Esta dificultad se superó más tarde al fabricarse hélices adecuadas a la potencia instalada con variación rápida de paso.

# FUNCIONAMIENTO AERODINAMICO DE UN ALA GIRATORIA



En tanto que el helicoptero y el autogiro son dos maquinas diferentes, es imposible hablar de la una sin evocar la otra y esto por varias razones: Juan de la Cierva pone a punto varias soluciones tecnicas (articulación de batimiento, pilotaje directo de eje del rotor, prelanzamiento mecanico del rotor, variación colectiva del paso de las palas mermitiendo el despegue al salto, etc...) que permitieron a otros constructores poner a punto el helicoptero. Si el vuelo del helicoptero es diferente al del autogiro de una manera general, es en todo punto identico en ciertos casos en que se encuentran, ya sea en fase de vuelo con motor, ya sea en fase de vuelo sin motor (parada completa del grupo motopropulsor). En caso de vuelo con motor, si el helicoptero vuela en descenso vertical a velocidad moderada el comportamiento aerodinamico del rotor es en todo punto parecido al del vuelo en autorotación vertical, es decir cuando el piloto ha cotado su motor. En fin, un helicoptero en vuelo en autorotación, sea en vertical, sea en traslación descendente, se metamorfosea en autogiro con la diferencia unica de que el saca su motorización de su masa sometida a la atracción terrestre, mientras que el piloto del autogiro tiene un pequeño motor que le empuja en la espalda. De una manera general y sin entrar en detalles de la mecanica de vuelo del helicoptero, podemos considerar que en el caso del vuelo estacionario, el rotor asegura asi plenamente un papel sustentador, los filetes de aire atraviesan el disco del rotor degun una dirección constante, vertical, de arriba hacia abajo. (Fig. 1).

La sustentación es igual en intensidad al peso del helicoptero; el aparato esta inmóvil en el espacio.

Si ahora el helicoptero pasa a vuelo en descenso vertical rapido, la función sustentadora del rotor no existe mas y los filetes de aire atraviesan el disco del rotor libremente segun una nueva dirección, siempre rigurosamente vertical pero esta vez de abajo hacia arriba (fig. 2).

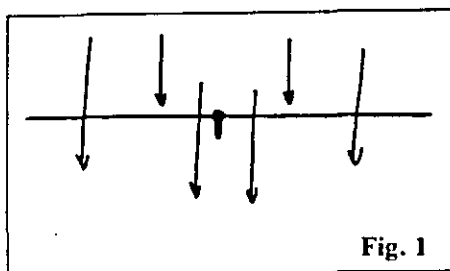


Fig. 1

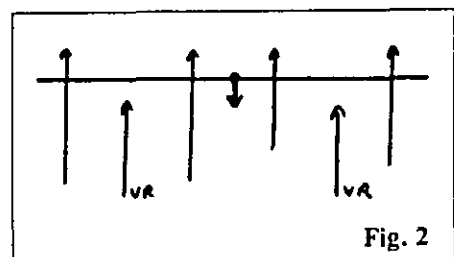
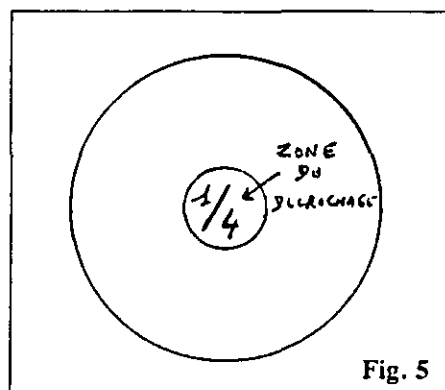
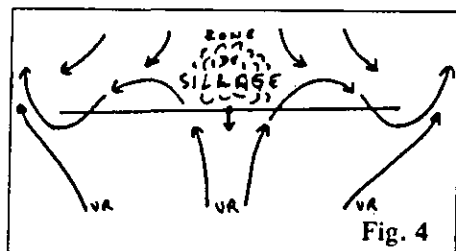
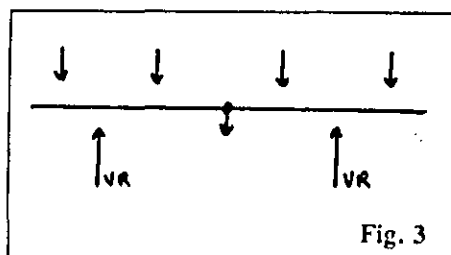
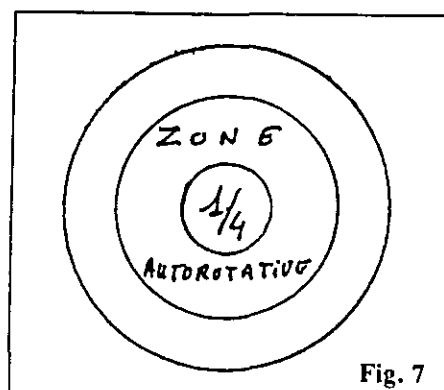
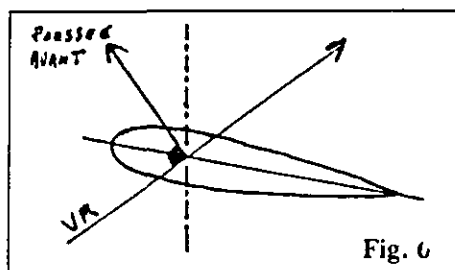


Fig. 2



En el caso de vuelo en descenso vertical a velocidad moderada, el camino de los filetes de aire a través del disco del rotor es además perturbado por este y ahora sometido a dos direcciones diferentes. El ala habiendo encontrado una función sustentadora (el helicóptero en descenso suave) lleva sobre su cara superior filetes de aire según una trayectoria vertical descendente, el viento relativo que encuentra por debajo sigue, el, una trayectoria siempre vertical pero ascendente (fig. 3).

El encuentro de estas dos venas de aire de direcciones opuestas se hace sobre la parte superior del disco rotor y provoca una zona de turbulencia llamada "zona de sillage". El viento relativo ascendente (VR) atraviesa entonces el disco del rotor de abajo hacia arriba, pero estos filetes de aire son desviados sobre los lados por la zona de sillage (fig. 4). Simultáneamente, el movimiento del aire descendente sobre la parte inferior del disco del rotor desvia los filetes de aire del viento relativo ascendente hacia abajo, siendo inmediatamente reaspirados por las palas del rotor, a su periferia. Estos filetes de aire reatruviesan entonces el rotor pero esta vez de arriba hacia abajo, posteriormente son proyectados fuera de los límites del rotor para ser finalmente elevados por el movimiento ascendente del viento relativo que transita alrededor del disco. En el caso del vuelo autorotativo en descenso vertical, el rotor de nuestro autogiro es sometido a un movimiento de los filetes de aire exactamente parecido a este del vuelo en descenso vertical a velocidad moderada del helicóptero. Siempre, para realizar una diferencia entre el helicóptero y el autogiro, llamaremos también a la zona de sillage, "zona de pérdida" y delimitaremos a esta a una superficie equivalente a  $1/4$  de la superficie total del disco del rotor. (fig. 5).



Justamente despues de esta zona central, el movimiento de los filetes de aire se efectua de abajo hacia arriba. La composición de velocidades (fig. 6) muestra que una fuerza perpendicular a la dirección del viento relativo esta orientada hacia adelante del eje del rotor.

Esta fuerza crea entonces una componente propulsora situada en una zona que cubre los  $2/3$  del radio del disco del rotor. Esta componente propulsora mantiene el regimen autorotativo del rotor en la zona que llamamos : "zona autorotativa" (fig. 7). Sobre la parte restante del disco del rotor, el movimiento de los filetes de aire se efectua de arriba hacia abajo. Este cambio de orientación del viento relativo origina que bascule hacia atras del eje del rotor la fuerza que le es perpendicular (fig. 8). Esta fuerza tira consecuentemente en el sentido opuesto al funcionamiento autorotativo del rotor. La zona correspondiente a este movimiento del aire es llamada "zona antiautorotativa" (fig. 9). La delimitación de estas zonas es definida por un regimen constante del rotor.

Veamos lo que sucede si el regimen del rotor aumenta. Para nuestro ejemplo examinaremos la zona autorotativa. (fig. 10). Aparece claramente que la aceleración del regimen de rotación de las palas provoca, sobre esta zona autorotativa, un aumento de la velocidad del viento relativo. Este se aprosima entonces en dirección de la horizontal y resultando una disminución del angulo de incidencia. La fuerza perpendicular al viento relativo bascula entonces hacia atras y se aprosima al eje del rotor. Su efecto tractor pierde entonces intensidad, la velocidad de rotación de la pala disminuye y el regimen del rotor se relentiza. En este instante, la dimensión de la zona autorotativa disminuye. Por contra, cuando el regimen del rotor se relentiza, el fenomeno inverso se manifiesta (fig. 11).

Bajo el efecto de relenti de la velocidad de rotación, el angulo de incidencia aumenta, la fuerza perpendicular al movimiento del viento relativo bascula de nuevo hacia adelante del eje del rotor. La tracción aumenta, el regimen de rotación tambien. En este instante la zona de autorotación aumenta. Estas explicaciones ponen en evidencia un fenomeno de consevación automatica del regimen del rotor que se llama : autoregulación del regimen del rotor. ademas ellas demuestran que el limite entre las zonas autorotativa y antiautorotativa se desplaza en función de las variaciones de la velocidad de rotación. Podemos resumirlo asi :

Regimen de autorotación estabilizado : (fig. 12A)

Zona de perdida:  $1/4$  del radio del disco del rotor. Zona autorotativa:  $2/3$  del radio del disco rotor. Zona anti-autorotativa: el resto del disco rotor.

Regimen de autorotación aumentado (fig. 12b)

Zona de perdida:  $1/4$  del radio del disco rotor.

Zona autorotativa: disminuye su diametro.

Zona anti-autorotativa: aumenta su superficie.

Regimen de autorotación disminuido (fig. 12C):

Zona de perdida:  $1/4$  del radio del disco rotor.

Zona autorotativa: aumenta su diametro.

Zona anti-autorotativa: disminuye su superficie.

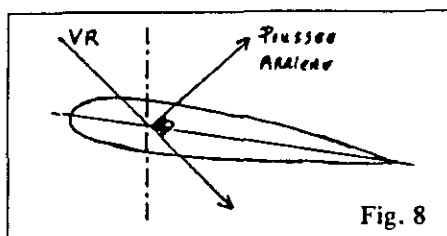


Fig. 8

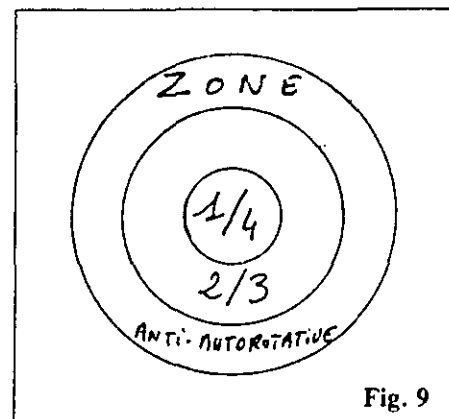


Fig. 9

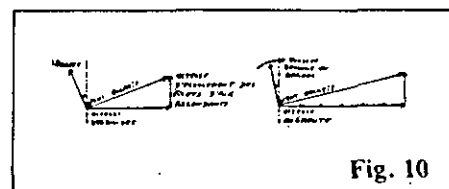
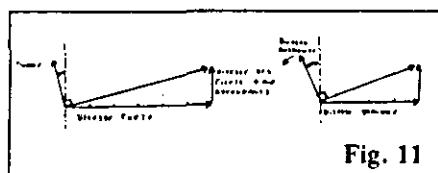
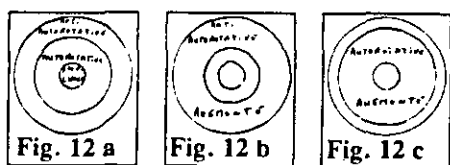


Fig. 10

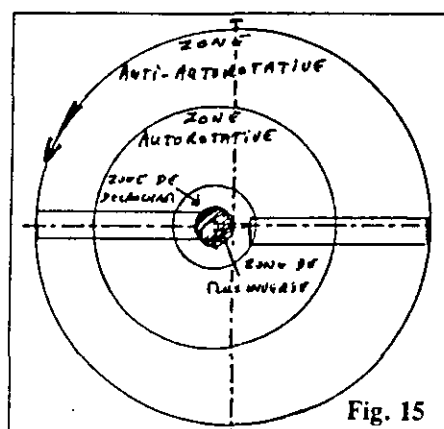
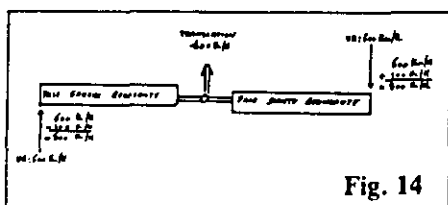
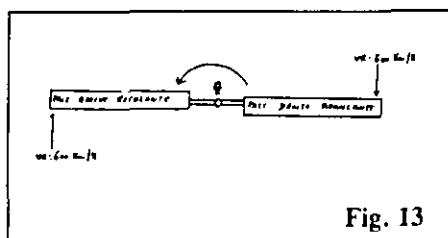


Despues de este estudio del vuelo en autorotación vertical, examinemos el movimiento de los filetes de aire a traves del disco del rotor cuando el autogiro esta en vuelo en autorotación en traslación. Ademas de la velocidad de rotación de las palas y de la velocidad de movimiento de los filetes de aire, debemos considerar ahora la velocidad de traslación del autogiro. Las dos palas giran a una velocidad circunferencial de alrededor de 600 km/h en el sentido contrario a las agujas del reloj. La pala de la derecha se desplaza en el mismo sentido que el autogiro, hacia adelante y la llamaremos "Pala que avanza" mientras que la pala de la izquierda se traslada en una dirección opuesta al sentido de desplazamiento del autogiro. Llamaremos a esta pala "Pala que retrocede" (fig. 13).

Si el autogiro vuela a una velocidad aproximada de 100 km/h, sera conveniente sumar esta velocidad de traslación a la velocidad de desplazamiento de la pala que avanza y esta evolucionara entonces a una velocidad real de 700 km/h ( $600 + 100$ ) en tanto que la pala que retrocede sera penalizada y no se desplazara mas que a 500 km/h ( $600 - 100$ ) (fig. 14).

En razon de este fenomeno de disimetria de velocidades de cada lado del disco rotor, da como resultado un aumento de la zona antiautorotativa del lado de la pala que avanza pues la velocidad aumenta. De la misma manera, para la pala que retrocede la zona de autorotación aumenta bajo el efecto de relenti de la velocidad real de traslación de esta pala. Parece que el desplazamiento de los limites de estas zonas equivalen a una traslación hacia la izquierda del conjunto de la zona autorotativa ( en el caso, bien entendido, de un rotor que gire en el sentido inverso al de las agujas del reloj, visto desde arriba). Asi mismo la zona de perdida se traslada en el mismo sentido. Esta modificación engendra la aparición de un nuevo sector en el seno de la zona de perdida. En este entorno, la velocidad de traslación del pie de pala es inferior a la velocidad de traslación del autogiro. Como se trata del pie de pala que retrocede, si deducimos su velocidad de rotación de la velocidad de traslación del autogiro, se vera que esta porción de pala no esta parada, sino que retrocede con respecto al viento relativo que le es aplicado. Deducimos que el pie de pala vuela marcha atras y que el viento relativo ataca la pala por detras. Esta zona es llamada "zona de flujo inverso" (fig. 15).

por Vincent Hoffman  
de VOL MOTEUR  
traducción Joaquin Guerra.



# DISEÑO DE AUTOGIROS

Por Jim Eich

Este no es un artículo de "como diseñar un autogiro", ya que esta materia tomaría todo un libro lleno de fórmulas y teoría. Pero me gustaría exponer algunos principios básicos que el diseñador debería tener en cuenta cuando modifique o diseñe desde un principio un autogiro.

Un cambio aparentemente inocuo en un diseño puede ser catastrófico cuando se intenta volar, si los requerimientos básicos son ignorados.

Esto no debe asustar al futuro diseñador, sino hacerle consciente de que tiene que aprender mientras avanza en su diseño. Puede usar componentes e ideas sobradamente probadas, pero debe estar prevenido de los efectos que pueden surgir al reunirlos todas en una única aeronave. Todos los componentes de un autogiro interactúan mutuamente, y el resultado puede ser malo si las leyes aerodinámicas son ignoradas.

## LA BASE.

Comenzemos por lo más básico, simplemente chequeando la integridad aerodinámica de nuestro fuselaje.

Paul Abbott tiene un gran artículo sobre como encontrar el centro de presiones (CP) de vuestro fuselaje (1). No obstante, usted no debe tener una foto de su fuselaje para calcularlo, (imposible cuando el diseño está aún en un plano en el tablero de dibujo). Con un dibujo a una escala razonable del alzado y la planta del autogiro (incluyendo al piloto) será suficiente.

Recorte y equilibre el alzado sobre un lapicero y compruebe si el CP está por detrás del centro de gravedad (CG). El margen satisfactorio se extiende desde 5 a 30 cm aproximadamente.

Realmente no conozco ningún autogiro con el CP retrasado 30 cm respecto del CG, pero de todas formas no es malo. (2).

Usando la planta recortada, deberemos comprobar que el CP se encuentra bastante próximo al CG, de 0 a 15 cm. Si se encuentra demasiado alejado por detrás, una ráfaga ascendente fuerte puede bajar el morro del autogiro violentamente. En el caso inverso, una ráfaga descendente puede subir el morro rápidamente.

Este método nos indica que es lo que hará la aeronave en una condición de vuelo de muy baja velocidad. A velocidades de vuelo normales, las superficies de cola generarán bastante más sustentación que el cuerpo del piloto y otros elementos.

Esta es la razón por la que un autogiro con mucha estructura por delante y un grupo de cola reducido vuela insatisfactoriamente. En este aparato el piloto estará realmente ocupado si se produce un aterrizaje sin motor, ya que la velocidad disminuirá casi a cero, y la aeronave no será estable a bajas velocidades.

En toda aeronave el CG es el rey, y debemos ser capaces de calcularlo con la máxima precisión a partir del peso y la posición de los distintos elementos. Con una calculadora se realiza de forma sencilla y además hay muchos métodos para hacerlo.(3).

Un método simple para calcular el CG de un diseño nuevo es tomar la parte frontal del aparato como "línea cero", multiplicando el peso de cada elemento (no olvidar al piloto) por la distancia a la que se encuentra desde la línea cero. Sume los productos de las multiplicaciones y divida el resultado por el peso total. Esto le dará la posición del CG detrás de la línea cero. Cualquier peso en la línea cero se multiplica por cero dando un resultado de cero, pero el peso hay que sumarlo al peso total del aparato.

Un tema alrededor del CG que siempre se ignora es su posición vertical. La posición vertical del CG debe ser calculada para situar el motor. La línea de empuje o tracción de la hélice debe pasar tan próxima a la posición vertical del CG como sea posible.(4). Así aseguramos que nuestra aeronave no girará alrededor del CG en el caso de una maniobra momentánea, no advertida, de 0 g. Si la línea de empuje pasa por encima del CG, los 90 a 140 Kg de empuje del motor picarán violentamente la nave, quizás catastróficamente, si la resistencia del rotor se reduce a cero debido a una ráfaga descendente ó a una maniobra de campana con un instante de g nulo. Por lo tanto, la línea de empuje debe quedar a unos centímetros de la posición vertical del CG. El autogiro volará con esta línea por encima ó por debajo del CG, pero es un buen seguro proporcionar esta característica de diseño desde un primer momento.

El fuselaje y las partes asociadas deben ser aerodinámicamente estables. No se debe incorporar ninguna superficie aerodinámica, ya que no se podrá controlar en vuelo. En el peor de los casos, el rotor podría ralentizarse a la velocidad de batimiento si gran parte del peso es transportado por estas superficies sustentadoras. En el mejor de los casos, se perdería parte del control si el fuselaje sustenta sin superficies de control.

## CONTROLES DE VUELO.

La amplitud de control ó de mando es muy importante.

Con la palanca totalmente adelantada, el eje del rotor debe quedar a 90° respecto del suelo para permitir al autogiro aterrizar en cualquier condición de viento. Toda la sustentación puede ser anulada después del aterrizaje en esta configuración, y el rotor puede ser decelerado incluso con viento soplando.

Con la palanca todo atrás, colocará al rotor inclinado 20° hacia atrás, lo que le permite

aprovechar la velocidad lenta de la que es capaz el autogiro en los aterrizajes. El movimiento lateral no es crítico, pero usualmente se mantiene en  $10^\circ$  a cada lado, dando un total de  $20^\circ$  también. Si el autogiro se asienta en el suelo en una posición de "cola abajo", el límite de control delantero debe ser todavía de  $90^\circ$  respecto del terreno, y el tope trasero será de  $20^\circ$  respecto de la línea de vuelo nivelado, lo que nos dará un recorrido total de más de  $20^\circ$ .

La mayoría de los autogiros son muy sensibles al mando de cabeceo, por lo que el mando de la palanca debe ser construido de tal manera que se obtenga el máximo recorrido compatible con la comodidad del piloto. El movimiento lateral no es tan sensible, por lo que el movimiento lateral de la palanca se puede mantener lo suficientemente pequeño como para que se pueda actuar entre las rodillas del piloto.

### EL ROTOR.

El rotor se debe colocar lo suficientemente elevado para que salve el terreno en la posición más inclinada hacia atrás (recorrido de la palanca más movimiento por batimiento) con el autogiro apoyado en su rueda de cola. El rotor se puede colocar todo lo alto que se quiera sin que aparezca ninguna característica adversa de vuelo. (Siempre teniendo en cuenta que la posición vertical del CG variará).

El rotor debe salvar cualquier estructura con al menos 25 cm de margen con el rotor totalmente atrás, ya que si comenzase a batir en un despegue podrían flexionarse las palas e interferir con cualquier estructura que este más cerca que estos 25 cm.

La resultante entre la resistencia aerodinámica del rotor y la tracción (sustentación del rotor) suele estar inclinada hacia atrás alrededor de  $10^\circ$ , por lo que un mástil construido con una única viga debe estar inclinado  $10^\circ$  hacia atrás. De este modo trabajará a tracción pura.

Si la torre del mástil se construye con una estructura triangulada esta inclinación de  $10^\circ$  se debe tener en cuenta.

Este ángulo de  $10^\circ$  aparece también en la prueba del autogiro colgado, ya que el morro estará  $10^\circ$  ó  $12^\circ$  inclinado hacia abajo medido respecto de la quilla en vuelo nivelado horizontal.

La prueba colgado es muy importante, ya que la mayoría de los autogiros volarán nivelados si cuelgan, con el piloto a bordo,  $10^\circ$  ó  $12^\circ$  nariz abajo durante la prueba. (5).

Si el autogiro vuela nivelado tendrá unas buenas características de despegue y aterrizaje, ya que el recorrido de mando estará dentro de los límites adecuados. Un autogiro muy pesado de cola aterrizará muy lento, ya que es como si el rotor viese un movimiento de palanca extra hacia atrás, y no podrá volar muy rápido por que se quedará sin recorrido de la palanca hacia delante. En el otro extremo, un autogiro muy pesado de morro aterrizará muy rápido, ya que se puede quedar sin recorrido hacia atrás de la palanca antes de tocar el suelo.

### ¿ TRACTOR O IMPULSOR ?.

La mayoría de los autogiros modernos son del tipo impulsor.

El autogiro de fuselaje abierto casi siempre tiene que ser impulsor, ya que probablemente no volaría en una configuración tractora. El aire acelerado por la hélice causaría demasiada resistencia en la estructura y el cuerpo del piloto, por lo que la potencia necesaria aumentaría drásticamente. Se deduce por tanto, que una configuración tractora necesita un fuselaje cerrado.

Una ventaja del tractor es que la hélice puede ser tan grande como desee el diseñador (dentro de la limitación de efectos sónicos por la velocidad de la punta) mientras salve el suelo.

Una hélice de gran diámetro es más eficiente que otra pequeña. (6). El aire no perturbado que ataca una hélice tractora favorece aún más su rendimiento, mientras que la turbulencia generada por la estructura, el motor y el piloto en una configuración impulsora lo degradan.

Debido a la geometría del control del rotor (se mueve desde una posición horizontal hasta otra inclinada hacia atrás  $20^\circ$ ), el tamaño de la hélice impulsora está limitado entre el rotor y la viga que sujeta el conjunto de cola.

Probablemente la razón más importante para que la mayoría de los autogiros sean impulsores es el deseo de emular al helicóptero con su gran visibilidad. Con el piloto y el pasajero justo delante, el autogiro no tiene rival en cuanto a visibilidad. Con la configuración tractora, la visibilidad no es mejor que en un avión de ala fija de tipo medio.

Un autogiro tractor debe tener fuselaje, aunque es indiscutible que uno de tipo impulsor se beneficia también de él.

Cuanto más elaborado aerodinámicamente sea el fuselaje, la penalización por el tamaño reducido de la hélice en el impulsor decrece e incluso puede llegar a tener mejor rendimiento que un tractor. (Como ejemplo, la Cessna Mixmaster funciona mejor con su motor trasero que con el delantero). Desde luego hace falta un fuselaje muy estilizado como el del Windryder, McCulloch J2 ó el Air&Space 18A.

### ¿ TREN TRICICLO O CON RUEDA DE COLA ?.

El triciclo es de lejos la mejor solución para el autogiro. Un tren con rueda de cola es posible, pero las desventajas son formidables.

Un avión de ala fija ó un autogiro con tren triciclo aterrizan bien porque el CG está delante del tren principal, de tal forma que la aeronave tiende a alinearse con la dirección del movimiento en cuanto que las ruedas tocan el suelo.

Sin embargo, en el tren con rueda de cola, con el CG detrás del tren principal, tiende a adelantarse la rueda de cola, a no ser que se mantenga un control total. Esta tendencia a hacer un rizo en tierra es mala para un avión de ala fija, en el que posiblemente se romperá un borde marginal, pero en un autogiro es peligrósísima.

En este, con su pequeña vía y batalla, y con un pesado rotor encima, un derrapaje en tierra acabará en un daño serio cuando el rotor sea detenido bruscamente.

Otra ventaja del tren triciclo es que cuando el tren principal toca tierra, el morro desciende ligeramente. Esto no parece una gran ventaja, pero que el morro descienda significa que la sustentación desaparece rápidamente, lo que nos asegura que no volveremos a salir al aire involuntariamente. Un piloto que hace una serie de aterrizajes, cuando únicamente quiere realizar uno, es un piloto en apuros.

El control y la geometría del rotor son compatibles con la solución triciclo. El recorrido de mando no debe ser ajustado para compensar la posición de fuselaje apoyado en la cola que presentan los viejos autogiros de rotor fijo, necesaria para que pudiesen acelerar su rotor al despegue y aún así poder volar nivelados.

En resumen, no creo conveniente considerar la solución de tren de cola excepto para una réplica.

Después de todo, el autogiro es muy sencillo de pilotar, así que no lo compliquemos si no tenemos necesidad de ello.

#### DISEÑO DEL ESTABILIZADOR VERTICAL.

El diseñador del estabilizador debe tener en mente la baja velocidad de aterrizaje de la que es capaz el autogiro.

En el tipo de autogiro impulsor la deriva tiene gran efectividad, ya que la hélice sopla sobre ella incluso a pocas revoluciones, por lo que funcionará adecuadamente a una velocidad muy baja, incluso cuando el centro de presiones este muy cerca del CG. La deriva y el estabilizador vertical deben ser diseñados para colocar el CP tan lejos del CG como sea posible. No queremos solamente poder aterrizar con el motor en marcha ó a 50 km/h.

La versión tractora, tiene gran estabilidad debido a su fuselaje y por tanto, extrañamente, no requiere tanto estabilizador vertical. Pero requiere que el CP esté ligeramente más retrasado que un modelo de estructura abierta.

Siempre que el fuselaje y/o el estabilizador vertical aseguren la estabilidad, la deriva no necesita ser muy grande, aunque tener una deriva sobredimensionada es una buena idea ya que hará un placer los aterrizajes a muy baja velocidad.

Si la estabilidad en guiñada no es suficiente, los aterrizajes deberán realizarse con algo de motor, o bien con suficiente velocidad.

Como se ve, cuando la deriva crece, puede servir para corregir e incluso mejorar la deficiencias de estabilidad.

#### CONTROL EN TIERRA.

Una rueda tirada, (autoalineable) cargada con un muelle funciona estupendamente.

Sin embargo, si usted desea instalar un fuselaje en el cual no alcance la barra de la dirección, o simplemente, decide eliminar la barra de dirección para incorporar un sistema acoplado timón-dirección, la relación de giro timón-rueda debe ser muy suave.

Con la deriva totalmente girada, la rueda de morro debe girar únicamente unos pocos grados. Como regla práctica, debe ser justamente capaz de girar en una carretera de 15 m de ancho con todo el mando de la deriva. La unión debe ser mediante un muelle que permita a la rueda girar para alinearse en el caso de un aterrizaje con viento cruzado.

Muchos autogiros han volcado debido a un mando de la rueda con mucho giro, así que tome sus precauciones.

#### ELECCION DEL ROTOR.

La mayoría de nosotros no deseamos construir nuestras propias palas, debido a la excelente oferta de estas en aluminio y material compuesto a un precio muy razonable.

Pero un diseñador debe saber que sistema de rotor elegir.

La carga del disco determina el diámetro del rotor dentro de la variedad disponible. El diámetro puede ajustarse haciendo la barra del balancín más grande.

La carga del disco varía en los autogiros de construcción amateur entre 5,859 kg/m<sup>2</sup> y 9,765 kg/m<sup>2</sup>. La cifra intermedia, 7,812 kg/m<sup>2</sup> está considerada como la correcta, si acaso ligeramente alta. Sin embargo, este valor es un compromiso entre la sustentación y la velocidad.

Un rotor cargado ligeramente necesita menos potencia para sustentar su carga que otro cargado severamente. La razón es que el rotor cargado fuertemente tendrá que girar más rápido y a un ángulo de ataque del rotor superior, por lo que aumenta su resistencia.

Aquellos que hayan investigado sobre el paso de las palas del rotor, habrán descubierto que incrementar el ángulo de ataque (de 1° a 1,5°), mejora bastante las prestaciones. Al mismo tiempo habrán notado un descenso en las revoluciones del rotor. Esto disminuye la potencia necesaria para mover el rotor a través del aire, por lo que aumentan las prestaciones.

Cuando se alcanzan valores de paso elevados, el autogiro no vuela mucho más rápido, pero se consigue que ascienda y descienda únicamente manejando el acelerador.(7). Este efecto se debe a que el rotor se ha decelerado hasta el punto en el que la pala que retrocede tiene una buena parte en pérdida, al ir aumentando la velocidad de avance. Inversamente, un rotor que gire muy rápido será capaz de una velocidad mayor sin el consumo de potencia debido a la pérdida de la pala.

La pérdida de la pala que retrocede es normal en el autogiro y no es peligroso, ya que es un fenómeno autolimitante. El incremento de resistencia actúa como un freno, y el autogiro se queda simplemente sin recorrido de palanca adelante y comienza a subir.

### VELOCIDAD DEL ROTOR.

Hay varios factores que controlan la velocidad del rotor, y debemos tener al menos una idea de cuales son. (5 y 8).

Obviamente, el rotor girará más rápido si se transporta más peso, aumentando la carga del disco.

Disminuir la cuerda de la pala obliga a girar más rápido al rotor para sustentar el mismo peso, incrementando de este modo la resistencia del perfil.

Disminuir el paso hace girar también más rápido al rotor.

El rotor gira tan rápido como necesite para sustentar la carga, en esto consiste la autorrotación.

Así, los rotores que giran lento son más eficientes y necesitan menor potencia para trabajar.

Hablando en general, cuanto más lento gire el rotor, más eficiente es por tener menor resistencia del perfil. Sin embargo, un rotor lento no puede volar tan rápido en avance como otro que gire a mayor velocidad, debido a la pérdida en la pala que retrocede, que aumenta al hacerlo la velocidad de avance.

Por tanto, debe conseguirse un compromiso para obtener los resultados óptimos.

Un autogiro diseñado para volar rápido debe tener palas estrechas y un diámetro del rotor pequeño, mientras que otro diseñado para elevar cargas pesadas deberá tener palas más anchas y un mayor diámetro.

La fuerza centrífuga se debe tener en cuenta cuando unimos un rotor de gran sustentación y baja velocidad de giro con una aeronave ligera. Las palas adquirirán una conicidad excesiva si la relación entre la fuerza centrífuga y el peso sustentado es menor de 8 a 1.

Una buena solución para remediar una relación baja son los contrapesos en las puntas de las palas.

### POSICION DEL ROTOR Y CG.

Una estimación de la posición del CG, para determinar la posición del rotor, se puede hacer de los planos de diseño, usando los pesos de las distintas partes colocados en sus lugares correctos.

Se debe hacer una estimación del peso total y de la posición del CG.

Si esto fuese imposible, la posición final del mástil debe ser reservada hasta que se finalice de

construir el fuselaje y se pueda pesar y equilibrar.

La posición del rotor puede ser calculada a partir de este momento colocándolo en una línea dibujada hacia arriba y 10° hacia atrás de la posición del CG. La carga del disco necesaria también puede calcularse.

La comprensión de como funciona el rotor es necesaria para elegir inteligentemente un sistema de rotor eficiente, ó para determinar los efectos que produce modificar algún parámetro en un diseño existente.

Esta claro que elegir un rotor que funciona correctamente en un diseño similar es mucho más sencillo, pero saber algo acerca de su rotor no le hará ningún daño.

### HELICES.

Elegir la hélice correcta puede ser traumático y muy caro.

Comentar al fabricante de hélices lo que usted desea puede resultar en una hélice ganadora, pero también algunas veces, en un caro pedazo de madera que no realiza su trabajo. (Todo no está perdido, lucirá preciosa en su pared con un reloj montado en su interior).

La fabricación de hélices se ha conocido algunas veces como el "arte oscuro", pero saber algo acerca de las leyes de la naturaleza nos ayudará bastante. El advenimiento de hélices ajustables en tierra a precios módicos ha acabado con la incertidumbre de la elección de la hélice para un nuevo diseño.

Además, hay hélices de madera y plástico diseñadas para montarse en determinados motores, que eliminan la necesidad de elegir.

Pero deberíamos saber algo sobre las hélices para escoger aquella que trabaje correctamente.

El rendimiento es la clave de las hélices. Básicamente, cuanto más grande es la hélice, más eficiente será. La única razón por la que vuelan los helicópteros verticalmente con una potencia limitada es debido al gran rendimiento de la enorme hélice que llevan encima de si.

El rendimiento de la hélice está ligado a la carga del disco, igual que ocurría con el rotor. Carga mayor sea la carga del disco, menor será el rendimiento. Si se necesitan 114 kg de tracción de una hélice de 122 cm de diámetro, con una carga del disco de 98 kg/m<sup>2</sup>, tendrá un rendimiento del 55%, mientras que si aumentamos el diámetro a 173 cm, tendremos una carga de 49 kg/m<sup>2</sup> y un rendimiento del 71%.

Una hélice grande actúa sobre una gran masa de aire, dando la misma tracción sin tener que acelerar el aire tanto. Si el diámetro de una hélice se reduce a la mitad, la velocidad del aire debe doblarse para conseguir la misma tracción, y la potencia requerida se dobla también.

El diámetro debe ser el mayor posible, que como vemos, en una versión impulsora, está limitado por el rotor y la viga de cola. En un autogiro tractor será el suelo quien limite el diámetro.

La velocidad de la punta también se debe tener

en cuenta.

Al acercarse la velocidad de la punta a la del sonido, se incrementa la potencia requerida por efectos de compresibilidad.

Las hélices de madera tienen menores velocidades máximas de punta de pala que las metálicas, ya que para la misma resistencia estructural la sección de madera debe ser mayor y más gruesa.

Velocidades de punta tan elevadas como 268 m/s pueden ser usadas únicamente si la sección cercana al extremo tiene un espesor menor del 6% de la cuerda.

Generalmente, las hélices de madera tienen espesores entre el 8 y el 10%, por lo que la velocidad de punta no deberá exceder de 213 y 152 m/s respectivamente.

Paradójicamente, es mejor mover la punta a velocidades tan altas como sea práctico. Esto da mayores RPM con respecto a la velocidad de avance, lo que permite usar un paso menor, consiguiendo más tracción con menor par de reacción. Cuando se use una reductora será más ligera. También se necesita menor sección de material en la pala, por lo que se puede construir más ligera.

La cuerda de la hélice debe ser suficiente para absorber toda la potencia y convertirla en tracción. Para la mayoría de las aplicaciones una hélice bipala será adecuada, pero para necesidades de gran potencia, las palas deberán tener forma de paleta.

Si se incorporan 3 ó 4 palas se puede tener una forma más tradicional.

El área de las palas se calcula multiplicando la cuerda media por el radio. La mínima cuerda puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\text{Cuerda (cm)} = \frac{3805631 \times \text{Tracción (kg)}}{\text{Diámetro}^3 \text{(m)} \times \text{RPM}^2}$$

La cuerda puede exceder la cifra calculada en un 50% sin mucho efecto, pero no debería ser menor que lo calculado.

Aunque el paso de la hélice se puede determinar en cualquier sección a lo largo de la pala, el paso medido generalmente en grados corresponde al 75% del radio. Debido a que este es el punto de mayor presión en la mayoría de las hélices, dará una idea de como trabajará.

El paso de la hélice se expresa en cm. (9). El ángulo se mide en la cara plana del intradós.

El paso en cm es igual a 0.11433 por la distancia al eje en cm por el ángulo.

Podemos convertir el paso en la velocidad de avance de la aeronave mediante la siguiente fórmula:

$$v \text{ (km/h)} = \frac{\text{Paso (m)} \times \text{RPM} \times 60}{1000}$$

Este es el número que se obtendría si la hélice tuviese un rendimiento del 100%, pero obviamente, si la hélice está girando a 90 km/h y el aire que se acerca se mueve a 90 km/h, no se aumentará la velocidad del aire y por tanto no habrá tracción. Así, para que la hélice trabaje, debe tener un ángulo de ataque positivo.

Los perfiles de intradós plano usados en la mayoría de las hélices necesitan alrededor de 3° de ángulo de ataque para volar bien, así que asumiremos que nuestra hélice está volando a 3°, por lo que podemos restarlo del ángulo de paso real medido, para obtener el ángulo de paso efectivo de nuestra hélice. Convirtiendo este paso efectivo a km/h y comparándolo con la velocidad a la que vuela realmente la aeronave, tendremos una idea de como es de bueno el funcionamiento de nuestra hélice.

Si otorgásemos al paso efectivo en km/h un rendimiento del 100%, podríamos dividir nuestra velocidad real por la del paso efectivo y obtener nuestro porcentaje de eficiencia. Esta no es una cifra exacta, pero nos dará una idea de como se desarrollan las cosas. Si el resultado es del 70% ó mejor en una hélice pequeña, es muy bueno, pero si la hélice tiene alrededor de 152 cm de diámetro ó es aún mayor, el 70% indica que algo marcha mal.

## COMENTARIO.

El diseñador de autogiros tiene la ventaja de decidir que es lo más importante para él: apariencia, utilidad, facilidad de construcción, etc.

Es muy divertido diseñar y construir, así que no tenga miedo y entre en ello. Un paso inicial puede ser incorporar sus propias ideas en su autogiro actual. También puede usar los diseños bien probados de otras personas como punto de partida. Los diseños con éxito tienen buenas ideas que pueden ser utilizadas. Uniendo todas las ideas deseadas resultará una maquina que hará todo lo que usted quiera que haga. No sea remiso a robar ideas de otros y adaptarlas a su propio diseño. Si otros no hubiesen robado ideas de los hermanos Wright, los 747s parecerían muy extraños hoy.

Solamente sea consciente de las leyes aerodinámicas antes de comenzar.

## REFERENCIAS Y LECTURAS APROPIADAS PARA LOS DISEÑADORES POTENCIALES, CONSTRUCTORES Y PILOTOS:

- (1) Body Builders, PRF Feb. 1987, pag. 16
- (2) Centers of gravity, PRF Oct. 1987, pag. 8
- (3) FAA, Aircraft Inspection and Repair, AC 43.13.1, pag. 193
- (4) Gyro Stability, PRF Abr. 1987, pag. 193
- (5) Wings and things, PRF Abr. 1983, pag. 17
- (6) Propellers, PRF Abr. 1979, pag. 24
- (7) More on Rotors, PRF Dic. 1985, pag. 8
- (8) Gyro Modifications, PRF Vol. 4, N° 2, 1966, pag. 17
- (9) Propeller Pitch. PRF Ago. 1977, pag. 25

**Una traducción de:  
Mario Ramonell Garcia.**



# CABEZAS DE ROTOR.

Por Chuck Beaty.

## EXPERIMENTANDO CON DIFERENTES OFFSETS.

El tipo de cabeza de rotor en balancín Bensen necesita un gran trimado por medio del muelle para conseguir una fuerza de control nula para una velocidad de vuelo de crucero, lo que ocasiona que aparezcan grandes fuerzas sobre la palanca durante las operaciones en tierra. El offset (desplazamiento ó descentramiento) de 2,5 cm usado por Bensen puede ser reducido a 1,6 cm con lo que el muelle ya no es necesario para conseguir una fuerza nula sobre la palanca en crucero.

Siempre he usado el offset reducido, pero Pete Johnson, de Swaisboro, Georgia, que voló ocasionalmente mi autogiro hace 15 ó 20 años, siempre me decía que era menos estable que el modelo estandar Bensen con 2,5 cm de offset. Pete ha experimentado extensamente con varios offset y varias tensiones del muelle, y ha encontrado una combinación, según dice él, que vuela indefinidamente sin manos.

Ignoré el trabajo de Pete y tomé una nueva línea de trabajo cuando construí una cabeza de rotor tipo Bensen, de junta universal, con un offset nulo, como se muestra en la Figura 1.

El rotor está soportado por un rodamiento esférico, colocado de tal forma que el eje de balanceo pase por el centro de la esfera. Con esta cabeza de rotor, la sustentación y resistencia del rotor no se pueden introducir ó acoplar en el sistema de mando, del mismo modo que ocurre con un plato oscilante en un helicóptero.

El primer despegue fue terrible. Tuve oscilaciones inducidas por el piloto (1) , PIO, en el eje de alabeo y en el de cabeceo, que no pude detener hasta que no aterricé. El segundo y tercer despegue fueron aún peor. Decidí pedirle ayuda a Ernie Boyette. "Ernie es más joven, valiente y tiene mejores reflejos", pensé, pero estaba equivocado: lo dejó al primer vuelo.

Los problemas de control no eran debidos exclusivamente a la cabeza del rotor. La versión inicial también mostraba reacciones extrañas y pude suprimir parte de ellas introduciendo casquillos para eliminar holguras en las partes móviles y cargando el sistema de control con muelles. Al siguiente día voló mejor, pero continué teniendo PIO alrededor del eje de balanceo ó alabeo.

Para el siguiente vuelo modifiqué el sistema de control para conseguir mayor desmultiplicación en el movimiento de alabeo. Fui capaz de volar por fin, pero estaba lejos de ser estable, requiriendo atención constante para mantener la trayectoria.

## CARACTERISTICAS DE LAS CABEZAS DE ROTOR TIPICAS.

De vez en cuando en este artículo usaré la expresión "autogiro de tipo Bensen" en un sentido genérico. Todos los autogiros con hélice impulsora, con dos palas, rotores semirrígidos tipo balancín, con control por mando directo de la cabeza del rotor son genéricamente Bensen, independientemente de como esté construida la estructura.

La Figura 2 ilustra una cabeza típica Bensen, con junta universal con offset. En vuelo de avance a 64 km/h, el eje de rotación del disco del rotor está inclinado hacia atrás alrededor de 2° respecto del eje de la cabeza del rotor. Esta inclinación de 2° del disco del rotor, produce 4° de diferencia entre el ángulo de ataque de la pala que retrocede y la que avanza, lo que iguala la sustentación en ambos lados del disco del rotor.

El lector astuto habrá observado que esta inclinación de 2° hace que la línea de tracción del rotor pase 5 mm por delante del eje de la cabeza del rotor, y que la reducción del offset de 2,5 cm a 1,6 cm no evita la necesidad de poner un muelle para conseguir una palanca "neutra". Sin embargo, el momento de control resultante, de aproximadamente 1 cmxkg, está prácticamente equilibrado con el peso del prelanzador y de las varillas de control unidas a la parte trasera del tubo basculante de la cabeza.

Un rotor en vuelo de traslación es inestable con el ángulo de ataque. Si una cabeza de tipo Bensen se inclina hacia atrás un grado más, el ángulo de ataque de la pala que avanza se aumenta 1°, mientras que el de la pala que retrocede se disminuye 1°, pero a una velocidad de 64 km/h, el aumento de sustentación de la pala que avanza es de 35 kg, mientras que la disminución de sustentación en la pala que retrocede es de 15 kg. Para que esta diferencia de sustentación sea anulada, el ángulo de batimiento debe aumentar 0,4°. Inclinar la cabeza del rotor 1° a 64 km/h ha resultado en una inclinación de 1,4° hacia atrás de todo el rotor.

Esta es una condición divergente que se autoalimenta: un incremento en el ángulo de ataque del rotor causa una actitud de morro arriba del autogiro, que a su vez incrementa el ángulo de ataque y así sucesivamente. Las personas que han manejado un coche sobrevivador o un camión pesado con las ruedas traseras desinfladas conocen la sensación.

Una ráfaga vertical produce el mismo efecto.

Una corriente ascendente produce un incremento mayor de la sustentación en la pala que avanza que en la que retrocede, incrementando el ángulo de batimiento y la inclinación del disco del rotor, lo que hace que la aeronave levante el morro, amplificando la perturbación.

En este punto hay que hacer una distinción entre un rotor autorrotante y otro motorizado. Cuando la carga aumenta, un rotor autorrotante gira más rápido, mientras que uno motorizado gira más despacio. Aunque la respuesta inicial del rotor de un autogiro a la inclinación del rotor hacia atrás es dar una respuesta aún mayor, el aumento de carga lo acelera, lo que reduce la disimetría de sustentación, y disminuye el exceso de respuesta. En el rotor de un helicóptero ocurre al revés, por lo que aumenta la inestabilidad.

### ROTORES DE GRAN INERCIA.

Un rotor de gran inercia en un autogiro es una bendición.

Un rotor sin inercia ajustará instantáneamente su velocidad a las condiciones de funcionamiento y tendrá una estabilidad de ángulo de ataque neutra, de igual forma que ocurre con una aeronave de ala fija.

Pero también tendrá un amortiguamiento aerodinámico nulo, siempre que no tenga superficies de control aerodinámico, por lo que será imposible que vuele.

Un autogiro real tiene una estabilidad intermedia entre un avión de ala fija y un helicóptero.

La razón por la cual los autogiros motorizados con Rotax invertidos, posición del asiento muy baja, y línea de empuje del motor alta, parecen más estables con rotores pesados, no se debe tanto al aumento de la inercia del rotor como a la necesidad de lastre en la cabeza del rotor. El contrapeso en la cabeza del rotor mueve la posición vertical del centro de gravedad a las proximidades de la línea de empuje.

Además, un rotor pesado no quiere decir necesariamente que sea un rotor con mucha inercia: el momento de inercia depende de la situación del peso. Un kg de peso en la punta de la pala equivale a 3 kg repartidos uniformemente a lo largo de la pala (en cuanto al momento de inercia). Parece innecesario decir que si hace falta lastre, el plomo cuesta 60 pts/kg mientras que el kg de pala cuesta 1800 pts, ó que un autogiro que necesita lastre es malamente un óptimo diseño.

### CARACTERISTICAS DE CONTROL DE LAS CABEZAS DE ROTOR.

Regresando a la intención inicial de este artículo y a la figura 2, se puede ver que el offset en una cabeza Bensen tiende a rotar nariz abajo todo el sistema de control, que se encuentra en equilibrio por los muelles de trimado y por las masa unidas a la cabeza. Como se discutió anteriormente, una ráfaga o cualquier otra perturbación que incrementa la inclinación hacia atrás del disco del rotor, incrementa el ángulo de batimiento, lo que a su vez provoca que la línea

de tracción del rotor se acerque al eje de cabeceo del rotor, de tal modo que si actuase solo, causaría una fuerza hacia arriba en el sistema de control que es precisamente lo opuesto al efecto deseado. Sin embargo, una inclinación hacia atrás del disco del rotor incrementa la tracción de este e incrementa el momento "nariz-abajo" en el sistema de control. Incluso aunque el brazo de palanca ha disminuido, el momento total "nariz-abajo" en el sistema de control ha aumentado.

Esta retroalimentación de fuerza en el sistema de control, proporciona al piloto una sensación que le permite evitar perturbaciones y mantener una actitud nivelada.

Si el sistema de control fuese manejado a través de un servomecanismo irreversible, la cabeza de rotor Bensen no sería más estable que un rotor controlado mediante plato oscilante, lo que también explica por que los autogiros radiocontrolados necesitan de sistemas de estabilización auxiliares.

### CARACTERISTICAS DE LOS AUTOGIROS DE TIPO NO BENSEN.

Los únicos otros autogiros contruidos en los Estados Unidos despues de la Segunda Guerra Mundial fueron el McCulloch J-2 y el Air&Space 18A. El J-2 usaba un sistema de rotor prestado del helicóptero Hughes 269, excepto que la palas eran ligeramente mayores y sin torsión. Debido a que el J-2 tiene una gran carga del disco, pesos en las puntas de las palas y un estabilizador horizontal, la características de manejo son buenas a pesar del plato oscilante usado para su control.

El 18 A, por su parte, es el resultado de usar lo que técnicamente se conoce como una articulación delta 3 (la letra minúscula griega que se emplea usualmente como símbolo es la  $\delta$ ).

La Figura 3 ilustra la articulación delta 3 tal y como es empleada por el 18A. La articulación de arrastre no se muestra por motivos de claridad.

Según el rotor se decelera y aumenta el ángulo de conicidad, el paso de las palas se reduce. Esto se llama acoplamiento paso-conicidad y es un efecto beneficioso. Pero también, según baten las palas, el paso se modifica en la dirección necesaria para reducir el batimiento. Esto se llama acoplamiento paso-batimiento y es muy malo.

El acoplamiento paso-conicidad del 18A proporciona reducción automática del paso despues de un despegue al salto.

Para un despegue al salto, el paso colectivo se reduce a cero, comienza el prelanzamiento, y cuando el rotor alcanza el exceso de velocidad necesario, se pulsa el botón de despegue al salto, lo que produce que el paso colectivo se situe en el tope de +8°. La máquina salta al aire y según se decelera el rotor, la articulación delta 3 reduce el paso al valor correcto para la autorrotación.

El ángulo de la articulación delta 3 parece ser de 45°, lo que da una relación conicidad-paso de 1 a 1.

El acoplamiento paso-batimiento es desestabilizador y conduce a unas características de manejo peculiares.

Un rotor proporciona amortiguamiento gracias a que se retrasa después de un movimiento rápido de la estructura, y su tracción se opone a dicho movimiento. El acoplamiento paso-batimiento reduce este retraso y reduce la cantidad de amortiguamiento. Un rotor de este tipo se dice que es más "dependiente" de su mastil, y se comporta como si hubiese un muelle aerodinámico forzando al rotor a alinearse rápidamente con su mastil.

Un rotor con articulaciones de batimiento en su centro de rotación y sin articulación delta 3 está en resonancia a su frecuencia de rotación, y sigue las reglas normales de precesión de un giroscopo: el desplazamiento sigue a la fuerza retrasado  $90^\circ$ . Para producir una inclinación hacia atrás de un rotor normal, inclinamos la cabeza del rotor o el plato oscilante hacia atrás, lo que produce máximo paso cíclico hacia abajo a  $90^\circ$  y máximo paso cíclico hacia arriba a  $270^\circ$ , por lo que el rotor se mueve en el sentido adecuado. (2).

Con el acoplamiento paso-batimiento, la frecuencia de resonancia es mayor que la frecuencia de rotación y el desplazamiento de fase ya no es de  $90^\circ$ ; en el 18A es quizás de  $70^\circ$ .

Un desplazamiento de fase fijo puede ser acomodado en la disposición mecánica de las uniones de control, pero el desplazamiento de fase varía al modificarse las condiciones de funcionamiento. También, una perturbación que cause un movimiento de cabeceo en el autogiro, producirá en este caso, además, un movimiento en alabeo.

**Una traducción de:  
Mario Ramonell García.**

#### NOTAS DEL TRADUCTOR:

(1) Oscilaciones inducidas por el piloto, conocidas como PIO, abreviatura de Pilot Induced Oscillations.

En los movimientos oscilatorios de periodo corto de la aeronave (1 a 2 segundos), puede ocurrir que los movimientos de control efectuados por el piloto, con la intención de corregir y detener esta oscilación, la aumenten en vez de disminuirla.

Esto se debe a que la corrección es aplicada con retraso, desfasada con lo que el piloto deseaba.

Supongamos un movimiento oscilatorio en el que la aeronave pica y encabrita, pica y encabrita, etc, rápidamente.

Cuando el aparato pique, el piloto mandará encabritar, pero como el movimiento es tan rápido, y él y el sistema de mando tienen cierto retraso, encabritará justamente cuando el aparato lo esté haciendo por su cuenta. La reacción lógica será picar para evitar el encabritamiento adicional, pero por el retraso de mando, picará cuando el aparato esté picando, por lo que la oscilación se va amplificando más y más. La mejor solución es dejar los mandos libres o dejarlos fijos, sin intentar corregir las oscilaciones.

(2) El convenio para definir la posición de la pala en azimut de todo rotor (autogiro o helicóptero) consiste en dar el ángulo que forma con una dirección dada, medido en el sentido de rotación. La línea de referencia es aquella que pasa por el centro del rotor y que es paralela a la dirección de la corriente de aire libre aguas abajo.

Para aclararlo tomemos un rotor que gira a izquierdas, al contrario que las agujas del reloj, visto desde arriba (sentido de giro de los helicópteros americanos, los franceses giran al revés).

Cuando la pala se encuentra hacia atrás, paralela a la dirección de avance del aparato, su ángulo de azimut, denominado con la letra griega  $\phi$ , es de  $0^\circ$ . Según gira, cuando se encuentre apuntando a la derecha (a las tres de un reloj que estuviese puesto encima del aparato con las doce apuntando a la dirección de avance de este), estará a  $90^\circ$ . Sigue girando y ahora apunta hacia delante (a las 12 del reloj), su ángulo de azimut son  $180^\circ$ . Cuando la pala apunte a la izquierda (las 9 del reloj) su azimut será de  $270^\circ$  y cuando vuelva a apuntar hacia atrás (a las 6) su ángulo será  $360^\circ$  y comenzará una nueva vuelta.

Con este convenio se puede expresar la posición de la pala en cualquier instante dando su ángulo de azimut.

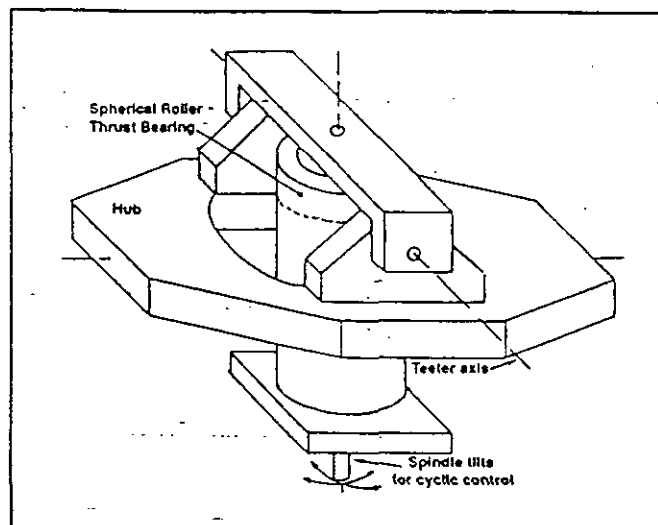


Figure 1

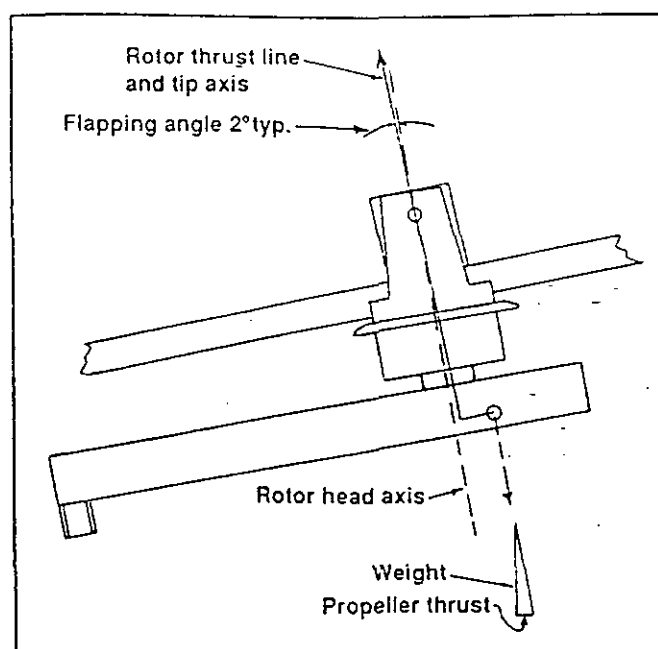


Figure 2

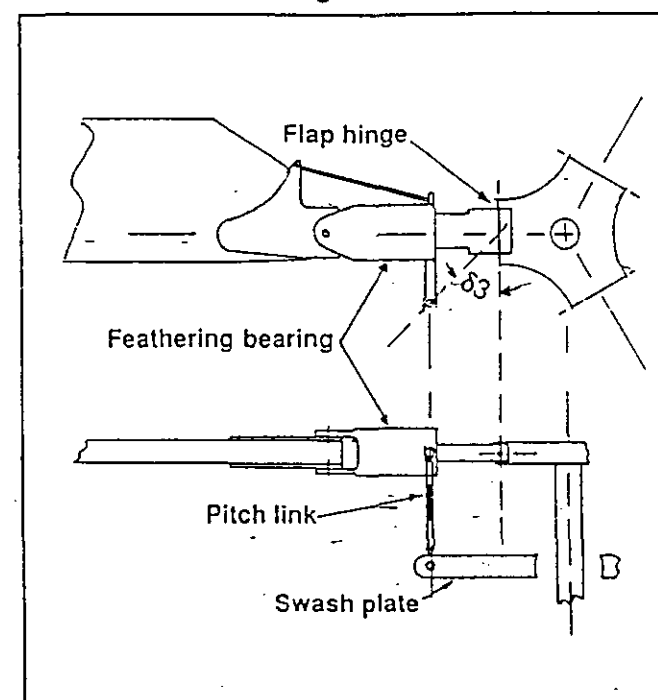
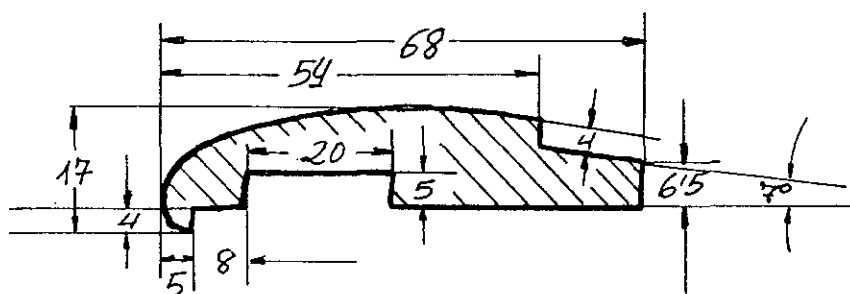


Figure 3

# - CONSTRUCCION DE PALAS EN MADERA -

## COMPONENTES

1º) PARA LA CONSTRUCCION DEL BORDE DE ATAQUE ES NECESARIO UN TROZO DE MADERA DE HAYA DE UNA LONGITUD DE 3M (POR PALA), UN ANCHO DE 68 MM Y UN ESPESOR DE 17MM. ES LA PARTE MAS COMPLICADA Y ES ACONSEJABLE QUE SEA UN CARPINTERO CON LAS HERRAMIENTAS ADECUADAS EL QUE REALICE LA TAREA ESTO ENCARECE ALGO MAS LA PALA:

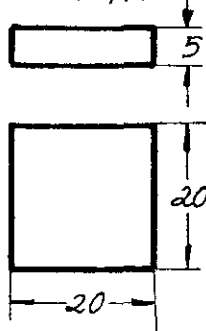


2-202-115

ESCALA 1:1

JLV.89

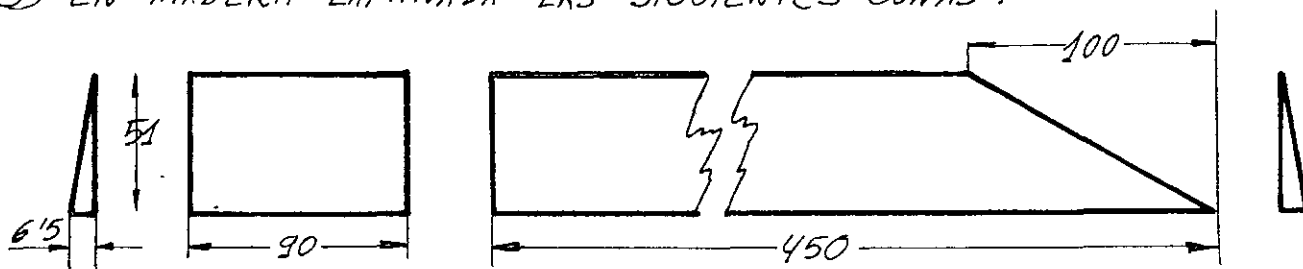
2º) TAMBIEN EN HAYA:



TERMINAL DE HAYA 2-202-114

ESCALA 1:1

3º) EN MADERA LAMINADA LAS SIGUIENTES CUÑAS:

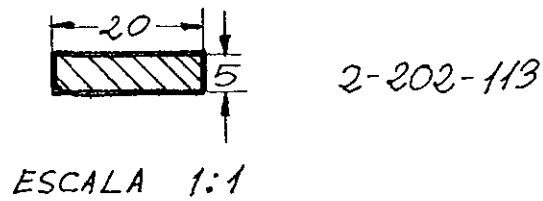


CUÑA 2-202-118

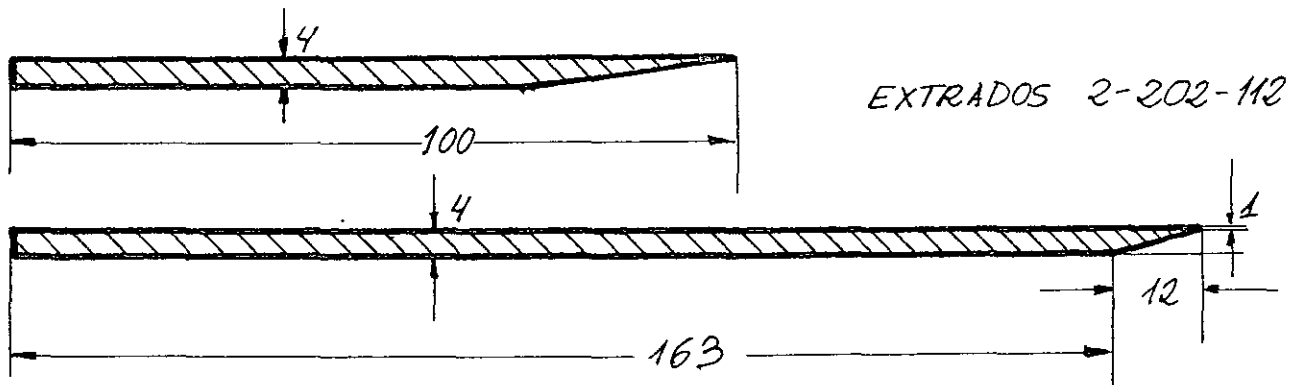
CUÑA 2-202-111

ESCALA 1:3

4º) JUNTO CON EL BORDE DE ATAQUE LOS ESFUERZOS SE REPARTEN  
CON EL ALMA DE PLETINA CALIBRADA F1 (CHIERRO DULCE) (3m long.)



5º) DE LONGITUD 3m CORTAREMOS LAS SIGUIENTES PIEZAS EN  
CONTRACHAPADO FENDIGO O MARINO:

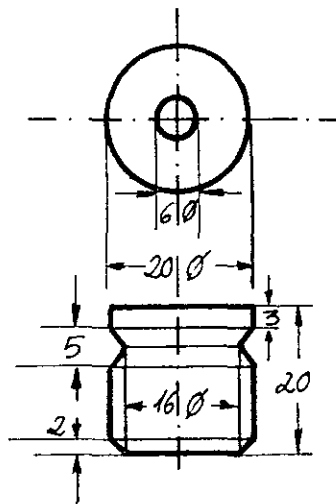


INTRADOS 2-202-111

22V-87

ESCALA 1:1

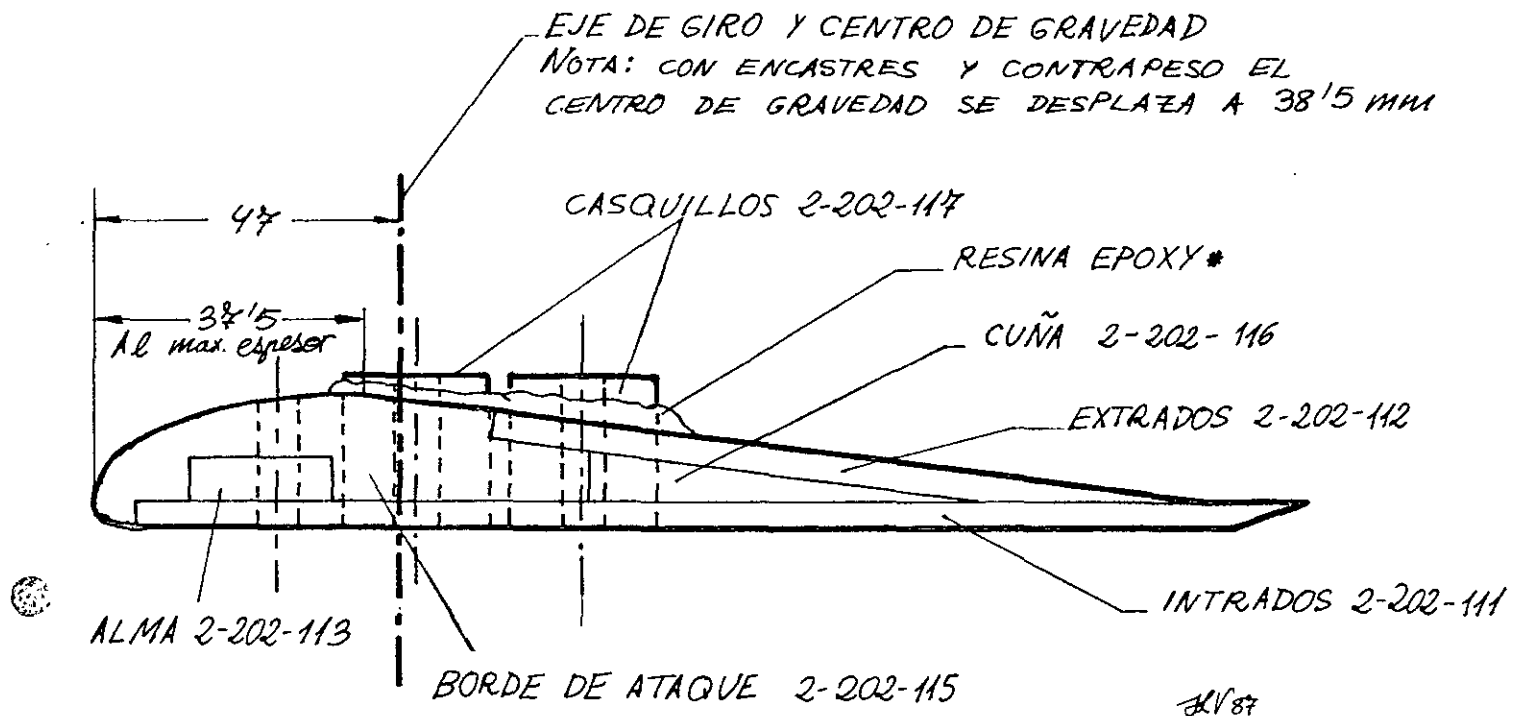
6º) 8 CASQUILLOS (POR PALA) EN ALUMINIO:



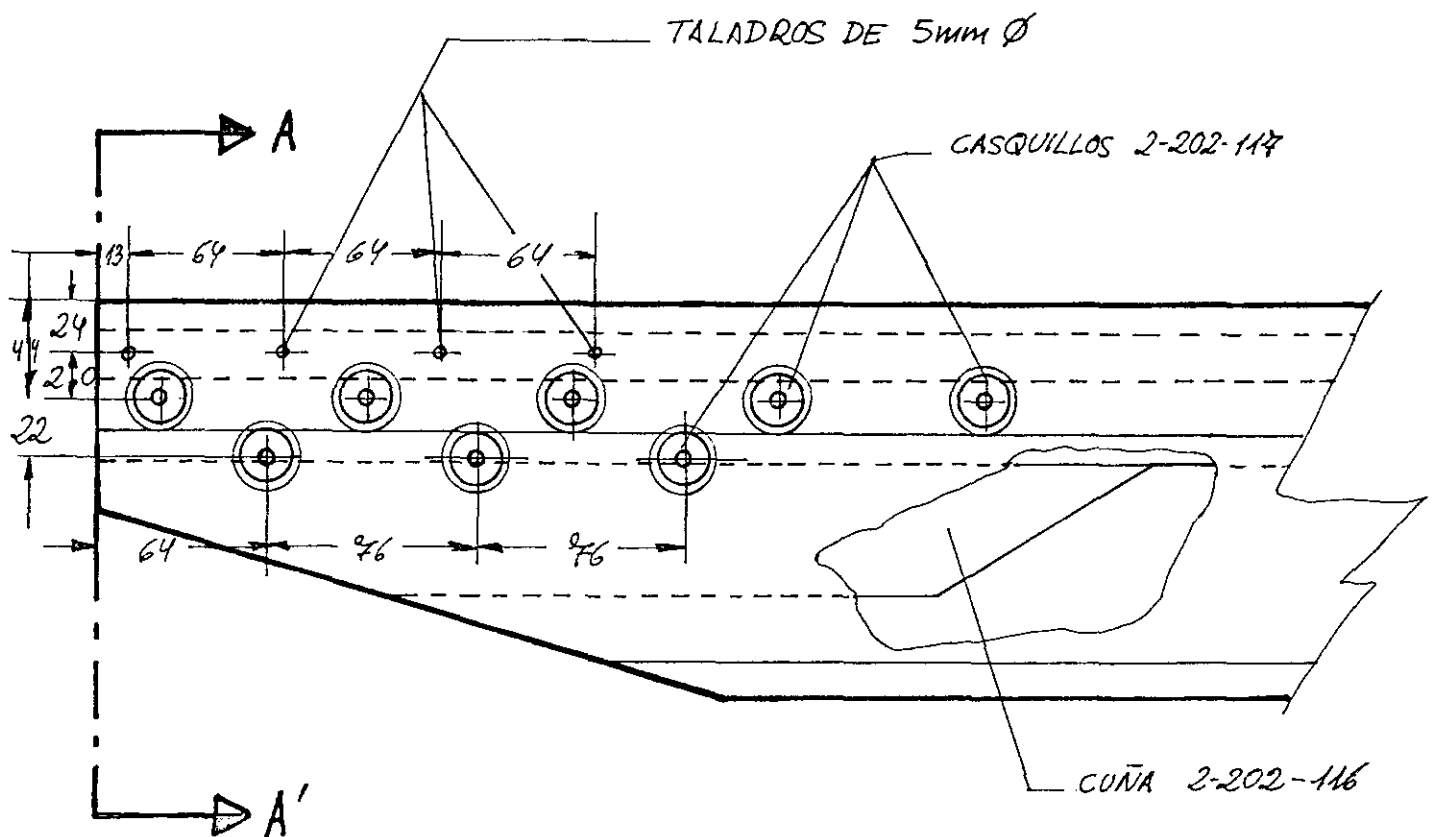
CASQUILLO 2-202-117

ESCALA 1:1

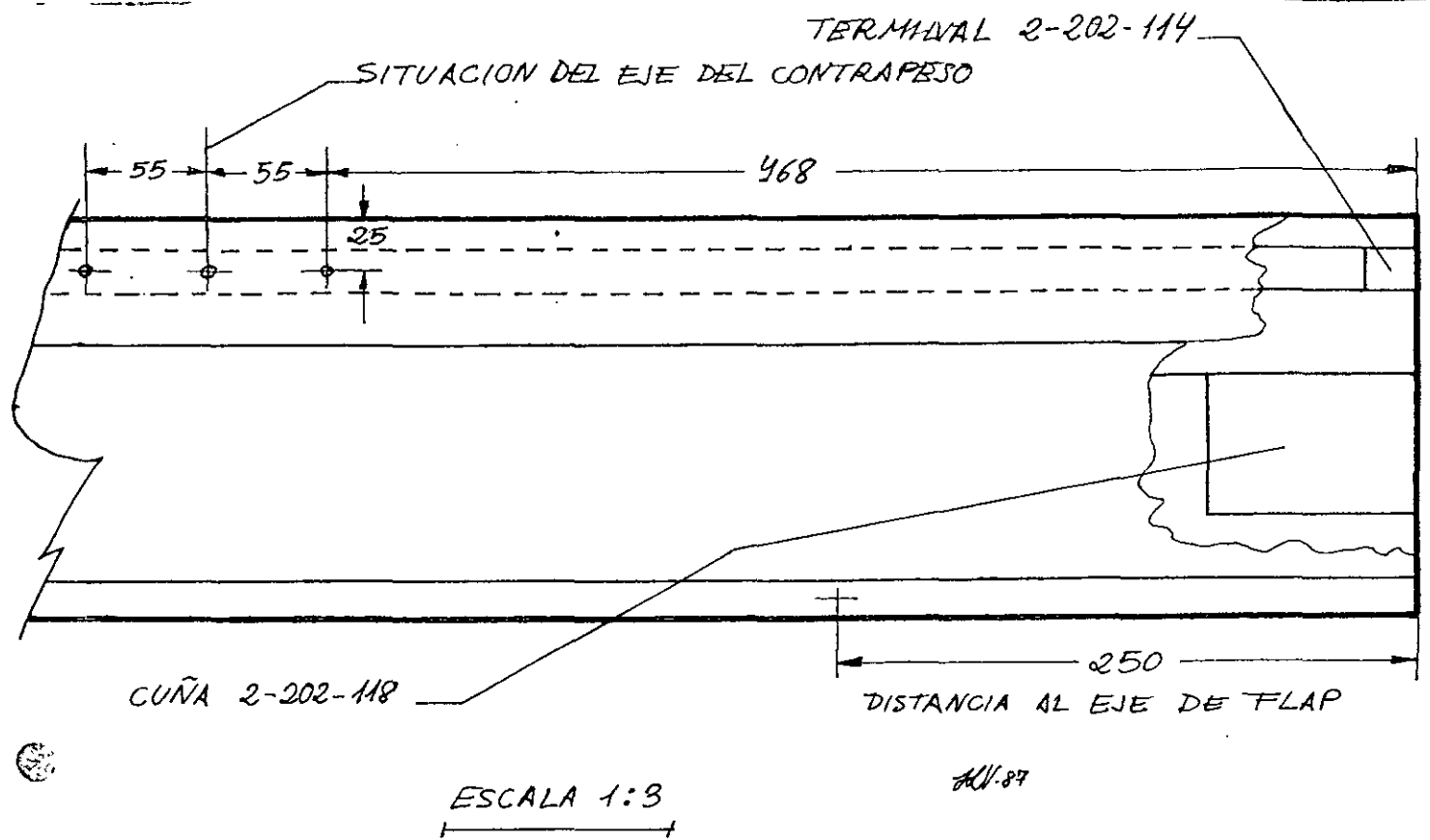
LA SECCION DEL PERFIL COMPLETO QUEDA DE LA FORMA:



VISTA A-A' ESCALA 1:1

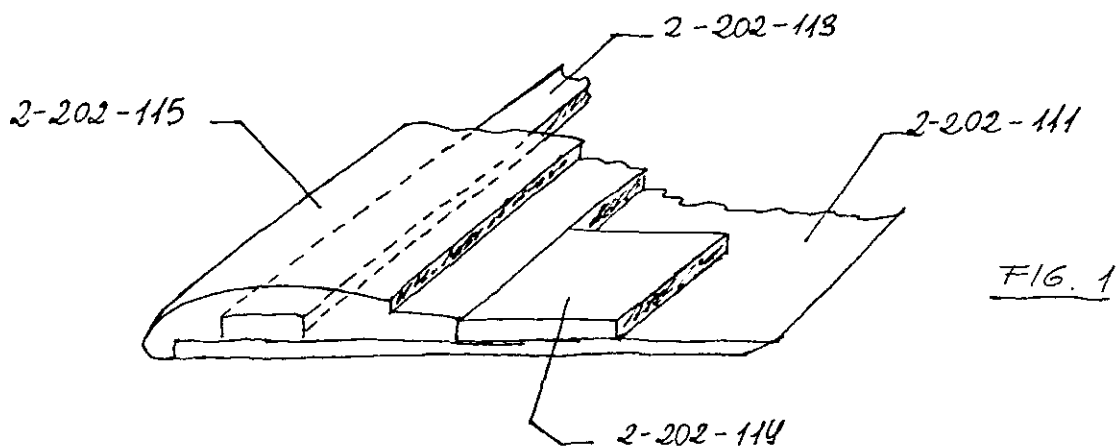


ESCALA 1:3



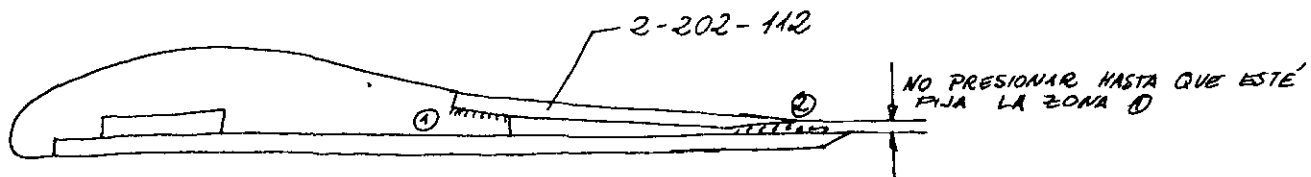
## ENSAMBLAJE

- 1º) CON EL ~~ALMA~~ ALMA MONTADO (SIN NINGUN TIPO DE PEGAMENTO, SIMPLEMENTE ENCAJADO) EN LA PIEZA 2-202-115, PEGAMOS EL INTRADOS Y LAS CUÑAS UTILIZANDO PARA ELLO COLA DE CONTACTO DE LA UTILIZADA POR LOS CARPINTEROS (CON UN BOTE DE TAMAÑO MEDIO BASTA PARA LAS DOS PALAS) FIG. 1



- 2º) UNA VEZ BIEN SECA LA PIEZA, PEGAMOS EL EXTRADOS, CUIDANDO QUE NO SE LEVANTE POR EL BORDE DE SALIDA, PARA LO CUAL PRIMERO PEGAREMOS LA ZONA APOYADA SOBRE EL BORDE DE ATAQUE (2-202-115) Y CUANDO ESTE BIEN FIJO PROCEDEREMOS A PRESIONAR SOBRE EL

FIG. 2



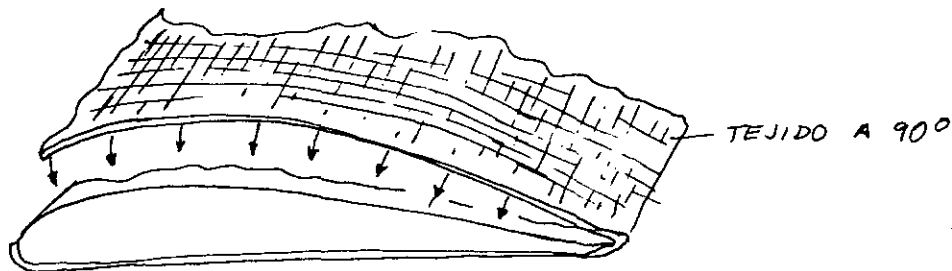
3º) HACER UN BUEN LIJADO DE LA SUPERFICIE (SIN DAÑAR LA FORMA DEL PERFIL) PARA LIMPIAR ESTA DE IMPUREZAS

4º) FORRAR EN FIBRA DE VIDRIO (CON UNA SOLA CAPA BASTA) FIG. 3

- FIJAR LA FIBRA AL INTRADOS
- CON MUCHO CUIDADO DAR LA VUELTA A LA PALA Y CUBRIR EL EXTRADOS
- CORTAR EL SOBRANTE UNA VEZ SECA
- LIJAR NUMEROSAS VECES CON LIJA DE AGUA HASTA QUE ESTEMOS SATISFECHOS CON EL ACABADO (LO MAS SUAVE POSIBLE AL TACTO)

NOTA: PARA EL TRABAJO DE LA FIBRA ES ACONSEJABLE EL USO DE MASCARILLA Y GANTES

FIG. 3



5º) HACER LOS TALADROS Y FIJAR LOS CASQUILLOS CON PEGAMENTO DE TIPO EPOXY (LOS TALADROS HAN DE HACERSE LO MAS VERTICAL POSIBLES). LOS DE 5 mm Ø SON PARA TORNILLOS DE CAVEDA AVELLANADA Y METRICA 5.

**MUY IMPORTANTE:** LA POSICION DE LOS TALADROS PARA LOS CASQUILLOS VIENE CONDICIONADA POR LAS PLETINAS DE SUJECCION A LA "CABEZA" DEL ROTOR. COMPRUEBE SI SU "CABEZA" DE ROTOR VERIFICA DICHAS POSICIONES. EN CASO CONTRARIO MODIFIQUE LAS PALADROS SEGUN SU CONVENIENCIA.

# CONSTRUCCION DE PALAS DE AUTOGIRO EN MATERIAL COMPUESTO.

## DESCRIPCION DE LAS PALAS.

Se trata de unas palas de 3500 mm de longitud, 210 mm de cuerda, perfil NACA 23012, en material compuesto, con alma de madera y foam y pletina de equilibrado (para centrado estático en cuerda).

Rectas, sin torsión, con una carga de rotura a tracción en el encastre de 25000 kg.

Haremos una descripción de los elementos que las forman, construcción, precio, resultado final y un pequeño anexo del cálculo estructural y resistencia de las palas.

Las palas están formadas por los siguientes elementos: (Fig. 6).

### Borde de ataque: (1)

En madera de Pino Insignis, bien curada para que no tenga reviraduras. Una elección del material todavía mejor es fabricarlas en un aglomerado llamado DM, o de contrachapado, ya que se tiene la seguridad de que no se "moverán" al trabajarlas. (Cambios de humedad, etc.)

No importa que no sea excesivamente resistente a tracción, ya que no se cuenta con él al hacer los cálculos de resistencia de la pala (aunque en realidad contribuya al resultado final).

La misión principal de este borde de ataque es conformar esta parte del perfil, y alojar el contrapeso longitudinal que realiza el centrado en cuerda de la pala.

### Contrapeso de equilibrado: (2)

Pletina de acero normal y corriente (acero A 37 B no aleado, de uso general para estructuras metálicas), de 4x20 mm, soldada en su extremo final a una pletina del mismo acero de 4 mm de espesor, que va en el encastre de la pala al balancín, para reforzar esta zona.

### Alma: (3)

Construida a partir de planchas de espuma de poliestireno extruido, marca "WALLMATE IB", de 28 Kg/m<sup>3</sup> de densidad. Se compra en planchas de 1250x600x50 mm en almacenes de aislantes.

A este material solo se le hace trabajar a compresión ( 3 kg/cm<sup>2</sup> ), ya que solo se encarga, junto con el borde de ataque, de conformar la sección del perfil.

### Placas de armado: (4)

Se encargan de armar las partes (1) y (3), y son las que van a dar la forma definitiva al perfil. Cada una de estas dos placas (intradós y extradós), está compuesta por dos capas de fibra de vidrio unidireccional, en el sentido de la envergadura

de la pala, de 290 g/m<sup>2</sup> y 0,29 mm de grueso. Estas placas se fabrican con resina epoxídica EPO 685, quedando un grueso una vez curadas de 0,35 mm (por capa). Estas cubiertas, además de formar el perfil uniendo borde de ataque y alma, trabajan a tracción y a flexión soportando las cargas que actúan sobre las palas.

Para asegurar la resistencia de este laminado, se fabricaron probetas y se realizaron ensayos de rotura. Los datos y cálculos empleados figuran en el anexo final.

### Forrado estructural: (5)

El último componente es una cubierta que forra totalmente la pala, compuesta por tres capas de fibra unidireccional, de distinta longitud, como se indica a continuación:

La primera capa va del encastre al extremo de la pala (3500 mm de longitud), formando una funda de borde de salida, intradós, borde de ataque, extradós y borde de salida.

La segunda capa de 2230 mm de longitud, ocupando 2/3 de la envergadura de la pala desde el encastre.

La tercera y última capa, de 1165 mm de longitud, abarca 1/3 de la pala.

Estas capas se distribuyen según los esfuerzos que aparecen en la pala por la fuerza centrífuga y el momento flector (debido a la sustentación), que son mayores en el encastre, por lo que en esta zona tiene más capas que en la punta de la pala, donde los esfuerzos son menores.

## CONSTRUCCION DE LOS COMPONENTES.

### Borde de ataque: (1)

Una vez elegida la madera (pino, abeto, DM, contrachapado) se deberán hacer las siguientes operaciones en el orden indicado.

1.- Sacar dos listones perfectamente reguesados y rectos de 57x24x3285 mm.

2.- En una sierra circular y con una fresa de 4,5 mm, hacer la entalladura de alojamiento de la pletina de contrapeso. Dimensiones de la caja 21x4,5 mm.

3.- En Tupí ó moldurera, hacer primero la cara del intradós y luego el extradós.

En esta operación puede haber problemas con el carpintero, ya que se negará a fabricar las cuchillas apropiadas para sacar solo 2 ó 4 listones. La mejor solución, más precisa y barata, es fabricarnos nosotros las cuchillas en placa de acero para herramientas de 4 ó 5 mm. (Podeis pedirle al carpintero una muestra y fabricarlas según la Fig. 2 con las dimensiones y el perfil de la Fig. 1).

Hay que indicar que la cuchilla debe hacer el cajeado que nos permitirá montar las placas rígidas de armado, quedando estas a haces con la superficie del borde de ataque de madera.

Una vez acabada la herramienta, conviene templar ligeramente los labios de corte, para conseguir mayor dureza, pero no templar el resto de la pieza, que quedaría más quebradiza y podría partirse al trabajar con el peligro que conlleva.

Con la cuchilla en vuestro poder, cualquier carpintero que tenga una tupí puede fabricar los listones en unos minutos.

#### Pletina de refuerzo-contrapeso: (2)

No tiene ningún problema. Se trata de comprar pletina de 20x4 mm y cortarla a 3500 mm. Esta pletina se suelda a la cartela de refuerzo (en chapa de 4 mm de grueso), construida según la Fig. 3. (2 unidades).

Esta cartela lleva unos cordones de soldadura por las dos caras para que el agarre con la fibra y la resina sea más efectivo.

Cuidar que estos cordones no caigan en el lugar en que más tarde irán los taladros de amarre al balancín.

#### Placas rígidas: (4)

Se trata de fabricar 2 placas de 155x3500 mm (extradós) y otras dos de 163x3500 mm (intradós). Cada una de estas placas está formada por dos capas de tejido unidireccional. La forma más rápida de fabricarlas es la siguiente:

Se prepara un tablero de aglomerado forrado de formica por al menos una cara, de 1000x3500x16 mm.

Este tablero se monta sobre unas borriquetas nivelado y plano.

Se aplica un desencofrante a la cara de formica para que no se pegue la resina. Hay ceras desencofrantes especiales (caras), pero también se pueden usar las ceras caseras para abrillantar muebles (baratas y de buen resultado).

Se da una capa de cera con una esponja o muñequilla. Se deja secar, y se saca brillo con un paño suave y que no suelte pelusa, sin apretar excesivamente. Repetir esta secuencia dos o tres veces. Conviene comprobar que no se pega la resina ya curada.

A continuación extendemos una tela de fibra del ancho necesario para las 4 placas (más algo que sobre, para recortar las placas) y de algo más de 3500 mm de longitud. Se tensa suavemente para que no queden arrugas, pero cuidando que los hilos de la fibra queden perfectamente rectos en el sentido longitudinal. Se pone la segunda tela, de iguales dimensiones, encima y sin arrugas. Se mezcla la resina, no la cantidad total, sino en porciones. Una buena medida es un vasito de papel de 150 cc. Esta resina se va vertiendo encima de las telas, y con una espátula ancha y suave (sin esquinas puntiagudas) se va repartiendo para que penetre y moje bien ambas telas. Con la misma espátula se saca la resina sobrante, con objeto de dejar en la fibra solo la resina imprescindible. Si quedan algunas burbujas de aire, hechar unas gotas de resina e insistir con la espátula. Si la resina estuviese muy densa, difícil

de extender por el frío, ayudarse con un secador de pelo. Calentando la resina sobre la fibra se fluidifica, penetrando mejor y evitando la formación de burbujas.

(Tener en cuenta que este calentamiento acelera la reacción de curado, por lo que no debemos perder tiempo).

En una hora y media tendremos acabado el trabajo (entre dos personas). A las doce horas se pueden cortar las placas. Usaremos una regla y una buena cuchilla. Cuidar que los cortes estén perfectamente rectos y paralelos entre sí y con la dirección de la fibra. (No cortar sobre el tablero para no estropearlo).

Hay que saber que cara de estas placas estuvo en contacto con la cera (al tacto la más lisa), ya que después tendremos que "limpiarla" para un pegado perfecto.

#### Alma de foam: (3)

Esta operación es fácil, pero hay que realizarla cuidadosamente y con precisión.

Los aeromodelistas y muchos constructores lo conocen perfectamente. Se explica para aquellas personas que no lo hayan hecho nunca.

De las planchas compradas, se preparan las tiras necesarias, con un ancho igual a la cuerda del perfil mas 30 mm, es decir, tiras de 1250x230x50 mm.

Se construyen dos plantillas de perfil, dos "costillas" Fig. 4.

Conviene hacerlas de fibra o baquelita de 2 mm de espesor (placas circuitos impresos), cortandolas con gran precisión. Después se pulen los lomos, para evitar que el alambre de corte se enganche.

En el borde de ataque, y en prolongación de la cuerda del perfil, se pega un alfiler con cianocrilato. De igual modo, en el borde de salida se pega otro siguiendo el intradós. Se taladrarán las plantillas con broca de 2 mm, en la cuerda del perfil, espaciando regularmente los taladros. Fijaremos las plantillas al foam mediante clavos o mejor con remaches gesipa (la cola se clava en el foam y el remache presiona la plantilla contra este), a través de estos taladros.

Se confeccionan unas escuadras para posicionar las plantillas respecto a los bloques de foam. Una vez bien posicionadas las plantillas, se cortan los perfiles entre dos personas. Hay que guardar cuidadosamente las camas de foam (las partes de la plancha que no son el perfil), ya que después nos harán falta en el ensamblaje final de la pala.

Conviene hacer pruebas de temperatura y de velocidad de corte antes de cortar los perfiles.

Un arco de corte, enchufable a la red (220 V), fácil de hacer, barato y efectivo se describe en la Fig. 5.

Las resistencias son de hornillo, se encuentran en las ferreterías. El arco también se puede hacer de madera. Lo principal es conseguir la temperatura adecuada del hilo, para esta clase de foam ("Wallmate IB", de color azul), entre 100 y 120°C.

La regulación de la temperatura se consigue moviendo la boca del cocodrilo a lo largo de la resistencia. No hay que tener miedo a descargas eléctricas, ya que en el hilo de corte solo hay de 30 a

40 V. Sin embargo, ojo a las quemaduras.

#### Montaje del conjunto: Figs. 6 y 7.

Sobre el tablero posicionamos el borde de ataque (1), y le unimos, en la caja del intradós, la placa (4') mediante una cinta autoadhesiva de 3 o 4 cm de ancha. Se dá la vuelta y se hace la misma operación con la placa de extradós. Las placas se deben colocar con la cara de cera al exterior del perfil.

A continuación se pone el conjunto vertical, y abriendo las placas como las hojas de un libro, se da resina a lo largo de las dos juntas. Se vuelve a situar horizontal, y mediante "gatos" y un listón, se aprieta a todo lo largo de la unión. (Conviene tener bastantes gatos y un listón fuerte, para que la presión quede uniformemente repartida).

Al día siguiente ya podemos quitar los gatos y las cintas adhesivas y realizar la siguientes operaciones.

Posicionaremos verticalmente el conjunto y daremos resina en las caras interiores de las placas y en la parte trasera del borde de ataque. Daremos también resina a los trozos de foam del alma, que previamente habremos comprobado que entra apretada, pero sin forzarla, hasta su posición.

(En caso contrario lijar suavemente).

Aplicaremos resina mezclada con microesferas de vidrio en la unión de las dos placas en el borde de salida, para rellenar las imperfecciones del foam en esta parte, y dar mayor rigidez al conjunto. Ver detalle en Fig. 7.

El solape que se ve en este detalle de las dos placas de fibra (recordar que la de extradós medía 155 mm de ancho, y la de intradós 163 mm), es con objeto de tener una gran superficie de pegado que asegure la unión de las capas posteriores, de tal forma que el borde de salida quede firmemente unido. (Habrá prácticamente una superficie de 1x350 cm, por lo que con una carga de rotura por cizalladura de la resina de 200 kg/cm<sup>2</sup> (valor muy conservador, ya que no se dispone de este dato del fabricante, pero fácilmente puede ser del doble), nos da una carga de 70000 kg).

A continuación se pone la cama del intradós, la pala y la cama del extradós; entre las camas y la pala colocaremos un plástico fino, para impedir que la resina que rezume pegue el conjunto. Se coloca sobre todo ello una tabla fuerte de igual ancho que las camas, apretando fuertemente con gatos.

Cuidaremos que todo el conjunto esté perfectamente alineado y horizontal. Este paso es crítico, ya que cualquier deformación que tengan las camas, falta de alineamiento o reviradura, se reflejará en las palas y una vez curada la resina será imposible su corrección.

Conviene dejar curar el conjunto dos días, pasados los cuales se podrá comprobar la fortaleza que empiezan a tener las palas.

La siguiente operación es colocar la pieza (2) formada por la pletina de contrapeso y el refuerzo del anclaje. Pegaremos esta pieza en la caja del borde de ataque mediante una mezcla de resina y microesferas, que rellena perfectamente

las posibles holguras, rebosando justo en el borde de ataque para poder lijarlo a su radio definitivo. La pieza se colocará de forma que el refuerzo haga tope con la madera del borde de ataque según las Figs. 3 y 8.

Después de impregnar de esta mezcla de resina volveremos a poner el conjunto en las camas, (alineado, horizontal, etc), esperando hasta el día siguiente para proseguir.

Ya tenemos la pala según se ve en la Fig. 8-A, procediendo entonces a reforzar la parte del anclaje al balancín.

Esta zona de la pala, además de los esfuerzos ya mencionados de tracción y flexión, está sometida a esfuerzos de compresión producidos por los tornillos que fijan la pala al balancín. Si esta sección de la pala tuviese alma de foam no aguantaría la presión y se aplastaría.

Por tanto, esta zona de 215 mm de largo, la rellenamos con una resina de colada rápida con carga de aluminio en polvo (en nuestro caso resina F13 con un tiempo de uso de 3 min aproximadamente). Esta resina cargada con aluminio tiene extraordinarias características mecánicas (particularmente a compresión), y además se trabaja muy bien (taladrado, cepillado, lijado).

Para realizar esta operación construiremos de aglomerado o contrachapado, y con una sección de las camas, un encofrado como se ve en la Fig. 8-B. Una vez fijado con un gato a la pala y tapadas su parte frontal y cualquier rendija (esta resina, aunque endurece muy rápido, es muy fluida), procedemos a verter la mezcla, introduciendo a la vez trozos de material como puede ser nylon, baquelita, etc, que hacen disminuir el volumen necesario de resina y reticulan este bloque, dándole mayor resistencia.

Debe quedar un acabado como el de la Fig. 8-C. Debido a que esta resina genera mucho calor en su curado, hay que proteger el extremo del foam (soporta solo 80 °C) mediante una "costilla" de amianto (recortada de "cartón" de amianto que se usa para hacer juntas de escape y de culatas).

Con la resina perfectamente curada, mecanizaremos este bloque, de forma que la transición con el resto de la pala sea suave, redondearemos el borde de ataque y le daremos la forma correcta.

En este momento tenemos una pala completa, preparada para la operación de forrarla con las capas de fibra necesarias para soportar todos los esfuerzos.

Antes de proceder al forrado estructural es conveniente dar un lijado a toda la pala, para dar un acabado final. Si no se procede así la fibra copia los errores de la pala. Específicamente queremos conseguir:

- Dejar el borde de ataque de madera sin astillas ni virutas que sobresalgan.

- Lijar la resina que rezumó en el montaje de la pletina de contrapeso, de tal forma que quede el radio de borde de ataque con la curvatura original. Si quedase algún hueco, rellenar y lijar.

- Igualar la superficie en la unión del borde de ataque con las placas de armado.

- Lijar las capas de armado para eliminar la cera y rallar la superficie, lo que mejora la adhesión. Cuidar de no deteriorar la primera capa de fibra.

En resumen dar un lijado somero, como si preparásemos para pintar, pero solo para igualar y quitar defectos, sin esmerarse excesivamente.

Para el forrado estructural cortaremos (por pala), el siguiente material del tejido de fibra:

Pieza 5-1: 3500 mm de largo más 40 mm de creces (20 por cada extremo) y un ancho igual al doble de la cuerda más 40 mm.

Pieza 5-2: 2333 mm de largo más 20 mm de creces para el lado encastre y el mismo ancho que la anterior. (2/3 de la pala).

Pieza 5-3: 1166 mm de largo más 20 mm de creces (encastre) e igual ancho que las anteriores. (1/3 de la pala).

Procederemos ahora al pegado de las telas (Fig. 9).

Ponemos encima de la mesa las camas del intradós, y sobre estas la pala (entre la cama y la pala situamos un plástico).

Colocamos la tela 5-1 encima de la pala (Fig. 9) dejando 20 mm de sobra a cada extremo y 20 mm también por el borde de salida.

Se tensa y alisa eliminando las arrugas (la fibra debe quedar paralela a la pala), impregnándose de resina a lo largo y ancho de la pala, cerciorándose que penetra perfectamente y quitando todas las inclusiones de aire presentes.

Estas operaciones hay que hacerlas rápidamente, ayudándonos incluso con un secador de pelo, además de la brocha y espátula.

Ponemos encima la tela 5-2, de forma que su extremo quede a 2333 mm del encastre (2/3 de la longitud de la pala), sobrando 20 mm en el lado del encastre y otros 20 mm en el borde de salida. Se impregna con las precauciones ya mencionadas.

Finalmente ponemos encima la tela 5-3. (20 mm lado encastre, 20 mm borde salida y 1/3 longitud pala).

Después de impregnar esta última tela, colocamos las camas de extradós, intercalando un plástico, y damos la vuelta a todo el conjunto, quedándonos la cama de extradós debajo, y quitando las de intradós, ahora arriba, para poder trabajar.

Repetimos de nuevo la secuencia anterior, pegando sucesivamente las tres capas.

Con objeto de repasar el pegado por las dos caras de la pala, la colgaremos de dos alcayatas, que previamente habremos introducido en el borde de ataque (Fig. 9). Hay que cuidar que la pala quede colgada perfectamente recta, tanto el borde de ataque, como el de salida, ya que al curar la resina no habrá posibilidad de reparar posibles defectos.

Con la pala colgada se pueden repasar ambas superficies, insistir en el sentido de la cuerda para copiar perfectamente el perfil, borde de ataque y el pegado del borde de salida (impregnar una zona grande en el borde de salida para posteriormente poder cortar el sobrante).

Toda la superficie de la pala tiene importancia, pero hay que esmerarse especialmente en el borde de ataque y en el de salida. Es necesario trabajar rápido, para que de tiempo a dar el acabado final colgado.

Como indicación, podemos decir que nosotros empleamos 2,5 horas para el forrado de la primera pala y únicamente 2 horas para el de la segunda (trabajando tres personas).

Dejar curar durante 48 horas antes de moverlas.

Una vez curadas completamente ambas palas, se recorta la fibra que sobra por ambos extremos, saneando el corte de estos (punta de pala y encastre). En la punta de pala se descarna ligeramente el foam, y preparando una mezcla de resina y microesferas, pegamos una capa de fibra para acabar el borde marginal.

Cortamos la fibra sobrante en el borde de salida, lijando ligeramente para matar aristas (sobre todo si el prelanzamiento se realiza a mano).

Finalizadas todas las operaciones de fibra, dejaremos curar varios días (depende del tipo de resina, 7 en nuestro caso), con lo que se alcanzan las máximas características mecánicas del laminado.

Para el acabado final, daremos una ligerísima capa de aparejo, sobre todo para tapar la textura de la trama de la fibra. En los finales de las capas de fibra (1/3 y 2/3 de la pala) lijaremos levemente para igualar el pequeño escalón (alrededor de 0,4 mm).

Proceder a un lijado de acabado, cuanto más perfecto mejor, con lija de agua de grano 400, pero sin llegar a dañar la capa de fibra superficial).

Una vez lijada y perfectamente limpia, dar las manos de pintura necesarias (a pistola), bien con esmalte sintético o bien con pintura epoxídica (algo más dura).

Según el sistema de fijación al balancín, daremos los taladros correspondientes.

Montaremos y equilibraremos el conjunto.

¡ Ya solo queda probarlas !.

#### NOTAS ADICIONALES:

Con este procedimiento obtenemos unas palas de 9850 g de peso cada una, con el centro de gravedad a 143,5 cm del encastre.

Podemos comentar que nosotros tardamos 40 horas de trabajo, repartidas en 20 días, incluyendo todo lo comentado, desde la fabricación de la cuchilla al acabado final, trabajando tres personas (muy variable, ya que uno prácticamente mira y hace de ayudante). La "jornada" es muy variable, ya que unos días en hora, hora y media, hemos acabado (hay que esperar al otro día a que cure) y otros podemos meter más horas.

Decir también que se han realizado a caballo entre el fin de Agosto y principios de Septiembre, por lo que la temperatura ambiente ayuda a trabajar la resina y a todo en general. (No es lo mismo trabajar en Enero con mucho frío y poca luz). Una parte molesta, aunque necesaria, el emplastado y lijado, nos llevo practicamente 8 horas de las 40, lo que es una parte importante.

Todos estos datos algo superfluos se dan para que cada cual se haga una idea de lo que va a tardar en fabricarlas contando con los medios y ayuda de la que disponga.

#### LISTA DE MATERIALES Y PRECIOS:

|                                                                                                                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| - Madera de Pino. 7 m de 60x25 mm.                                                                                | 1000.-            |
| - Pletina de acero A 37 B. 7 m de 20x4 mm.                                                                        | 300.-             |
| - Chapa encastre A 37 B . Medidas en el croquis.                                                                  | 60.-              |
| - Fibra de vidrio 1543 TF, unidireccional (90% urdimbre), 290 g/m2, satin de 4, de HEXCEL.<br>8,5 m2 a 669 pts/m2 | 5690.-            |
| - Resina epoxi de estratificado EPO 685, de HEXCEL.<br>4 Kg, tres unidades a 3980 pts/unidad                      | 11940.-           |
| - Resina de colada rápida F13, de HEXCEL, con carga de aluminio en polvo.<br>2 kg a 1984 pts/kg                   | 3968.-            |
| - Espuma de poliestireno extruido WALLMATE IB, de DOW CHEMICAL IBERICA,S.A. .<br>3 planchas de 1250X600X50 mm     | 1700.-            |
| - Esmalte sintético, 1 kg                                                                                         | 1300.-            |
| - Plaste, 1/2 kg                                                                                                  | 600.-             |
| <b><u>TOTAL</u></b>                                                                                               | <b>26558 pts.</b> |

Como se ve, salen por unas 25000 pts IVA incluido, el juego completo.

Es necesario añadir que el vendedor de estos productos (HEXCEL) obliga a comprar en mayor cantidad de la forma siguiente:

|                                                                  |         |
|------------------------------------------------------------------|---------|
| - Resina EPO 685, caja de 6 unidades (8,28 kg)                   | 21321.- |
| - Resina de colada rápida F13, caja de 9 kg                      | 15939.- |
| - Fibra de vidrio 1543 TF, por metro lineal. (1000 mm de ancho). | 597.-   |

(Estos últimos precios no llevan incluido el IVA).

#### PRUEBA DE LAS PALAS:

Domingo, 29-Septiembre-91.

Despues de la pintura final de las palas, se procedió a su montaje y equilibrado con el balancín.

Se comenzó taladrando una pala de modo que estuviese perpendicular al eje de batimiento, y la segunda se alineó con la señal del balancín y la primera pala.

Se equilibró añadiendo ~10 g de plomo en la punta de la pala B.

Se instalaron cuñas de tal forma que las palas quedaron con dos grados (2°) de ángulo de ataque. (Respecto de la cuerda geométrica).

Se montó un tacómetro digital, con un error máximo de -9 rpm.

Se efectuo una prueba inicial de las palas, aprovechando una ligera brisa con el autogiro estacionario.

Con prelanzamiento a mano se obtienen de 60 a 70 rpm.

Con viento de 20 Km/h y rafagas de 15 a 30 Km/h se consiguieron un máximo de 160 rpm, con una media de 120-130 rpm.

#### PRUEBA DE VUELO.

Peso del autogiro 86 Kg.

Viento cruzado de 45 a 90° de ~20 km/h.

Prelanzamiento a mano, remolque mediante Renault 4L en segunda.

Despega a 220 rpm de rotor a 35 Km/h.

Vuela de 25 a 45 Km/h con 260 a 300 rpm con viento en contra.

Equilibrado del rotor casi perfecto, falta algo de tracking, que se observa por el distinto sonido de las palas.

Al ser más pesadas estas palas, se deceleran más despacio, (en comparación con el juego que teníamos anteriormente) siendo más flotón el autogiro en el aterrizaje. Cuando el coche frena, el autogiro quiere quedarse en el aire. Tambien permite dar los giros en tierra sin perder revoluciones.

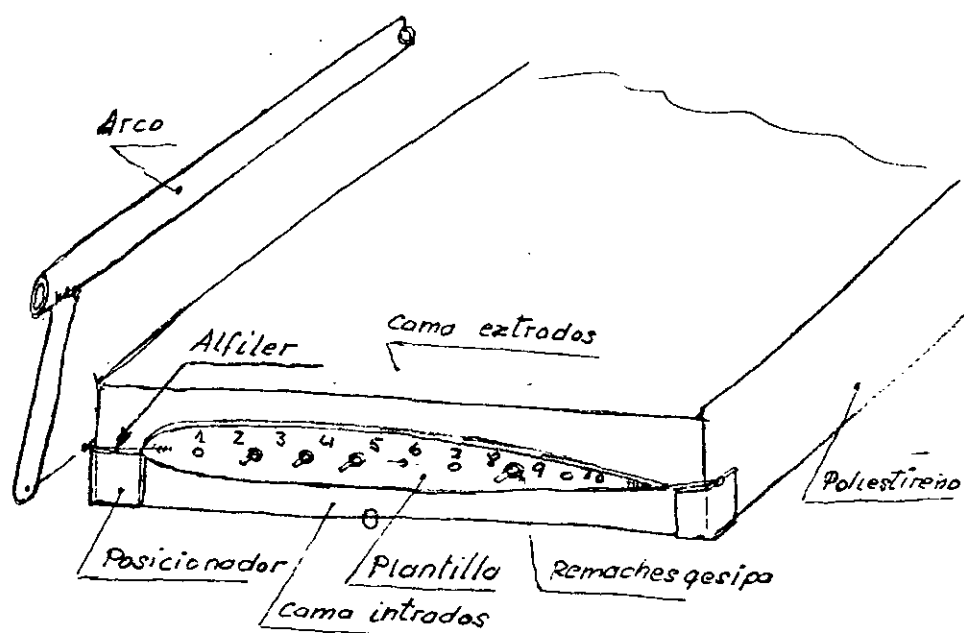
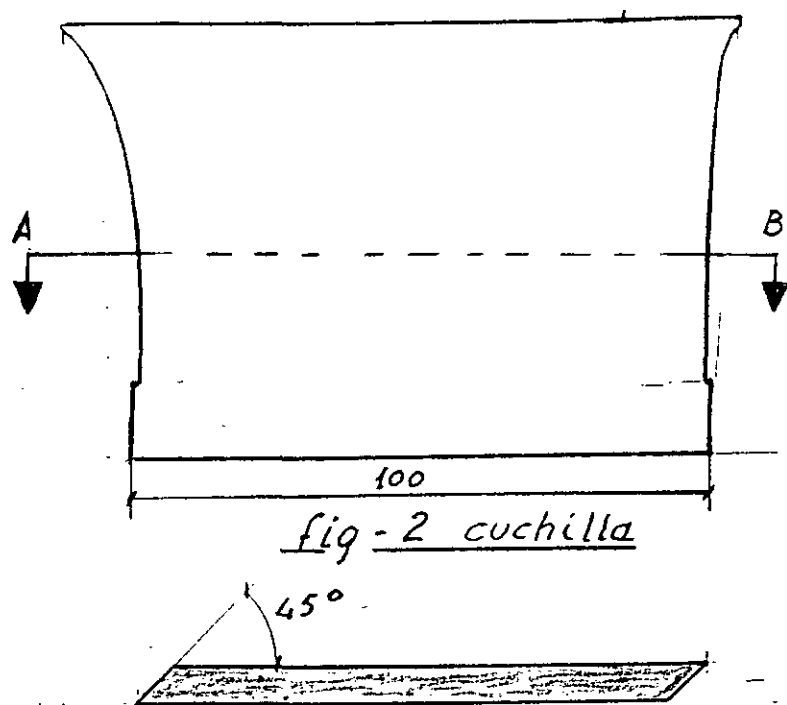
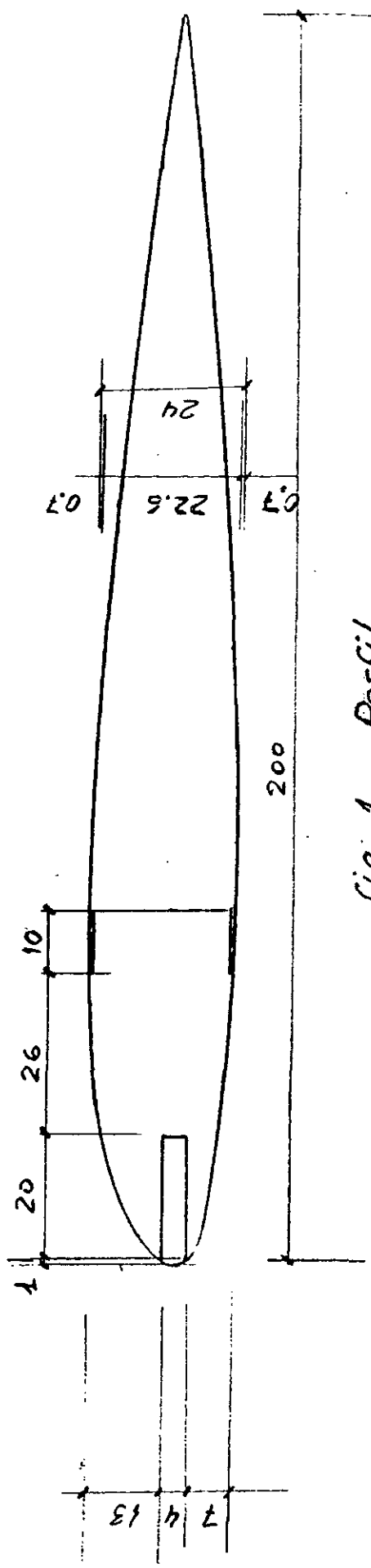
Parece que tiene mas "rigidez giroscópica", mantiene la posición del plano del rotor con mas rotundidad, afectandole algo menos las rafagas.

Emilio Lopez Alemany.  
Mario Ramonell Garcia.  
Mario Ramonell Velazquez.  
Angel Serrano Martinez.

Dada la brevedad del artículo, algunas cosas se quedan en el tintero, por lo que estamos a vuestra disposición para cualquier tipo de consulta o aclaración. Del mismo modo, aceptaremos gustosamente cualquier sugerencia o modificación tendente a la mejora de las palas o de su proceso de fabricación.

Si habeis detectado algún fallo o error no tengáis reparo en ponerlo de manifiesto, rectificar es de sabios.

Esperamos que este artículo sirva de ayuda a todos los compañeros "autogiristas".



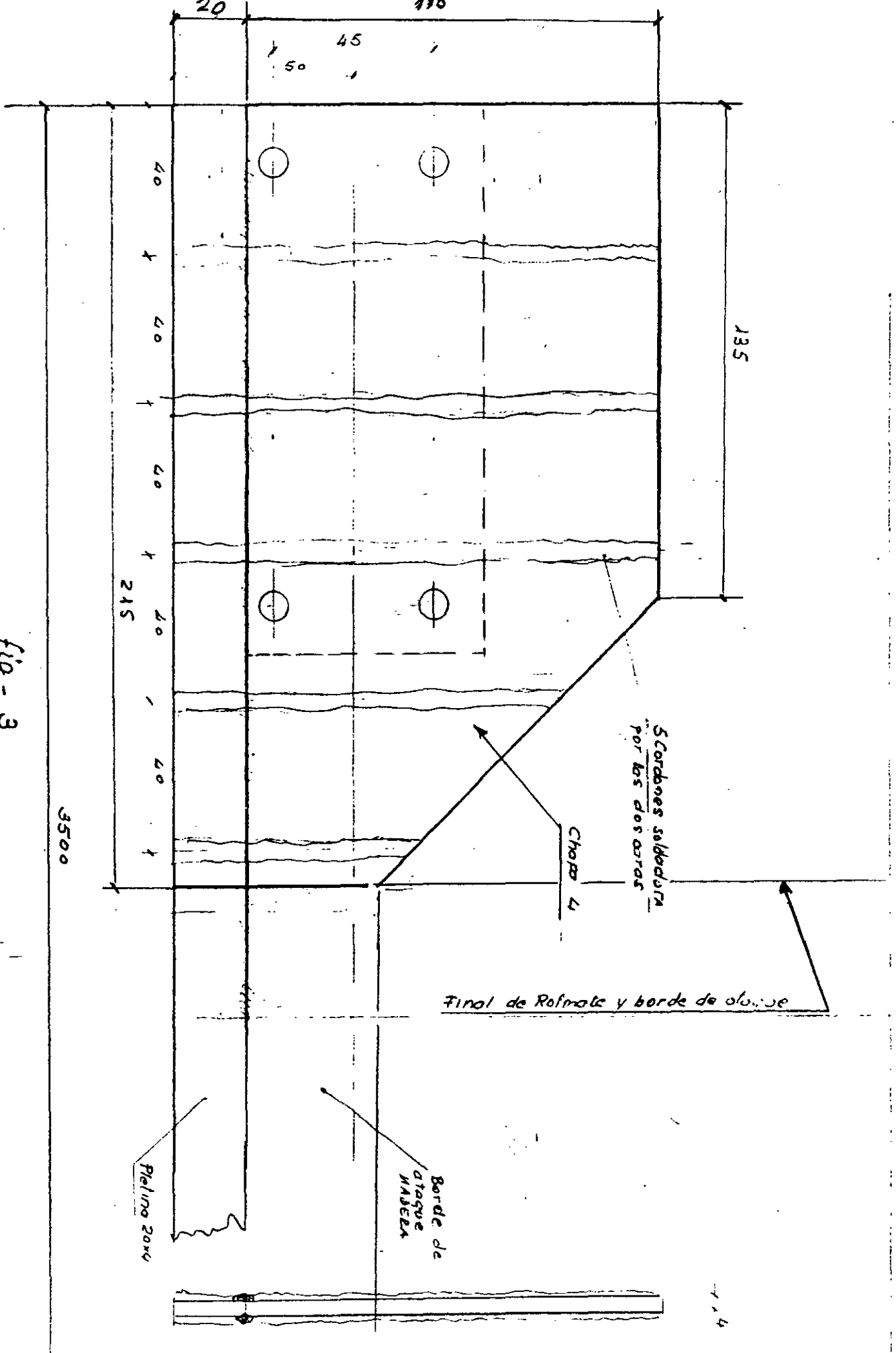
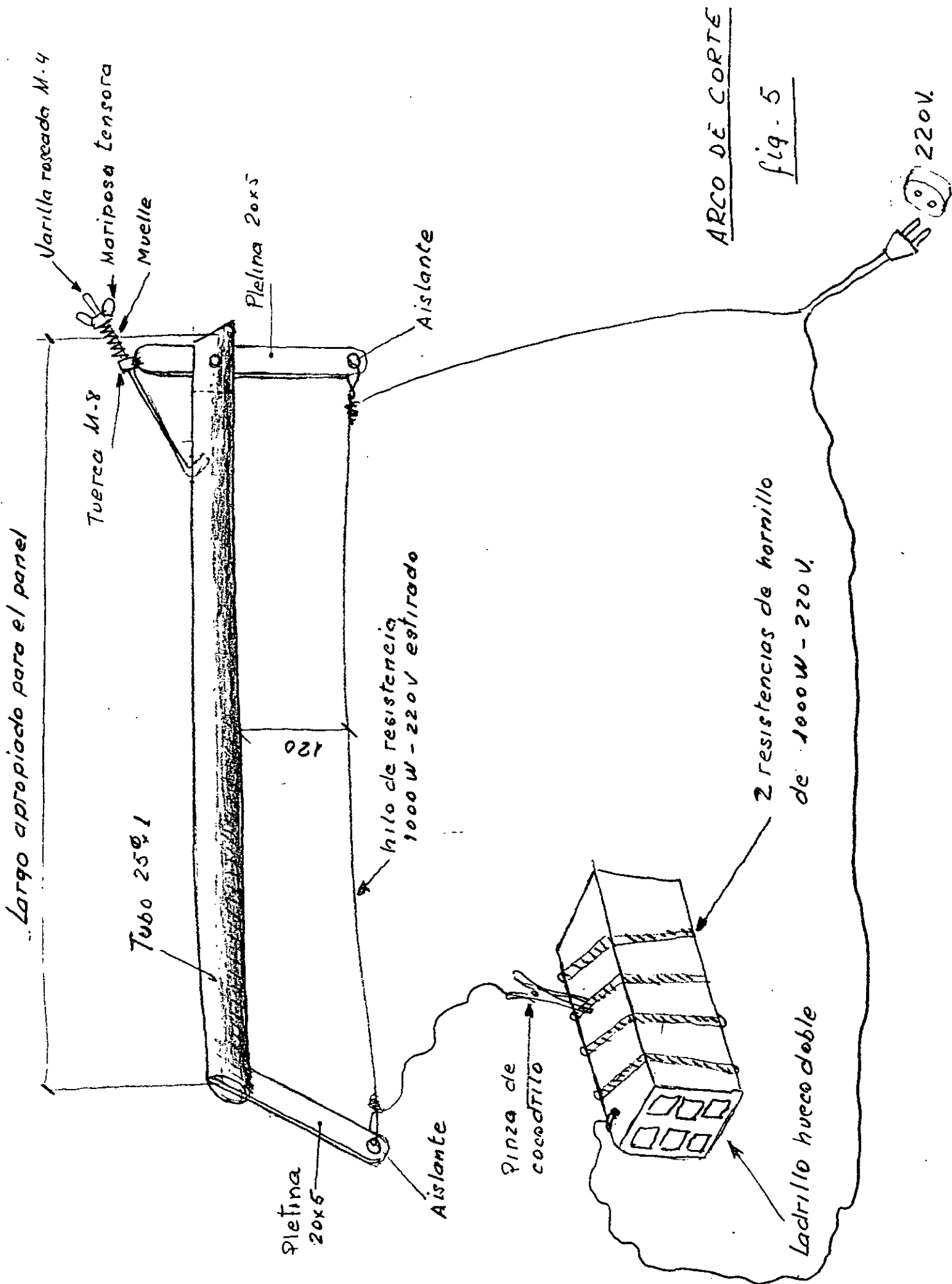
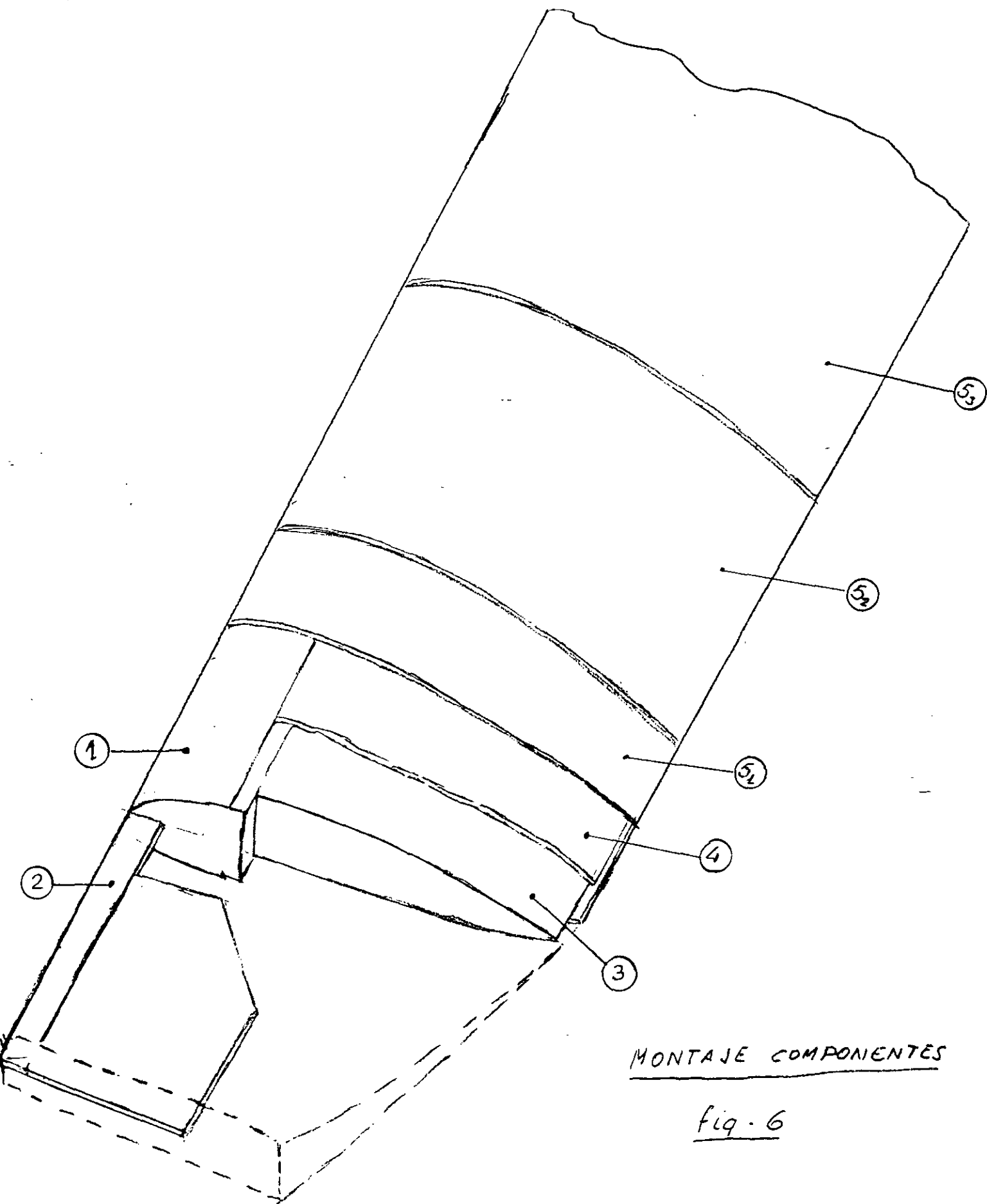


fig - 3

Largo apropiado para el panel





MONTAJE COMPONENTES

Fig. 6

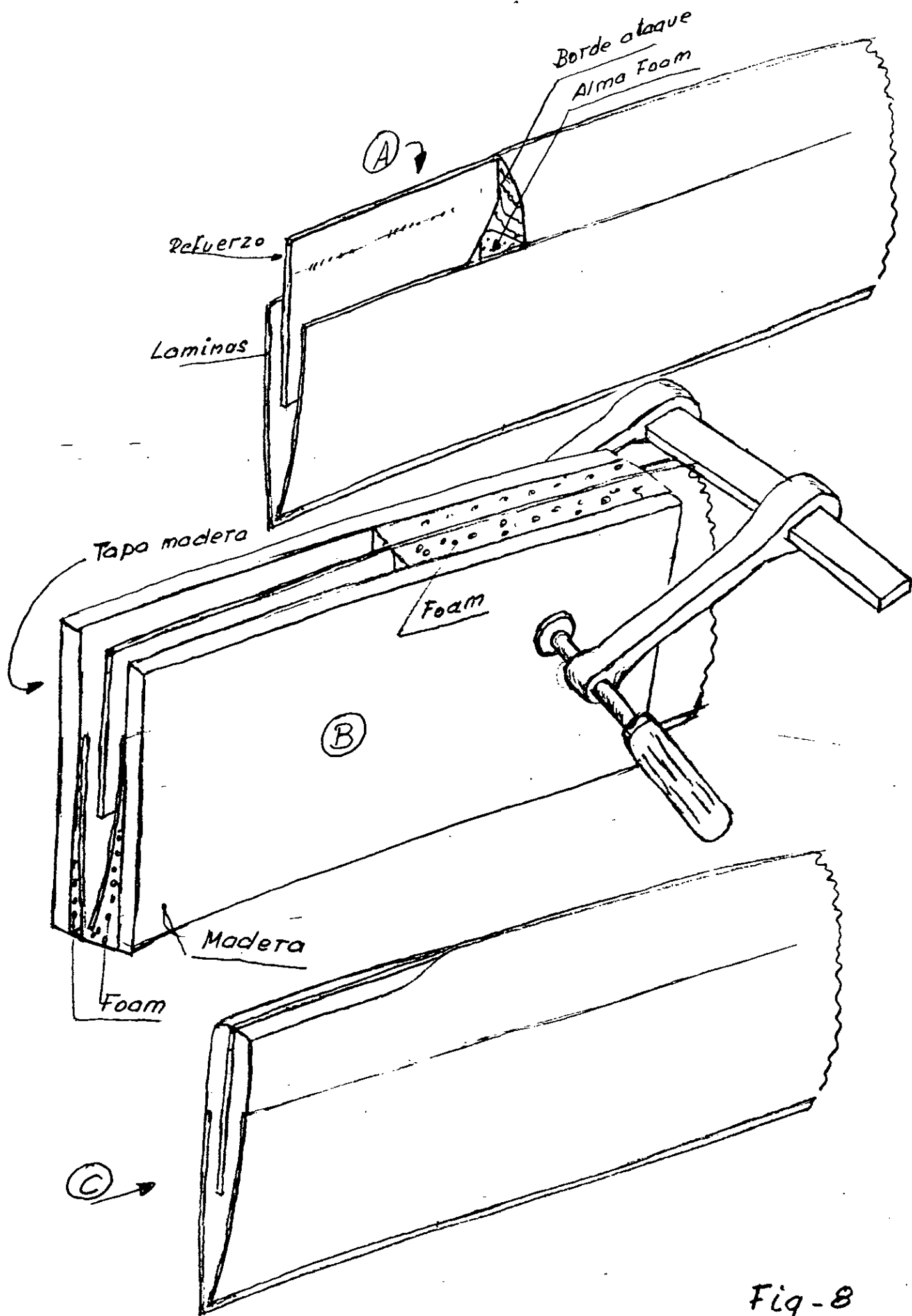


Fig-8

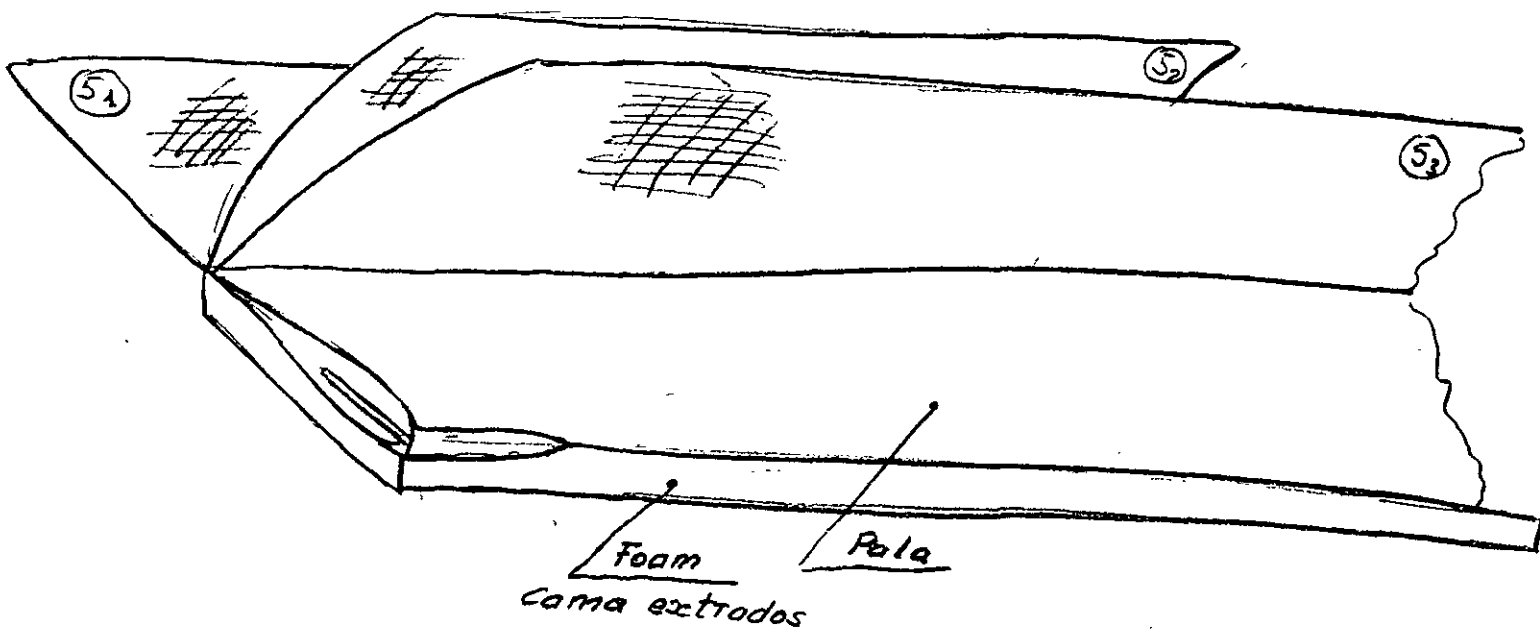
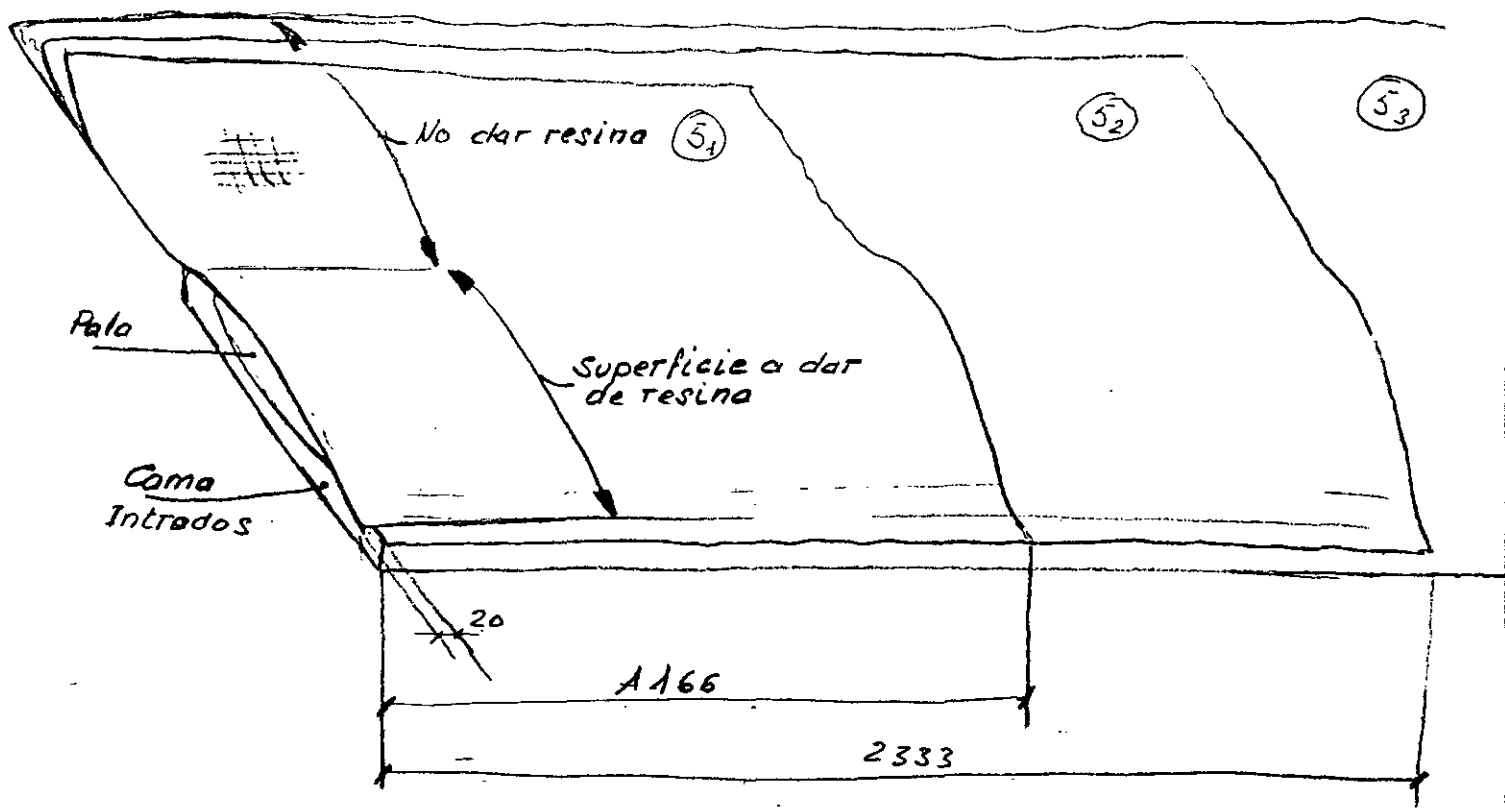
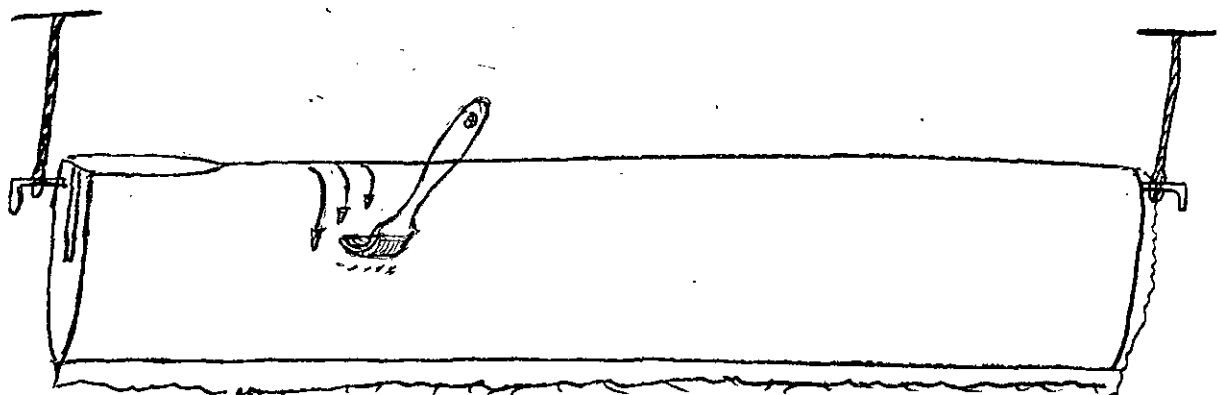


Fig-9



# ***PEQUEÑO CALCULO ESTRUCTURAL.***

Para poder realizar el cálculo estructural, se disponía de los datos de resistencia del fabricante, tanto de la fibra como de la resina, pero ambos por separado.

Además, el método de fabricación, el contenido de resina y las condiciones de endurecimiento eran distintas a las utilizadas por el fabricante, por lo que se decidió fabricar un conjunto de probetas del mismo modo en que luego se trabajarían las palas. (Extender la resina con espátula y brocha, trabajar a temperatura ambiente, sin bolsas de vacío y sin horneado posterior.)

Por tanto, se fabricaron probetas de 1, 2 y 3 capas de fibra (3 de cada), de 170x10x espesor mm, así como una prensa rompe-probetas casera, formada por un sistema de palancas y una báscula.

Las probetas se construyeron a modo de cintas de 10 mm de ancho.

De los ensayos del laminado se obtuvieron los siguientes resultados:

Espesor (1 capa) = 0,35 mm.

Contenido de resina (en peso) = 40%.

Carga de rotura = 125 kg. (para la cinta de 10 mm de ancho y ya reducido para una única capa).

En los ensayos de rotura, solo se pudieron romper las probetas de 1 y 2 capas, ya que para la de 3 capas, la fuerza necesaria, con el sistema de palancas tal y como estaba montado, era excesiva.

Además, las mordazas que sujetaban el laminado, se giraban ligeramente, por lo que se producía una flexión que rompía prematuramente la probeta.

Con las probetas de 3 capas, se hizo un ensayo en una prensa de ensayos profesional, modelo INSTRON 4206, electromecánica, con una carga máxima de 10 Tm.

Se aplicó una velocidad de deformación de 1 mm/min, con los siguientes resultados: (De esta prensa se puede obtener un registro instantáneo de la fuerza aplicada y de la deformación producida, lo que permite calcular, entre otros datos del material, su módulo elástico.)

Carga de rotura = 147 kg (para cinta de 10 mm de ancho y ya reducido a una única capa).

Los datos, expresados de la manera tradicional serían los siguientes:

Carga de rotura = 4000 kg/cm<sup>2</sup>. (Redondeando la carga de rotura a 140 kg/cm de tejido)

Alargamiento a la rotura = 3%.

Módulo elástico = 127000 kg/cm<sup>2</sup>.

Con estos datos, ya se podía afrontar el cálculo de resistencia de las palas con seguridad.

Fijada la geometría y aerodinámica del rotor, en los siguientes valores:

Diámetro = 7,3 m    Cuerda = 0,21 m    Perfil = NACA 23012

Angulo de ataque = 2° respecto de la cuerda geométrica,  
3,2° respecto de la línea de sustentación nula (LSN).

Torsión = 0°

y el peso del autogiro para condiciones de crucero, Peso = 248 Kg, se calcularon las revoluciones del rotor para distintas condiciones de vuelo:

Horizontal a 90 km/h = 364 RPM

Horizontal a 130 Km/h = 372 RPM

Descenso vertical = 342 RPM (Con una velocidad de descenso de 27 km/h).

y para distintos factores de carga (maniobras de giro y/o recogida o tirón tras un picado) :

| N | Velocidad | RPM | l°    | β°    | Fineza | CV  |
|---|-----------|-----|-------|-------|--------|-----|
| 2 | 90        | 512 | 11,22 | 4,092 | 4,419  | 37  |
| 2 | 130       | 515 | 5,891 | 3,963 | 6,978  | 34  |
| 3 | 90        | 630 | 15,96 | 4,171 | 3,244  | 76  |
| 3 | 130       | 627 | 8,461 | 4,077 | 5,503  | 65  |
| 4 | 90        | 736 | 20,93 | 4,213 | 2,494  | 133 |
| 4 | 130       | 723 | 10,83 | 4,137 | 4,552  | 105 |

Estos cálculos se realizaron mediante un programa de ordenador, y se muestran en las tablas adjuntas. Indican información adicional como el ángulo de conicidad del rotor ( $\beta$ ), la inclinación del rotor ( $I$ ) respecto de un plano horizontal (ángulo de ataque del rotor), la fineza o rendimiento (solo del rotor, no del autogiro completo), y la resistencia aerodinámica y la potencia necesaria para desplazar el rotor a dicha velocidad. (Como se ve en las cifras, algunas maniobras generan tal resistencia del rotor que es necesaria una gran potencia para desplazarlo, eso sin contar con la resistencia generada por todo el autogiro y la potencia adicional para incrementar la energía potencial del aparato en la maniobra, por lo que sino se tiene un motor muy potente no se podran dar nunca estas situaciones).

También se incluyen otras tablas con:

- Influencia del ángulo de ataque de las palas, respecto de la LSN (en esta tabla se aprecia que cuanto más despacio gira el rotor, mayor es la fineza, más eficiente es el rotor. Como se ve, a mayor ángulo (dentro de valores pequeños), más eficiente es, pero hay un máximo, en este caso  $8^\circ$ , por encima del cual no es posible la autorrotación, y el ángulo de ataque del rotor en conjunto ( $I$ ) se hace negativo, estando el rotor inclinado hacia delante como si se tratase de un helicóptero).
- Influencia del peso y/o factor de carga. El parámetro que fija las revoluciones de un rotor de autogiro es el factor de carga, a mayor factor de carga, mayor velocidad de giro (fijados los demás parámetros por construcción: geometría y aerodinámica del rotor). En caso de factor de carga nulo o incluso negativo, se produce una deceleración del rotor que puede conducir a un accidente como ya se ha publicado en el boletín.
- Influencia de la velocidad de vuelo: como se puede apreciar, no impone una gran fluctuación en la velocidad de giro. También se puede apreciar que hay una velocidad máxima de vuelo (por rotor), en la que el ángulo de ataque del rotor se hace muy pequeño y puede hacerse negativo.

Como resumen, la elección del ángulo de ataque de las palas, una vez fijado el perfil, es un compromiso entre consideraciones distintas, ya que fija la fineza en vuelo de crucero, las revoluciones máximas en maniobras (a mayor ángulo menores revoluciones), y la velocidad máxima por rotor.

Pasada esta breve exposición, nos centraremos en nuestro cálculo estructural, para las siguientes tres velocidades de giro:

- 400 RPM, representativo del vuelo de crucero, un poco más alto del real ( 370 RPM), para redondear.
- 550 RPM, representativo de factor de carga  $n \sim 2,5$
- 700 RPM, representativo de factor de carga  $n \sim 4$

Para el cálculo, la pala se divide en tres partes coincidentes con las distintas capas del forrado estructural y cada parte tiene el peso indicado en la Fig 1. (Este peso se ha sacado de las pesadas que se han ido haciendo a la pala según avanzaba su construcción al irle añadiendo elementos).

El primer paso para calcular los esfuerzos a los que están sometidas las palas es determinar la fuerza centrífuga en cada una de sus secciones (más tarde explicaremos por que no contamos con la sustentación).

La formula general a utilizar es:

$$F_c \text{ (kg)} = \frac{\text{Peso (Kg)}}{g} * w^2 \text{ (rad/s)} * \text{Radio (m)}$$

(w = velocidad angular)  
(g = aceleración de la gravedad =  $9,81 \text{ m/s}^2$ )

que de forma más "ingenieril" podemos expresar como:

$$F_c \text{ (kg)} = \frac{\text{Peso (kg)} * \text{RPM}^2 * \text{Radio (m)}}{894.26} \quad (1)$$

Calcularemos esta fuerza centrífuga en las secciones 1, 2 y 3 indicadas en la figura 1, coincidentes con el final de las distintas capas de forrado.

Por ejemplo, en la sección 2, la  $F_c$  se debe a todo el peso entre esta sección y el final de la pala (partes B+C), por lo que hay que determinar el centro de gravedad conjunto de este trozo de pala. Para ello, supondremos que en cada parte, el centro de gravedad está en el centro geométrico (hemos construido cada una de ellas perfectamente homogénea). Figura 2.

Para calcular el centro de gravedad de varias partes conjuntas aplicamos la formula:

$$R_{CG} (m) = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} \text{Peso } i (kg) * R_{CG} \text{ de } i (m)}{\sum_{i=0}^{i=n} \text{Peso } i (Kg)} \quad (2)$$

Para el conjunto A+B+C será:

$$R_{CG} (m) = \frac{\text{peso A} * R_{CG} \text{ de A} + \text{peso B} * R_{CG} \text{ de B} + \text{peso C} * R_{CG} \text{ de C}}{\text{peso A} + \text{peso B} + \text{peso C}} =$$

$$R_{CG} (m) = \frac{4,859 \text{ kg} * 0,58\text{m} + 2,609 \text{ kg} * 1,75 \text{ m} + 2,382 \text{ kg} * 2,92 \text{ m}}{4,859 \text{ kg} + 2,609 \text{ kg} + 2,382 \text{ kg}} =$$

$$R_{CG}(m) = \frac{14,33941 \text{ Kg m}}{9,850 \text{ Kg}} = 1,456 \text{ m}$$

Los que tengan más memoria recordarán que el centro de gravedad medido sobre las palas estaba a 1,435 m del encastre, y ahora nos ha salido 1,456 m (2 cm de diferencia), lo que quiere decir que existe un pequeño error de pesado durante la construcción de las palas. Sin embargo el valor calculado es suficientemente preciso y seguiremos con el.

Aplicando de nuevo la formula (2) obtendríamos los siguientes valores

| Partes | Peso (kg) | Radio CG (m) |
|--------|-----------|--------------|
| C      | 2,382     | 2,917        |
| B+C    | 4,991     | 2,307        |
| A+B+C  | 9,850     | 1,457        |

Como veremos más tarde, el último elemento en romperse es la fibra, por lo que vamos a calcular, en cada sección, cuantos kg aguanta hasta justo antes de romperse.

Por ejemplo, para la sección 1, tendremos un area de fibra de:

$$(15,5 \text{ cm} * 2 + 16,3 \text{ cm} * 2) + 40 \text{ cm} + 40 \text{ cm} + 40 \text{ cm} = 183.6 \text{ cm}$$

(40 cm por cada capa de forrado (20 extradós y 20 intradós), y 15,5 y 16,3 cm de las placas rígidas de armado (multiplicados por 2 ya que cada una tenía 2 capas)

$$183.6 \text{ cm} * 0,035 \text{ cm espesor} = 6,426 \text{ cm}^2$$

Como vimos que la fibra tiene una carga de rotura de 4000 kg/cm<sup>2</sup>

$$6,426 \text{ cm}^2 * 4000 \text{ kg/cm}^2 = 25704 \text{ kg.}$$

Repitiendo estos cálculos para las secciones 2 y 3 obtenemos:

|           |                                    |                     |
|-----------|------------------------------------|---------------------|
| Sección 1 | Area fibra = 6,426 cm <sup>2</sup> | Resiste = 25704 kg. |
| Sección 2 | Area fibra = 5,026 cm <sup>2</sup> | Resiste = 20104 kg  |
| Sección 3 | Area fibra = 3.626 cm <sup>2</sup> | Resiste = 14504 kg  |

Pondremos en forma de tabla todos los valores calculados hasta ahora, es decir lo que aguanta la fibra en cada sección y la fuerza a la que está sometida a las distintas revoluciones.

| Sección | Resistencia | 400 RPM | 550 RPM | 700 RPM |
|---------|-------------|---------|---------|---------|
| 3       | 14504 kg    | 1243 kg | 2350 kg | 3807 kg |
| 2       | 20104 kg    | 2060 kg | 3895 kg | 6309 kg |
| 1       | 25704 kg    | 2568 kg | 4855 kg | 7864 kg |

Como se ve, aguanta 10 veces más de la fuerza real a 400 RPM, y más de 3 veces a 700 RPM. La resistencia máxima en el encastre es algo mayor de 25000 kg, y se obtendría con las palas girando a 1266 RPM, lo que supondría una velocidad de punta de pala de Mach 1,4. Esta velocidad de giro es imposible alcanzarla, ya que al sobrepasar el mach crítico del perfil ( $M=0,8$ ) la resistencia aerodinámica aumenta enormemente por fenómenos de compresibilidad, suponiendo una barrera física que limita la velocidad de giro. (El mismo fenómeno que ocurre en las hélices del motor).

Hemos realizado el cálculo solo con la fibra, obteniendo lo que podríamos llamar la carga última de la pala, pero en condiciones normales de utilización, todos los elementos resisten, por lo que calcularemos la deformación de la pala completa.

Antes de proseguir haremos una lista de las características de los materiales empleados:

|                                      | Acero   | Madera | Fibra    |
|--------------------------------------|---------|--------|----------|
| Carga de rotura ( $\text{Kg/cm}^2$ ) | 3700    | 600    | 4000     |
| Modulo elástico ( $\text{Kg/cm}^2$ ) | 2100000 | 100000 | 127000   |
| Alargamiento a la rotura (%)         | 26      |        | 3        |
| Area ( $\text{cm}^2$ )               | 0,8     | 10     | variable |

La carga de rotura de la madera es bastante conservadora ( $600 \text{ Kg/cm}^2$ ), ya que todas las coníferas tienen una carga que varía de 700 a  $1000 \text{ kg/cm}^2$ . Si recordáis el artículo de construcción, decíamos que la madera no era importante, ya que la fibra lo aguantaba todo (ya habeis visto, 25 toneladas), pero echar cuentas: con un area de madera de  $10 \text{ cm}^2$ , el borde de ataque aguanta como mínimo 6000 Kg (y lo más probable es que esté entre 7 y 8000 Kg), lo que parecía un "palito", se ha convertido en una resistente viga.

La pala completa se conoce técnicamente como una viga hiperestática sometida a tracción, lo que quiere decir que hay algo que relaciona las deformaciones de los elementos que la componen, es decir, no se pueden deformar arbitrariamente. Por la forma en que están construidas las palas, con todas las piezas pegadas entre si, la deformación de todas ellas debe ser la misma. Si no ocurriese así, sino que unas se deformasen más que las otras, implicaría que las piezas se han despegado, y ya no serían una unidad sino tres piezas distintas. De este razonamiento se obtiene lo que se conoce como "ecuación de compatibilidad de deformaciones" que nos permite resolver el problema.

Las expresiones utilizadas para los cálculos son:

$$F_a + F_m + F_f = F_{\text{centrífuga}} \quad (3) \quad \text{Ecuación de equilibrio de las fuerzas presentes en la pala.}$$

(Los subíndices a, m y f se refieren respectivamente al acero, madera y fibra, por tanto  $F_m$  es la fuerza soportada por la madera)

$$\begin{array}{ll} / & F_m = S_m \cdot A_m \quad (4) \quad \text{Relación entre las fuerzas y los esfuerzos o tensiones en el material.} \\ | & F_a = S_a \cdot A_a \quad (5) \quad S_x \text{ y } A_x \text{ son respectivamente el esfuerzo y el area del material x.} \\ \backslash & F_f = S_f \cdot A_f \quad (6) \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} / & D_m = S_m \cdot L_m / E_m \quad (7) \quad \text{Ley de Hooke que expresa la deformación del material.} \\ | & D_a = S_a \cdot L_a / E_a \quad (8) \quad D_x \text{ es la deformación, } L_x \text{ la longitud inicial y } E_x \text{ el módulo} \\ \backslash & D_f = S_f \cdot L_f / E_f \quad (9) \quad \text{elástico del material} \end{array}$$

$$D_m = D_a = D_f \quad (10) \quad \text{Ecuación de compatibilidad de deformaciones.}$$

De esta última y de la ley de Hooke podemos encontrar la relación que liga los esfuerzos:

$$\frac{S_m}{E_m} = \frac{S_a}{E_a} \quad (11)$$

$$\frac{S_f}{E_f} = \frac{S_a}{E_a} \quad (12)$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones llegamos a la expresión:

$$S_a * \left( A_a + \frac{E_m}{E_a} A_m + \frac{E_f}{E_a} A_f \right) = F_c$$

que nos permite calcular el esfuerzo del acero  $S_a$ , y entrando con ese valor en (11) y (12) calculamos el  $S_m$  y  $S_f$  respectivamente. Con estos valores y con (7),(8) y (9) hallamos la deformación (vale cualquiera de ellas, ya que por la compatibilidad de deformaciones deben ser iguales), y con (4),(5) y (6) la carga a la que está sometida cada parte.

Realizando estos cálculos para la fuerza centrífuga correspondiente a 400 RPM tendremos: (La longitud  $L_x$  es la de cada una de las partes de la pala, que en este caso son iguales  $350 \text{ cm}/3 = 116,7 \text{ cm}$ ).

#### Parte C:

|                               |                            |                                      |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| $F_c = 1243 \text{ Kg}$       | $A_f = 3,626 \text{ cm}^2$ |                                      |
| $S_a = 831 \text{ Kg/cm}^2$   | $F_a = 665 \text{ Kg}$     | $D_a = 0,138 \text{ cm} = 0,1183 \%$ |
| $S_m = 39,6 \text{ Kg/cm}^2$  | $F_m = 396 \text{ Kg}$     | $D_m = 0,138 \text{ cm} = 0,1183 \%$ |
| $S_f = 50,27 \text{ Kg/cm}^2$ | $F_f = 182 \text{ Kg}$     | $D_f = 0,138 \text{ cm} = 0,1183 \%$ |

#### Parte B:

|                               |                            |                                     |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| $F_c = 2060 \text{ Kg}$       | $A_f = 5,026 \text{ cm}^2$ |                                     |
| $S_a = 1304 \text{ Kg/cm}^2$  | $F_a = 1043 \text{ Kg}$    | $D_a = 0,217 \text{ cm} = 0,186 \%$ |
| $S_m = 62,08 \text{ Kg/cm}^2$ | $F_m = 621 \text{ Kg}$     | $D_m = 0,217 \text{ cm} = 0,186 \%$ |
| $S_f = 78,84 \text{ Kg/cm}^2$ | $F_f = 396 \text{ Kg}$     | $D_f = 0,217 \text{ cm} = 0,186 \%$ |

#### Parte A:

|                               |                            |                                     |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| $F_c = 2568 \text{ Kg}$       | $A_f = 6,426 \text{ cm}^2$ |                                     |
| $S_a = 1543 \text{ Kg/cm}^2$  | $F_a = 1234 \text{ Kg}$    | $D_a = 0,257 \text{ cm} = 0,220 \%$ |
| $S_m = 73,45 \text{ Kg/cm}^2$ | $F_m = 735 \text{ Kg}$     | $D_m = 0,257 \text{ cm} = 0,220 \%$ |
| $S_f = 93,29 \text{ Kg/cm}^2$ | $F_f = 599 \text{ Kg}$     | $D_f = 0,257 \text{ cm} = 0,220 \%$ |

$$\text{Deformación total} = 6,12 \text{ mm} = 0,1748\%$$

Esta deformación es mayor que la real por el siguiente motivo (ver figura 3): hemos supuesto para cada una de las tres partes en las que queda dividida la pala, que está sometida a la máxima fuerza que aparece en ella, de esta forma la deformación calculada será mayor, pero es un cálculo mucho más sencillo y además es conservador ya que elegimos el peor caso de carga, si la pala aguanta, en la realidad irá todavía más descansada.

Por ejemplo, la parte C, la sometemos a la fuerza que aparece en la sección 3 (donde termina la parte C y empieza la B). Sin embargo, en la realidad, en el extremo de la pala la fuerza es nula, y va aumentando en cada sección poco a poco hasta alcanzar el valor que aparece en la sección 3.

En vez de someter a todos los puntos de la parte C a una fuerza de 1243 Kg, los sometemos a una fuerza variable que es nula en el extremo final de la pala y que aumenta gradualmente hasta alcanzar los 1243 Kg justo en la sección 3.

Para poder calcular la deformación real habría que hacer una integración de la fuerza centrífuga a lo largo de la pala, calculando la deformación en un elemento diferencial de esta, lo que supone complicar bastante los cálculos y por eso no se ha explicado.

El valor de la deformación real calculada utilizando este método de integración es de 1,64 mm, para la pala completa, lo que representa el 0,05%.

En una estructura hiperestática, el elemento más rígido, aquel cuyo módulo elástico es mayor (en este caso el acero), soporta la mayor parte de la carga, lo cual se comprueba simplemente observando los valores  $F_a$ ,  $F_m$  y  $F_f$  calculados anteriormente.

Aunque el acero sea el material más rígido de los presentes también es el primero en romperse, ya que al ser su área la menor de los tres, tiene menos donde repartir la carga que le corresponde.

En segundo lugar se romperá la madera y por último la fibra.

Explicaremos ahora por qué solo calculamos con la fuerza centrífuga.

Cuando la pala gira actúan sobre ella dos fuerzas principales, la sustentación (que será igual a la mitad del peso del autogiro por pala) y la fuerza centrífuga. Como resultado de la acción de estas dos fuerzas, la pala se deforma y adopta una posición de equilibrio formando en su giro un cono muy abierto, de valor el ángulo de conicidad ( $\beta$ ) que en este caso es de aproximadamente  $4^\circ$  (ver las tablas adjuntas y la figura 4). Para evitar esfuerzos de flexión en el encastre de la pala, el balancín se construye con este ángulo, es decir, con el ángulo de conicidad en condiciones de crucero, por lo que la pala trabajará solo a tracción. Para otras condiciones de vuelo este ángulo variará ligeramente, apareciendo pequeños esfuerzos de flexión.

Podemos calcular cuánto aumenta la fuerza de tracción a la que está sometida la pala:

$$\text{Fuerza de tracción} = \sqrt{\text{Sustentación}^2 + F_{\text{centrífuga}}^2} = \sqrt{\left(\frac{\text{peso}}{2}\right)^2 + F_{\text{centrífuga}}^2}$$

$$\text{Fuerza de tracción} = \sqrt{\left(\frac{248}{2}\right)^2 + 2568^2} = 2571 \text{ Kg que coincide prácticamente con el valor}$$

de la fuerza centrífuga de 2568 kg.

Por lo tanto, antes de construir un balancín, hay que saber cuál es el ángulo de conicidad del rotor para que las palas trabajen exclusivamente a tracción.

Soy consciente que para algunos estas explicaciones habrán sido fáciles y hasta faltas de nivel, mientras que para otros serán un galimatías indescifrable. Pido humildemente perdón a todos, pero en mi descargo puedo decir que he reformado el texto varias veces, sin saber que nivel darle para que fuese útil a todo el mundo y que a la vez se pudiese publicar por cuestiones de espacio. (El material manuscrito es más extenso e incluye otros cálculos más en detalle pero menos relevantes).

Como en los anteriores artículos, estoy dispuesto a aclarar, en la medida de mis posibilidades, las dudas que surgan.

Si encontráis algún pequeño error sed benévolos, pero si no es tan pequeño, no dudeis en comunicarlo.

En todo caso, aquí van unas cuantas horas de trabajo y el deseo de que este texto pueda servir de ayuda para todos los compañeros emprendedores.

Mario Ramonell Garcia.

### ACTUACIONES EN VUELO DE AVANCE

Diámetro rotor = 7,3 m.                      Cuerda = 0.21 m.  
Angulo de paso (L.S.N) = 3.2°.              Torsión = 0°.  
Perfil = NACA 23012

Peso = 248 Kg.  
Velocidad = 90 Km/h.

$\Omega$  = 363,9 RPM,                      Angulo de conicidad ( $\theta$ )= 3.873°  
I = 6.127°.

Tracción = 250.5  
D/L o = 0.1057  
D/L i = 0.04099                      Fineza = 6.818

Resistencia rotor = 36.37 Kg.  
Potencia rotor= 12.12 CV.

### ACTUACIONES EN VUELO DE AVANCE

Diámetro rotor = 7,3 m.                      Cuerda = 0.21 m.  
Angulo de paso (L.S.N) = 3.2°.              Torsión = 0°.  
Perfil = NACA 23012

Peso = 248 Kg.  
Velocidad = 130 Km/h.

$\Omega$  = 372.3 RPM,                      Angulo de conicidad ( $\theta$ )= 3.663°  
I = 2.801°.

Tracción = 249  
D/L o = 0.08443  
D/L i = 0.01939                      Fineza = 9.633

Resistencia rotor = 25.75 Kg.  
Potencia rotor= 12.4 CV.

## ACTUACIONES EN VUELO DE DESCENSO

Diámetro rotor = 7,3 m.                      Cuerda = 0,21 m.  
Ángulo de paso (L.S.N) = 3,2°.              Torsión = 0°.  
Perfil = NACA 23012

Peso = 248 Kg.

Ángulo de conicidad ( $\beta$ ) = 4,016°  
RPM = 342,2  
V descenso vertical = 26,87 Km/h

## ACTUACIONES EN VUELO DE AVANCE

### INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE ATAQUE DE LAS PALAS.

Diámetro rotor = 7,3 m.                      Cuerda = 0,21 m.  
Perfil = NACA 230120°.                      Torsión = 0°.  
Peso = 248 Kg.                                  Velocidad = 90 Km/h.

| $\alpha(^{\circ})$ | RPM   | I(^{\circ}) | $\beta(^{\circ})$ | Fineza | CV    |
|--------------------|-------|-------------|-------------------|--------|-------|
| 0                  | 493   | 14,54       | 1,939             | 3,646  | 22,67 |
| 1                  | 444,7 | 11,01       | 2,479             | 4,635  | 17,84 |
| 2                  | 403,9 | 8,42        | 3,084             | 5,66   | 14,61 |
| 3                  | 370   | 6,463       | 3,738             | 6,635  | 12,46 |
| 4                  | 342   | 4,914       | 4,423             | 7,496  | 11,03 |
| 5                  | 318,8 | 3,615       | 5,126             | 8,212  | 10,07 |
| 6                  | 299,6 | 2,468       | 5,835             | 8,782  | 9,413 |
| 7                  | 283,4 | 1,412       | 6,543             | 9,223  | 8,963 |
| 8                  | 269,6 | 0,4091      | 7,247             | 9,555  | 8,652 |
| 9                  | 257,7 | -0,5635     | 7,943             | 9,799  | 8,436 |

**ACTUACIONES EN VUELO DE AVANCE**  
**INFLUENCIA DEL PESO Y FACTOR DE CARGA.**

Diámetro rotor = 7.3 m.                      Cuerda = 0.21 m.  
 Angulo de paso (L.S.N) = 3.2°.              Torsión = 0°.

Velocidad = 90 Km/h.

| PESO | n   | RPM   | I(°)  | $\beta$ (°) | Fineza | CV    |
|------|-----|-------|-------|-------------|--------|-------|
| 250  | 1   | 365.3 | 6.172 | 3.876       | 6.788  | 12.28 |
| 375  | 1.5 | 445   | 8.837 | 4.819       | 5.33   | 23.45 |
| 500  | 2   | 513.6 | 11.3  | 4.894       | 4.395  | 37.93 |
| 625  | 2.5 | 575.3 | 13.69 | 4.14        | 3.729  | 55.86 |
| 750  | 3   | 632.5 | 16.08 | 4.172       | 3.223  | 77.58 |
| 875  | 3.5 | 686.8 | 18.52 | 4.196       | 2.815  | 103.6 |
| 1000 | 4   | 739.4 | 21.1  | 4.214       | 2.473  | 134.8 |

**ACTUACIONES EN VUELO DE AVANCE**  
**INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE VUELO.**

Diámetro rotor = 7.3 m.                      Cuerda = 0.21 m.  
 Angulo de paso (L.S.N) = 3.2°.              Torsión = 0°.  
 Perfil = NACA 23012

Peso = 248 Kg.

| V(km/h) | RPM   | I(°)    | $\beta$ (°) | Fineza | CV    |
|---------|-------|---------|-------------|--------|-------|
| 50      | 364.5 | 17.11   | 4.846       | 3.838  | 15.12 |
| 75      | 362   | 8.472   | 3.942       | 5.498  | 12.53 |
| 100     | 365.7 | 5.816   | 3.823       | 7.624  | 12.05 |
| 125     | 371.1 | 3.891   | 3.691       | 9.342  | 12.29 |
| 150     | 377.6 | 1.841   | 3.552       | 10.62  | 12.97 |
| 175     | 384.6 | 0.9582  | 3.412       | 11.48  | 14    |
| 200     | 392   | 0.2995  | 3.275       | 11.99  | 15.33 |
| 225     | 399.5 | -0.209  | 3.144       | 12.2   | 16.95 |
| 250     | 407.1 | -0.6107 | 3.02        | 12.17  | 18.86 |

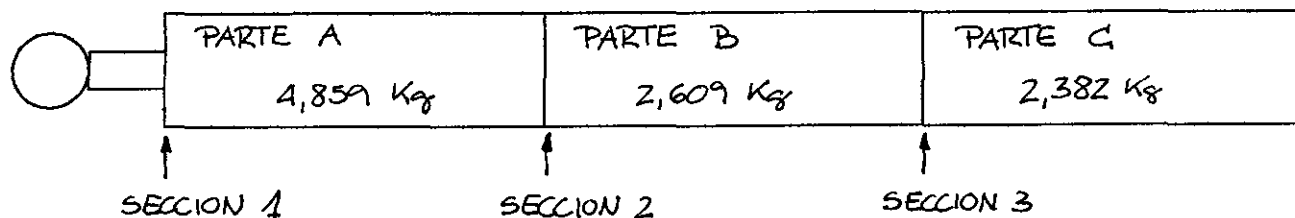


Figura 1.

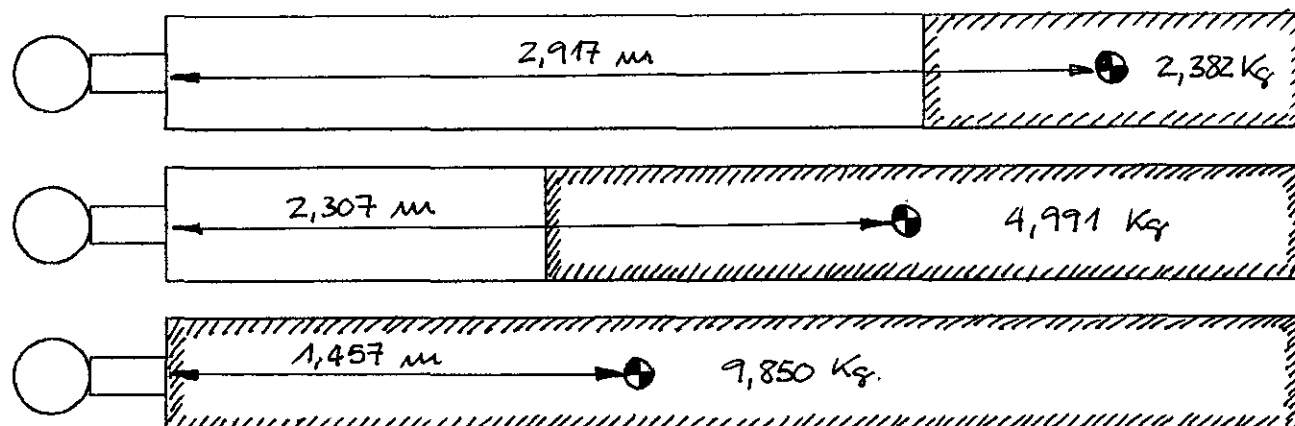


Figura 2.

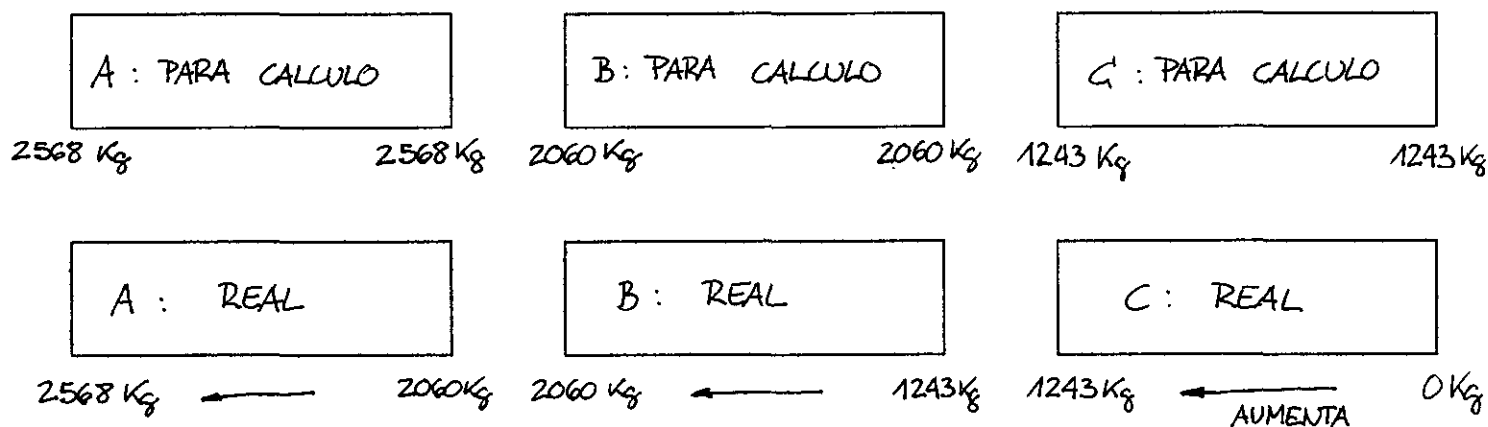
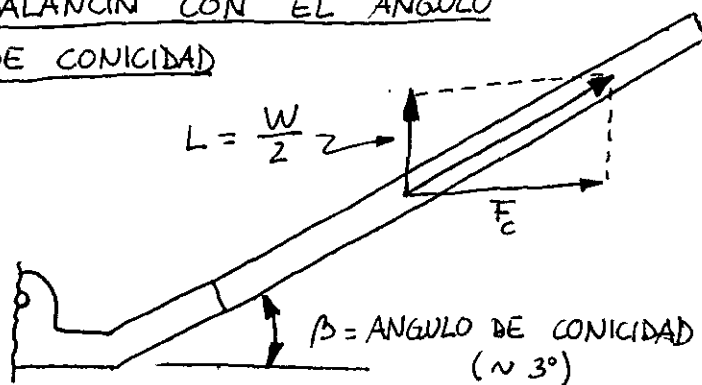


Figura 3.

### BALANCIN RECTO



### BALANCIN CON EL ANGULO DE CONICIDAD



# EL CENTRADO DE LOS AUTOGIROS 1

por Raymond Jeanvoine.

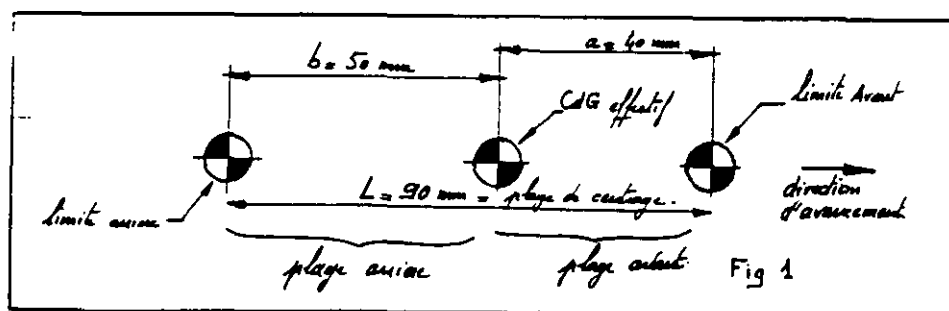
La presente nota viene a satisfacer buen numero de preguntas relativas a la determinación experimental del centrado efectivo y relativo de girodinos del tipo autogiro.

Si existe una noción compleja inherente a la técnica del autogiro, pocos adeptos a la formula negaran que se trata de la noción del centrado. En realidad, esta noción es simple en sus fundamentos pero donde se vuelve complicada, es cuando los balbuceos de primera especie quiebran toda tentativa de comprensión. Siendo interesante entonces emplear un lenguaje comun a todos.

El termino centrado reúne dos nociones. La primera, denominada centrado efectivo, esta unida a la determinación de un punto imaginario de equivalencia llamado singularmente centro de gravedad (CdG), o a veces centro de inercia nulo. La segunda, esta unida mayormente a la determinación de la gama de oscilaciones de este punto. Conviene decir que cuando estas oscilaciones admiten una amplitud maxima, representan la "gama de centrado" y se expresa generalmente, para un girodino en mm. La figura 1 describe estas explicaciones, se concibe asi mismo que esta amplitud maxima puede descomponerse en dos longitudes distintas que se denominan respectivamente "gama delantera" y "gama trasera" de centrado.

En la realidad, la longitud de estas dos ultimas "porciones" de la gama de centrado no se debe jamas expresar en mm. Esto proviene del hecho de que la apreciación del estado de centrado de la maquina sera fortuita porque es "impalpable" por el espiritu. Porque este ultimo puede concebir la gravedad de un centrado defectuoso, se relaciona la longitud de estas porciones con la de la gama de centrado. El nombre de centrado relativo proviene del hecho de la longitud "relativa" de estas porciones es dada en %. En el caso de la figura 1, la gama delantera ocupa el A% de la gama de centrado y la gama trasera el B% de esta misma gama. A y B son dadas por :

$$A = \frac{100 \times a}{L} = 44,4 \% \quad B = \frac{100 \times b}{L} = 55,6 \%$$



## CENTRAJE EFECTIVO DE UN AUTOGIRO.

Hay varios metodos para determinar la posición efectiva del CdG, correspondiente a un caso de carga efectiva. El primer metodo, puramente matematico, es calcado del calculo baricentrico. Al final de esta nota, se encontrara expuesto este metodo. La segunda es resultante de la tecnica de la pesada. Se expone aqui las razones que explican la incertidumbre de tal metodo si ella es aplicada al autogiro.

1a) ELECCION DE LA TECNICA DE EVALUACION.

Cuando se busca la posición horizontal del CdG de un avión, se sitúa cada rueda de este sobre una balanza (ver figura 2). Si las balanzas B1, B2, B3 miden respectivamente los pesos P1, P2, P3 se tiene:  $P1+P2+P3=P_t$  con  $P_t$  al peso total.

El equilibrio de la maquina sobre estas balanzas permite verificar la ecuación :

$$a.(P1 - P3) = P2.b \text{ con } a = L-B(\text{fig 2})$$

De estas consideraciones, se obtiene por transformación :

$$a = \frac{L.P2}{P_t} \text{ y } b = \frac{L.(P1 - P3)}{P_t}$$

Como se expresa generalmente la posición del CdG con respecto a un punto preciso, se escoge, para un avión, la helice. Se deduce entonces que :

$$x_g = E + b = E + \frac{L.(P1 + P3)}{P_t}$$

En tanto que el calculo del lugar de centraje difiere, las consideraciones a adoptar son del mismo orden.

Esta forma de operar se justifica por la unión íntima entre el ala y el fuselaje del avión.

Así, toda modificación del CdG influirá sobre el asiento del fuselaje y por ello sobre la incidencia del ala.

En vuelo, esta incidencia no puede evolucionar mas que entre dos límites muy precisos unidos a la posibilidad de un vuelo correcto.

Se concibe entonces que estos dos límites condiciona también estos de los asientos del fuselaje y por tanto los límites de centraje admisibles.

Para todos los girodinos, el rotor no está unido, aerodinámicamente hablando, al fuselaje. Esta "ignorancia" del fuselaje respecto al rotor explica, también, su gran fiabilidad con respecto al ala.

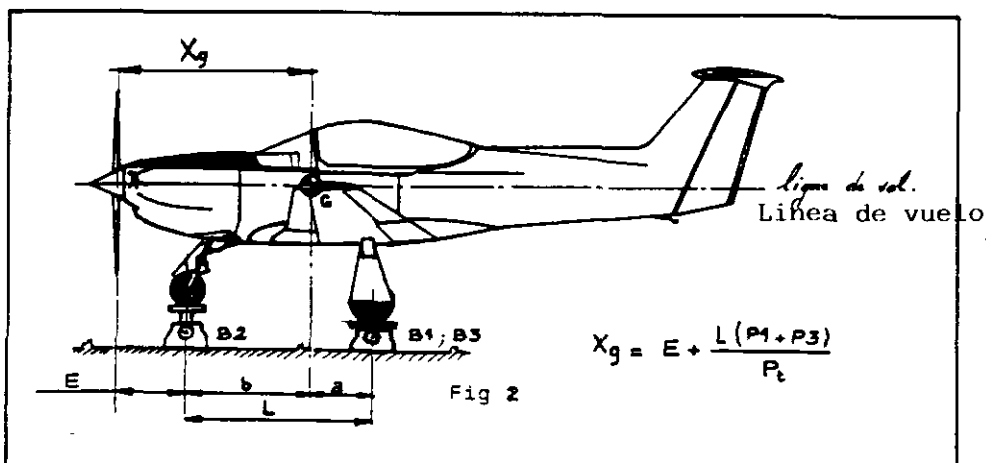
De una forma general, el fuselaje de un girodino puede entonces ocupar no importa que posición bajo el rotor en tanto que dos condiciones sean respetadas.

- La primera consiste en admitir que el CdG del fuselaje esté siempre situado sobre la vertical pasando por el eje del rotor.

- La segunda condición, que el rotor pueda ser pilotado siempre a partir del fuselaje y en todo su dominio de vuelo. El fenómeno de la gravedad terrestre permitiera siempre satisfacer la primera condición, se ve entonces que solamente las consideraciones de pilotaje, a partir del fuselaje, introducen las nociones de centraje.

Así, si se descuidan las nociones de rendimiento, las de centraje y las de "pilotabilidad", solo las maquinas provistas de un rotor serian capaces de volar.

La proxima vez, veremos como se realiza esta segunda condición para determinar el CdG efectivo del girodino particular que es el autogiro.



# CENTRAJE DE LOS AUTOGIROS. (2)

por Raymond Jeanvoine.

Después de establecer la distinción entre la introducción de nociones de centrado en Aviación y estas en Giraviación, estudiaremos aquí estas mismas nociones para el Girodino en particular que constituye el Autogiro.

Habíamos deducido, anteriormente, que solo las exigencias de "pilotabilidad" pueden ser el origen de estas nociones en Giraviación. En el caso del Autogiro, estas exigencias son ahora la llave del enigma. Mientras que existe una cierta relación con el avión por el hecho de que es necesario satisfacer un funcionamiento correcto de la hélice (nociones de rendimiento).

Finalmente, veremos que determinar el centrado efectivo de un Autogiro es conocer la influencia de una carga muy precisa sobre el batimiento de los masdos y sobre el rendimiento global de la máquina.

Para determinar la posición del CdG, no se sitúa la máquina sobre básculas. Esto tiene como hecho que en el caso de la figura 2 vista anteriormente, se confiere al avión el respeto de una línea de vuelo y, por consiguiente, al ala una incidencia inicial llamada "de calaje". Para el Autogiro como para los otros Girodinos, sería fortuito imponer, al fuselaje, una posición de vuelo sabiendo que el rotor la ignorará cualquiera que sea esta. En esta situación, no se puede satisfacer la primera condición necesaria para conocer el lugar del CdG.

Entonces, más que a partir del fuselaje, se partirá del rotor suspendiendo el Girodino o, en nuestro caso, el Autogiro. De este hecho, se preferirá abandonar el cálculo considerando simplemente que el CdG pasará por la vertical trazada a partir del punto de suspensión.

## PROCEDIMIENTO DE EJECUCION.-

Puesto que la determinación del CdG conduce al conocimiento de las influencias, de una carga precisa, sobre la amplitud admisible de los factores que rigen el equilibrio general, es a veces cómodo partir de la carga precisa, que se conoce, y de ciertos factores para modificar otras. El método que sigue esta basado sobre la aplicación formal de este principio.

Entonces se suspenderá al autogiro por el centro teórico del rotor. Prácticamente, se admite suspenderlo por el eje del balancín cuando se trata del cubo Bensen.

Esta suspensión se efectuará con un aparato que permita abrazar el plano medio del rotor con una incidencia precisa y el control de cargas con la ayuda de un dinamómetro. Algunos rotores están provistos de un prelanzador a fricción, es cómodo, a veces, servirse de esta referencia para interpretar el plano medio del rotor.

El factor principal que registra esta suspensión es que la incidencia del rotor debe ser evaluada en función de una cierta velocidad de vuelo. En función de la velocidad a la cual el Autogiro ve su centrado evaluado, se encontrará, sobre la curva adjunta a esta exposición, un valor de incidencia a retener para cargas alares muy precisas. La carga alar será dada por :

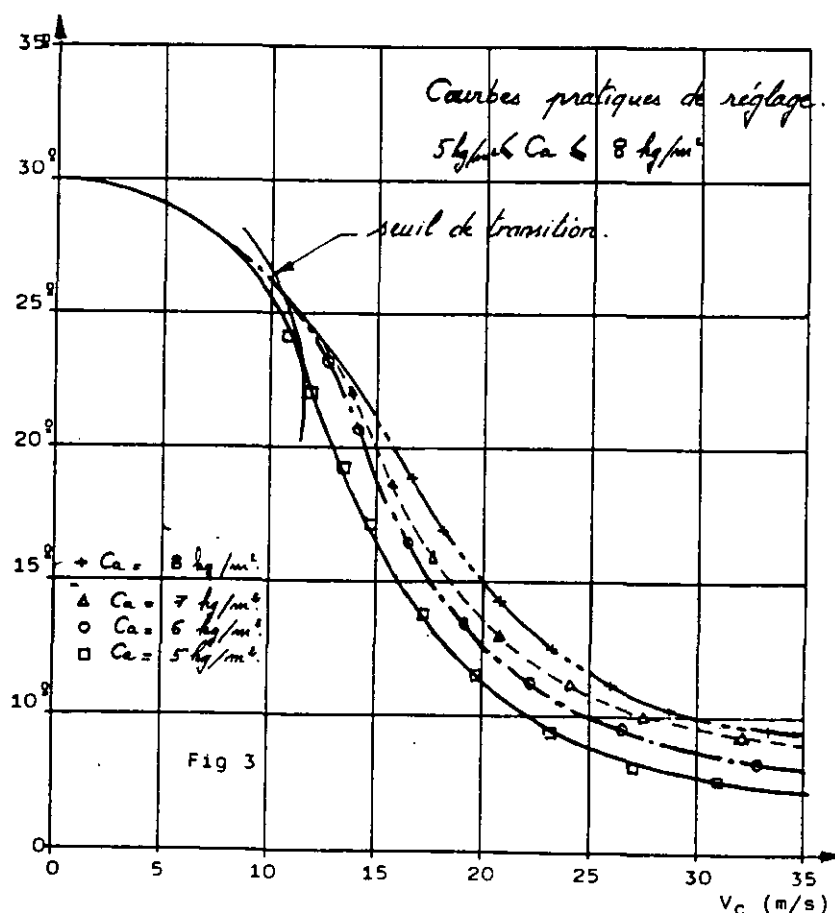
$Ca = \frac{Mc}{S}$  con :  $Mc$  = masa en carga teorica.  $S$  = superficie barrida del disco rotor.  
 como  $S = \frac{\pi D^2}{4}$  o finalmente :

$$Ca = \frac{4 \cdot Mc}{\pi D^2} \quad (\text{ en kg/m}^2)$$

Bien sabido, se escoge una velocidad a la cual la maquina vuela frecuentemente; es decir, la velocidad de crucero. En aviación, esta velocidad de crucero se escoge para una potencia de motor correpondiente a un minimo de desgaste de este. En general, los ensayos llevados a efecto nos muestran que evaluar esta velocidad al 75 % de la potencia maxima disponible es muy buena cifra. Para los Autogiros, no es posible descontar los desvios resultantes. Estas cifras obtenidas a partir de maquinas del Gyro-Club Toulousain muestran la tabla siguiente :

| Configuration           | Monoplace              | Biplace<br>côte à côte  | Biplace<br>tandem       |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Rorax 503<br>mono-carbu | k = 0,78<br>A = 741655 | k = néant<br>A = néant  | k = néant<br>A = néant  |
| Rorax 503<br>bi-carbu   | k = 0,76<br>A = 732157 | k = néant<br>A = néant  | k = néant<br>A = néant  |
| Rorax 532<br>bi-carbu   | k = 0,63<br>A = 652270 | k = 0,84<br>A = 1139850 | k = 0,83<br>A = 1190700 |

| Configuration           | Monoplace | Biplace     |        |
|-------------------------|-----------|-------------|--------|
|                         |           | Côte à Côte | Tandem |
| Rorax 503<br>mono-carbu | 78 %      | X           | X      |
| Rorax 503<br>Bi-carbu   | 76 %      | X           | X      |
| Rorax 532<br>Bi-carbu   | 63 %      | 84 %        | 83 %   |



Esta tabla no es exhaustiva, pero refleja los resultados de maquinas classica pero de construcción cuidada. Como no existen formulas para "todo" para determinar la velocidad de crucero en función de estos datos, porque ellos no son suficientes, convendremos en admitir que ella es regido por :

$$V_c = (\eta \cdot p \cdot k \cdot N_{mx}) - \left( \frac{A}{M_c} \right) \quad \text{en m/s.}$$

con :  $\eta$  = rendimiento puro de la helice.

$p$  = paso de esta helice en metros.

$k$  = constante de efecto..

$N_{mx}$  = Regimen maximo admisible para el motor (tr /mn )

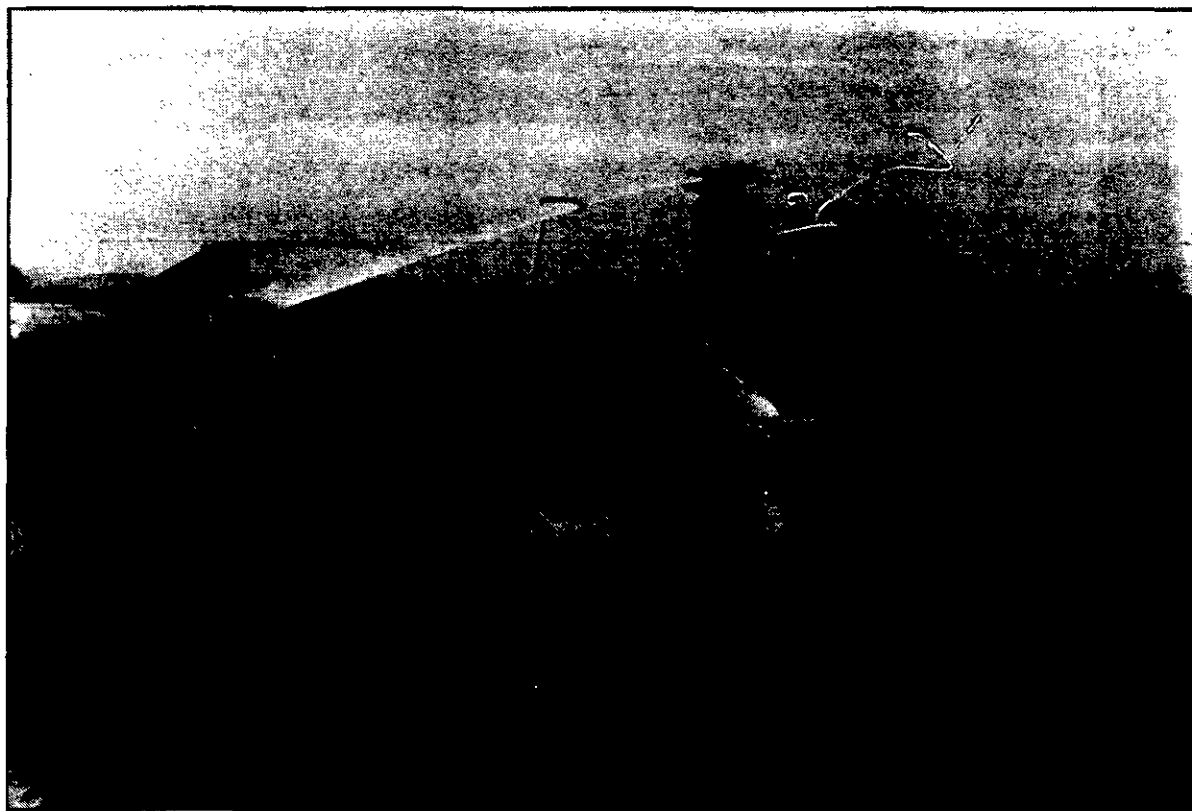
$M_c$  = Peso teorico en carga (kg).

El valor de las constantes a adoptar es dado por la tabla sigueinte y correspondiente a medidas efectuadas sobre maquinas no carenadas..

Todos estos coeficientes son dados y validos para maquinas que no excedan 230 kg en carga para monoplazas a 320 kg para los biplazas. en general, la formula Bensen actual no permite alcanzar mas de 85 a 90 km/h (23,6 a 25 m/s) en velocidad de crucero. La explicación reposa sobre los muy malos rendimiento de helice que no exceden del 65 al 70 %. La velocidad de vuelo asi admitida conlleva una incidencia de rotor definida por la curva de la figura 3.

Traducción. Joaquin Guerra.

Continuara...



Autogiro del francés DE DIEU.

# CENTRAJE DE LOS AUTOGIROS (3)

por Raymond Jeanvoine.

Continuamos aquí el análisis del procedimiento experimental de determinación del centraje efectivo de los Autogiros. Después de haber determinado la incidencia del disco rotor a partir de consideraciones de velocidad de crucero y carga alar, el valor así obtenido deberá permitir sujetar la cabeza del rotor con este ángulo cuya medida se hará a partir de la horizontal. La sujeción deberá ser rigurosa a fin de que una modificación del asiento del fuselaje no entrañe una modificación de esta incidencia.

Se situarán en el fuselaje los lastres correspondientes a cada una de las partes de masa que constituyen la totalidad de la carga útil.

Así mismo, conviene admitir que para este tipo de Girodino, solo importa la determinación del CdG medio.

Convendremos pues que este CdG medio corresponde a una carga media. En aviación, la carga media es definida como sigue :

- 77 kg por miembros de la tripulación.
- la parte de peso que constituye la totalidad del equipaje.
- un peso de combustible constituido por los  $\frac{3}{4}$  del peso máximo total.
- 77 kg por persona transportada a título de carga aproximada o
- el peso correspondiente a la totalidad del cargamento transportado por la aeronave.

La mayor parte de los autogiros están reservados a una utilización privada, se deberá admitir la carga media de estos Girodinos deberá componerse de :

- el peso del equipaje que le afecta regularmente.
- una cantidad de combustible que corresponde a un llenado al  $\frac{3}{4}$ .
- 77 kg por persona clasificada como pasajero.

Si el motor no debe ser inclinado a fin de que la hélice compense su propio efecto giroscópico, el fuselaje debe ocupar una posición tal que la hélice esté en la estricta vertical y que describa un plano estrictamente transversal. Si tal no es el caso, es necesario saber que no se utiliza plenamente la potencia del motor y que el rendimiento global del Autogiro se encuentra afectado. La corrección se impone, habiendo dos posibilidades de retoque.

- o la modificación de la inclinación del motor en vista de encontrar esta posición;
- o el desplazamiento del punto de fijación del rotor sobre el fuselaje con vista a modificar todo el asiento del fuselaje.

Los dos métodos pueden ser combinados. Es necesario velar mientras tanto por respetar una distancia mínima a la hélice para el primero y satisfacer una fineza máxima del fuselaje para la segunda. Si el motor debe ser inclinado a fin de que la hélice compense su propio efecto giroscópico, se deberá encontrar el valor de calado escogido para esta compensación. Las correcciones de posición se efectúan como anteriormente.

El empenaje horizontal será calado con incidencia nula si no tiene ninguna función de compensador.

Se procederá en fin a un reglaje de la posición longitudinal de la palanca.

Para satisfacer este ultimo reglaje, es necesario saber que todos los Autogiros se satisfacen con una amplitud minima de incidencias de rotor. Los valores extremos de esta amplitud son de 30° y 0° en la mayoria de los casos. A excepci3n de adoptar un prelanzador, lo que reduciria el primer valor. El aqui corresponde en efecto, a un valor eficaz para que el rotor adopte, a partir de un regimen de base, 3l de autorotaci3n. El segundo valor, se relaciona con la posibilidad de interrumpir este regimen de autorotaci3n en el suelo con viento de cara.

Toda evoluci3n del disco rotor en esta amplitud de incidencia debe ser permitido por la carrera disponible en la palanca.

Si, por convenci3n, la primera se3al corresponde a la incidencia minima del rotor hacia delante y que designaremos este angulo B1, la palanca debera ocupar una posici3n maxima hacia delante que caracterizaremos por X1; tal como en la figura 4. Siempre por convenci3n, la posici3n limite 2 sera paralelamente definida; lo que permitira comprender que todos los valores de B estaran comprendidos entre B1 y B2 igualmente que X estara comprendido entre X1 y X2.

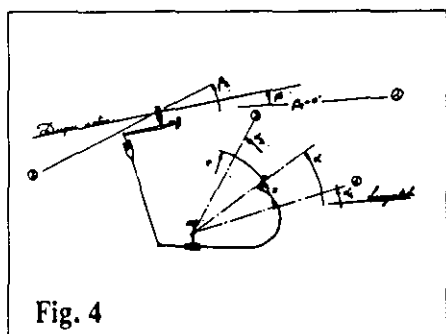


Fig. 4

La relaci3n de transmisi3n del conjunto de mando parecido al de la figura 4 :

$$R = \frac{B2 - B1}{\alpha 2 - \alpha 1}$$

Si se trata bien entendido de una relaci3n de transmisi3n angular que supone se conoce la amplitud de los valores de B y  $\alpha$

Como la carrera de la empuñadura de la palanca :

$$Cm \% r. (\alpha 2 - \alpha 1) \text{ con } r \text{ en mm}$$

$$Cm \text{ en mm}$$

la expresi3n de R se convierte en :

$$R = \frac{r. (B2 - B1)}{Cm}$$

Si en lugar de medir los valores de  $\alpha$  con respecto a la horizontal se miden a partir de la posici3n 1 de la palanca (ver Fig. 4),  $\alpha 1$  toma un valor nulo. Este detalle permite simplemente concebir que una cierta posici3n de reglaje x sera definida por :

$$x = r. (\alpha - \alpha 1) - r. \alpha \text{ (ver Fig. 4).}$$

O, en esta posici3n de reglaje x corresponde necesariamente un valor de angulo de incidencia B. Gracias a la relaci3n de transmisi3n, se tiene :  
 $B = \alpha . R$

De todas estas consideraciones, se deduce simplemente que :

$$B2 - B1 = \frac{R . Cm}{r} = \frac{B . Cm}{\alpha . r} = \frac{B . Cm}{x}$$

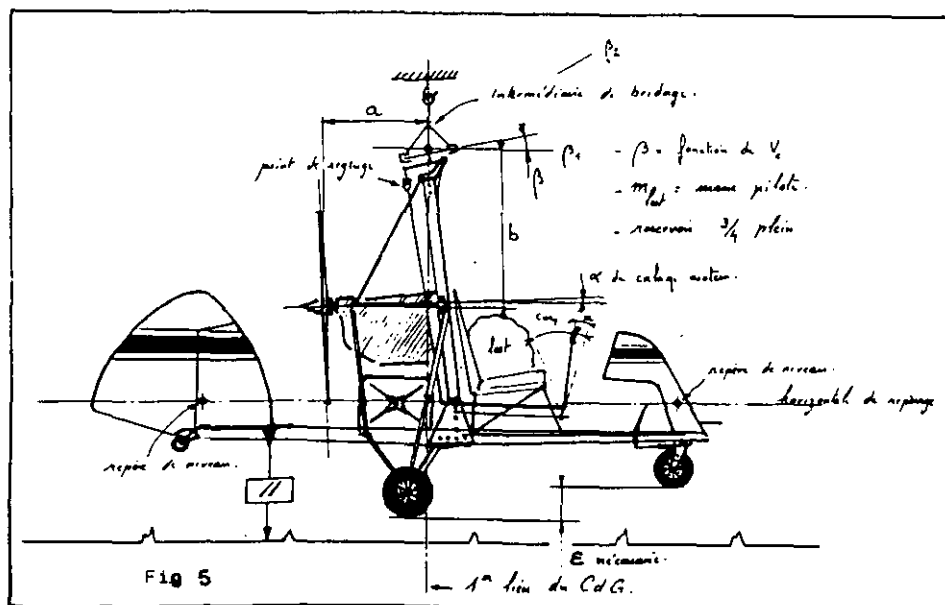


Fig 5

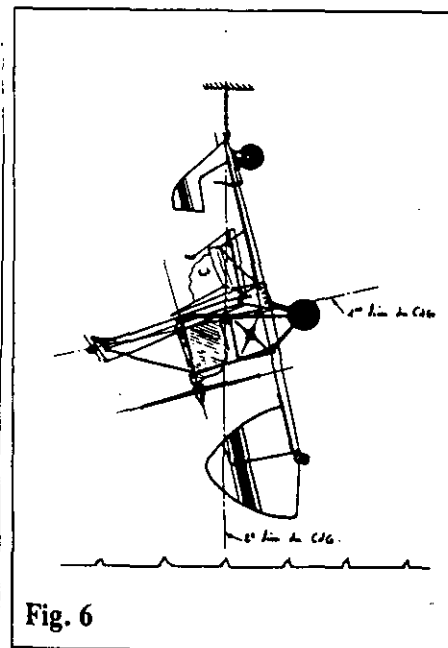


Fig. 6

Conociendo el valor de B, como la sujeción de la cabeza del rotor se deduce, la cota de reglaje de la palanca vale :

$$x = \frac{B \cdot C_m}{B_2 - B_1}$$

Así, si el rotor es calado para un vuelo de crucero con  $B = 12^\circ$ , la palanca con un recorrido de 350 mm y la amplitud de incidencia del rotor es de :  $B_1 = 0^\circ$  y  $B_2 = 30^\circ$ , se ramificaran las bieletas del mando, se situara la palanca en el soporte delantero y se retrocedera :

$$x = \frac{12 \times 350}{30 - 0} \approx 140 \text{ mm.}$$

Esta cota define la posición de la palanca respecto al soporte delantero, se tendrá cuidado de reglar el soporte trasero (tope) para que la carrera  $C_m$  de la palanca sea respetada (aquí 350 mm) y que la incidencia del rotor  $B_2$  sea igualmente obtenida (aquí  $30^\circ$ ). Después de este retroceso de la cota  $x$ , se sujetara la palanca en esta posición y se modificara la longitud de las bielas de mando para que el acoplamiento pueda realizarse. Para obtener el reglaje lateral de la palanca durante los primeros ensayos en vuelo, aconsejamos dejar una longitud de rosca suficiente sobre cada una de las bielas (caso de bujes Bensen).

Todas estas operaciones, si son realizadas con rigor, conduciran a una apreciación correcta del equilibrio "dinámico" del Autogiro.

La figura 5 muestra el resultado final de esta operación, teniendo que precisar que es válida para todos los tipos de Autogiros.

Obtenida esta posición, se procedera a la ejecución de las siguientes operaciones :

- + Se mediran las cotas a y b de la figura 5.
- + Se notara el valor de calaje B del rotor.
- + Se situaran, en la celula, dos referencias que permitan definir, con exactitud, la posición en la cual ella se situa.

Cuando el Autogiro ocupa esta posición, el CdG efectivo se encontrara en cualquier parte sobre la vertical pasando por el punto de suspensión. cuando esta vertical es localizada, se dice que se ha determinado el primer lugar del CdG.

Todos los Girodinos poseen una estabilidad por las masas, no se determina jamas el segundo lugar del CdG. Entretanto, se puede determinar este ultimo suspendiendo el Autogiro por un punto cualquiera.

Bien entendido, el fuselaje debiera ser cargado como anteriormente considerando un vuelo de crucero con carga normal. Cuando la helice es tractora, se suspende, en general, el aparato por el eje de la helice. Toda vez, se desaconseja este procedimiento para las maquinas con helice propulsora. En efecto, esta helice es a veces situada proxima al CdG y el equilibrio que se obtiene es facilmente alterable. La figura 6 dara una idea sobre el lugar posible de un punto de anclaje.

Cuando la vertical del primer lugar y la del segundo lugar son conocidas se conviene en decir que el CdG se encuentra en la intersección de estas dos lineas. Así, si hace girar el Autogiro alrededor de este punto, se observara que no hay ningun desequilibrio. Es esta imagen la que permite, a veces, llamar al CdG "Centro de inercia nula del sistema". Esta determinación no tiene sentido mas que cuando se habla de inercia desestabilizadora y no de inercia pura. La proxima vez, examinaremos los problemas unidos a la determinación del CdG relativo del Autogiro.

# EL CENTRADO DE LOS AUTOGIROS (4).

por Raymond Jeanvoine.

SE CONTINUA AQUI EL ANALISIS DE LOS FACTORES QUE RIGEN LAS NOCIONES DE CENTRAJE DE LOS AUTOGIROS.

CENTRAJE RELATIVO D EUN AUTOGIRO.

Anteriormente, hemos deducido la posición del CdG efectivo del autogiro considerando ciertas nociones de carga y ciertas situaciones del fuselaje. Hemos visto que no son fortuitas y que corresponden a una cierta fase de vuelo (la de crucero). Hemos explicado igualmente que solo nociones de "pilotabilidad" pueden permitir concebir alguna noción de centrage.

En la determinación de la gama de centrage, fruto de la noción de centrage relativo, se realiza una síntesis de lo que fue realizado para determinar el centrage efectivo considerando simplemente una fase de vuelo muy particular pero todas ellas posibles y permitidas por la maquina. Bien entendido, es conveniente decir, que la noción de centrage relativo es una extensión en el interior del dominio de vuelo de la noción de centrage efectivo.

La garantía de "pilotabilidad" que se obtiene aquí se realiza determinando los valores límites de carga. Dado que estos límites son la mayoría de las veces abstractos a los ojos del piloto, veremos que se crean dispositivos que permitan no franquear jamás estos límites.

Puesto que lo importante es únicamente la posibilidad de pilotar la maquina con toda seguridad supone la conservación de una carrera mínima de la palanca.

Lo que es complejo, en esta noción de centrage, es escoger con precisión este recorrido mínimo. Comprendemos que un autorigo centrado en el límite (delantero o trasero) debe ser capaz de evolucionar en todo el dominio de vuelo que le permite su geometría, su modo de propulsión y... su rotor. Este recorrido de la palanca es precisamente el que permite su geometría, su modo de propulsión y... su rotor. Este recorrido de la palanca es precisamente el que permite esta evolución prohibiendo al piloto, para que sea mínima, salirse de este dominio. Cuando los límites de centrage son alcanzados, este recorrido tendrá entonces la particularidad de ser nulo del lado en que la maniobra tiende a hacer salir a la maquina de su dominio de vuelo. De este hecho, sacaremos que el alcance de los límites de centrage repercute en la puesta de los toques de los mandos.

Sin olvidar que está avanzado en la parte consagrada al reglaje longitudinal de la palanca. Afirmamos entonces que: "toda evolución del disco del rotor en esta gama de incidencia debe ser permitida por el recorrido disponible de la palanca". Aquí, iremos más lejos afirmando que deben ser alcanzados los límites de los toques del mando (longitudinales y transversales) que deben ser el origen de los límites de incidencia del rotor. Así, todo el conjunto de mando de vuelo del autogiro e incluso del girodino en general debe ser construido de tal manera que los toques de mando sean los que fijen las posiciones límite del disco del rotor. Actualmente, todos los girodinos han sido concebidos para que sea la noción de recorrido mínimo sea la base de las evoluciones con toda seguridad. Queremos explicar que esta filosofía de creación no es fortuita y que ha sido madurada por todos los que han tenido la idea de volar con un rotor; únicamente, esta no es la cuestión.

Para que el procedimiento de determinación sea comprendido por todos, es necesario recordar que la gama de centrado se crea con todas las piezas para que el girodino no adopte posiciones de vuelo incompatibles con el correcto pilotaje del rotor. Es unicamente en este sentido en el que se obliga a la maquina a tener limites de carga, limites que le permitiran quedar dentro de su dominio de vuelo. El dominio de vuelo se definira a partir del numero de regimenes de vuelo, una aeronave puede reagrupar, segun su categoria uno o varios regimenes. Mientras que para el autogiro solo dos regimenes son definibles. A continuación, denominaremos al primer regimen de vuelo del autogiro como de conservación mientras que el segundo sera denominado, por oposición, de no conservación.

El regimen de conservación se manifiesta cuando el rotor ha adquirido con prelanzamiento, la propiedad de autoregular su movimiento. en tanto que corresponde a un cierto desplazamiento en traslación, se extiende desde el vuelo en autorotación vertical al de traslación horizontal a velocidad maxima. en este regimen, el rotor trabaja, mas alla de una cierta velocidad, con poca incidencia. Esta velocidad sera desde entonces considerada como umbral de transición.

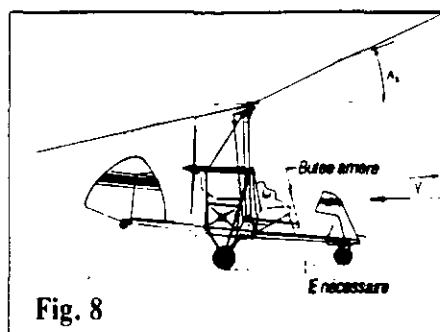
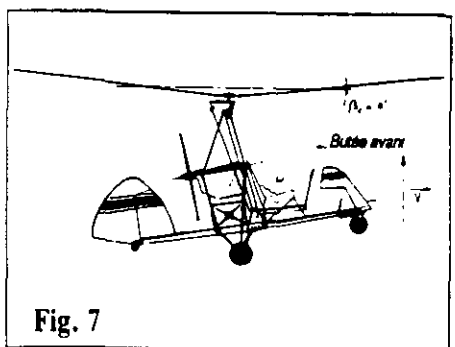
El segundo regimen se manifiesta cuando el autogiro franquea, en su perdida de velocidad, el umbral de transición. Lo hemos clasificado segundo justamente por esta propiedad de no nacer jamas en curso de la aceleración. Este regimen de no conservación es propio de los rotores de autogiro y corresponde a la perdida de una ley de funcionamiento fundamental, la de conservación de un suministro constante a traves del disco. en vuelo, se manifiesta por una fuerte incidencia del rotor por soplar una cierta superficie del disco con la helice. Este procedimiento permite retardar la aparición de este segundo regimen, sustituyendo el vuelo en traslación por este soplado. Por esto, este segundo regimen se manifiesta igualmente, en algunos casos, por un vuelo con mucha potencia y muy poca velocidad de traslación. Convendremos siempre que esta "utilización" de la helice corresponde a "hipersustentar" el rotor por un lapsus de tiempo y que el despegue en estas condiciones no debe tener lugar mas que con grandes potencias.

En lo que concierne al centraje relativo, la influencia de este segundo regimen de vuelo es dulcificado.

La justificación esencial es que este segundo regimen de vuelo tiene una duración de vida efimera con respecto al tiempo total de vuelo. El autogiro es capaz de efectuar un vuelo completo en el primer regimen, siendo justo el no considerar el segundo en la determinación de centraje relativo. Por tanto, para llevar a cabo esta determinación experimental, no se tiene en cuenta. No se tiene en cuenta por el hecho de que es necesario franquear este segundo regimen de vuelo para pasar del vuelo en traslación horizontal al de autorotación vertical. Aunque este paso sea de corta duración, es conveniente establecer los limites de centraje tomando en consideración este caso.

En síntesis de lo que se desea explicar, damos dos principios deducidos de un estudio de regimenes de vuelo del autogiro. Este analisis es puramente matematico, habiendo querido evitar a los lectores una interpretación abstracta del perfil de curvas y de figuras mas facilmente abordables.

El limite de centrado trasero sera obtenido cuando, palanca en el tope delantero, el rotor pueda alcanzar una incidencia media correspondiente a un vuelo en autorotación vertical pura. La figura 7 describiendo este caso de centraje, conveniendo admitir, para todos los autogiros, esta incidencia con valor 0.



El limite de centrado delantero sera obtenido cuando, palanca en el tope trasero, el rotor pueda alcanzar una incidencia media correspondiente a la posibilidad de pasar, con toda seguridad, del regimen de conservación al de no conservación. La figura 8 describe esta configuración, conveniendo que la incidencia limite correspondiente a la obtenida entonces del paso del umbral de transición. Para todos los autogiros, la curva de la figura 9 permitira una apreciación correcta de esta incidencia de rotor.

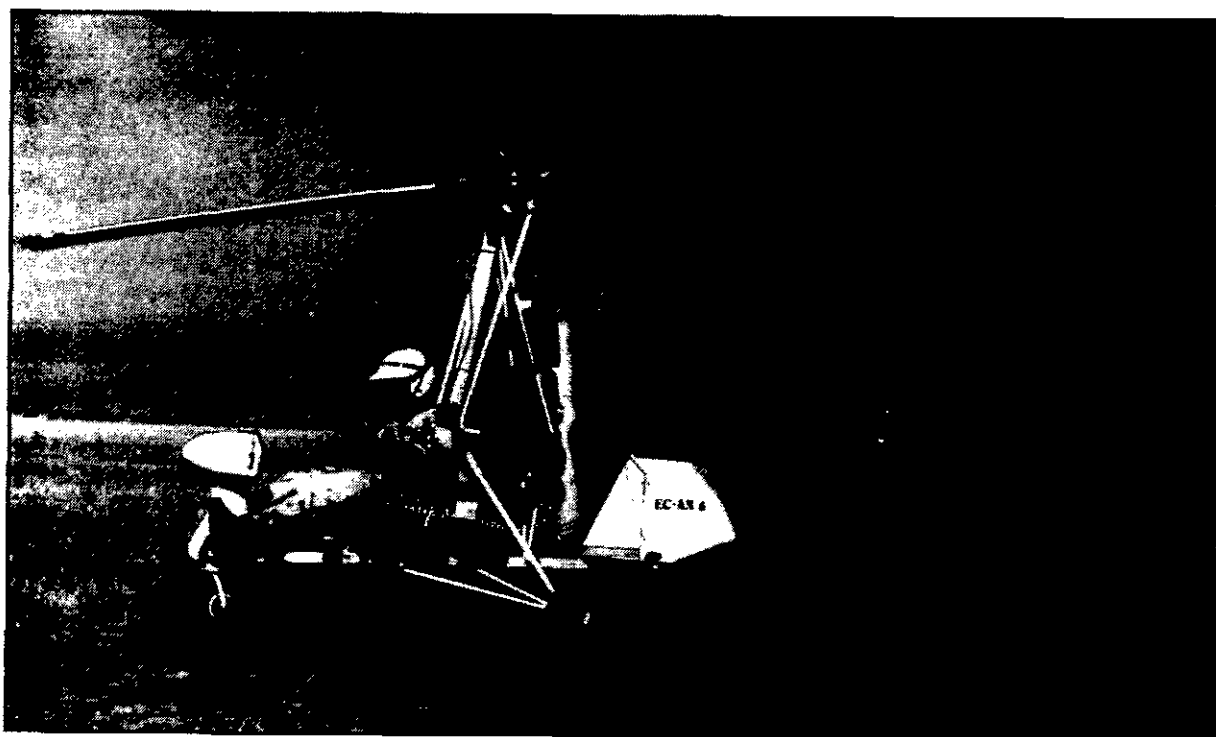
Se notara entretanto, que los resultados de esta curva no representan mas que valores medios que evolucionan enormemente en función de la totalidad del rotor y del alargamiento de las palas.

A fin de precisar el intervalo, el limite no puede ser inferior a 18 ni superior a 35°. Trataremos despues la realización practica de estas exigencias y explicaremos los aspectos filosoficos.

de VOL MOTEUR.

traducción, Joaquin Guerra.

CONTINUARA...



AUTOGIRO de un compañero catalán.

Fig. 9

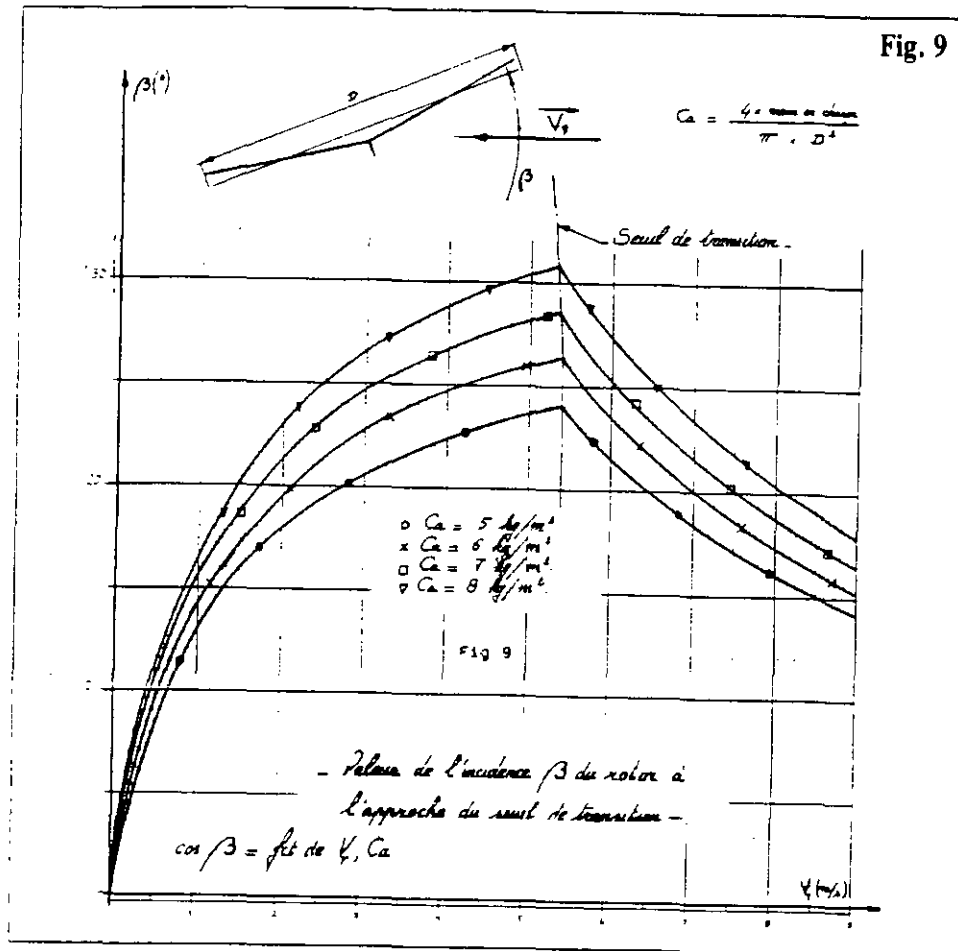
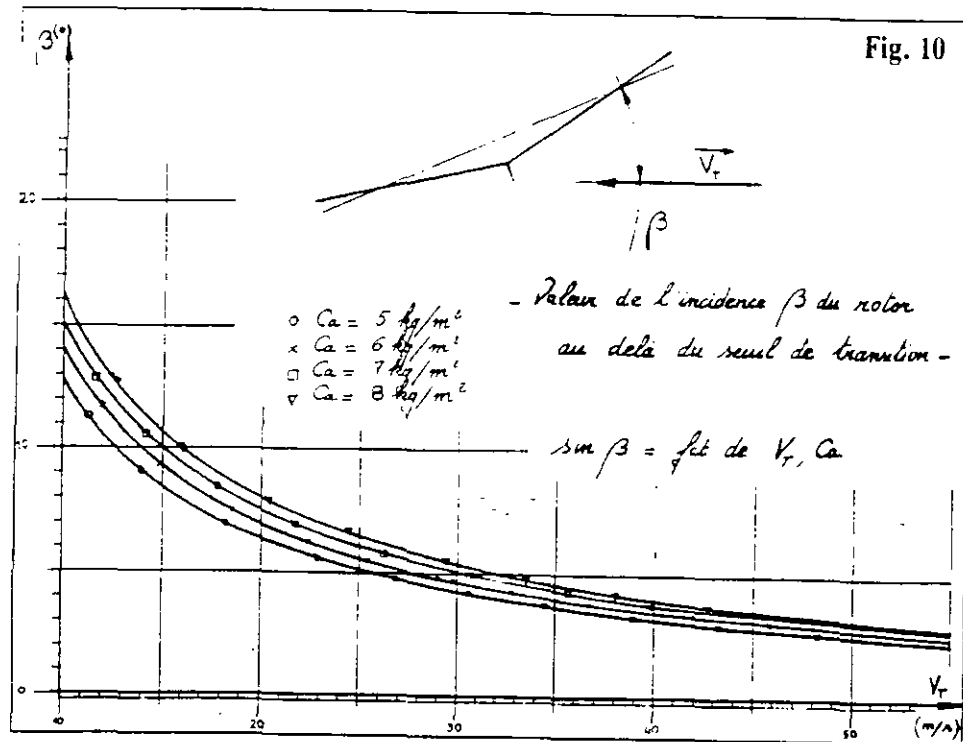


Fig. 10



# Centrado de los Autogiros (y 5)

---

por Raymond Jeanvoine.

ABORDAMOS AQUI LA APLICACIÓN DE LOS DOS PRINCIPIOS VISTOS ANTERIORMENTE.

## 2.a) PROCEDIMIENTO DE EJECUCION.

Como anteriormente, la maquina sera suspendida por el centro teorico del rotor y con la ayuda y con la ayuda de un aparejo que permita el control de las masas con un dinamometro. La cabeza del rotor no sera sujeta. Si buscamos la gama delantera, la palanca sera sujeta sobre su tope trasero (verificar que este tope esta reglado de manera que permita el debatimiento previsto de la palanca).

Si buscamos la gama trasera, la palanca sera sujeta sobre el tope delantero (comprobando como anteriormente).

Se afectara, en los lugares del fuselaje designados por, los pesos representativos de las cargas, respetando dos principios.

En principio estos pesos estaran constituidos por lastres (sacos de arena tarados). A continuacion se comenzara la carga por los pesos variables en vuelo (combustible) despues los pesos fijos (equipaje, bagajes, etc.).

Cada modificacion de uno o varios lastres sera medido para que:

- la totalidad del peso de los lastres asi obtenido sea igual, como maximo, a la carga util.
- la incidencia del disco del rotor sea igual, como minimo, a la fijada para el analisis de los regimenes de vuelo (fig. 9 cf VM40).

Un autogiro en el que busquemos la gama delantera sera cargado de forma que su fuselaje tienda a picar (disminucion de la incidencia del rotor); e inversamente en caso de que busquemos la gama trasera. Tenemos que senalar que la mayor parte de los autogiros en los que al poner la palanca en el tope delantero conlleva una incidencia nula en el rotor no estan necesariamente desprovistos de un limite de centrage trasero.

Es asi porque fue probado, por ciertos constructores, que la mayor parte de las autorrotaciones verticales se efectuan con el motor a ralenti (y no cortado) y con una incidencia del rotor ligeramente positiva. Esta justificacion tiene su interes sobre las maquinas dotadas de un freno de rotor pues, de este hecho, la gama de incidencias del rotor se encuentra reducida y un mismo recorrido de la palanca permite una reduccion de esfuerzos. Convendremos siempre que cada uno ha de sacar sus propias conclusiones cara a cara con estos principios y de acuerdo con aquellas prestaciones que se pretendan obtener de la maquina proyectada.

La determinacion de una o de otra de las gamas de centrado, con este metodo, no puede llevarnos mas que a uno de los tres resultados siguientes, cualquiera que sea el tipo de maquina experimentada.

A) Si la incidencia B1 o B2 del disco del rotor se obtiene antes de que el peso global de los lastres sea equivalente a la carga util de la maquina, se dira que el autogiro admite una retrincion en la carga

transportada. Esta llamada previene de que el limite de la gama de centrado buscada se obtiene mientras que el peso maximo al despegue no se obtiene. Tal resultado queda plausible mientras el error no pase del 5 %. En caso contrario, es imperativo revisar la geometria general de la maquina reexaminando la disposición general de equipajes moviles (combustible, equipajes, asiento(s) del(os) pasajero(s)).

En todos los casos en que el error es superior al 3,5 %, la masa de los lastres necesarios para la determinación de la gama delantera debe ser igual a la necesaria para la determinación de la gama trasera. El error al que se hace referencia se calcula por :

$$E = 100 \times (1 - \frac{ML}{Cu})$$

donde ML = Masa lastres, Cu = carga util.

B) En el caso de que los resultados anteriores se encuentren modificados y que el error al cual se llega vale "0 %", la masa de los lastres vale la carga util y no se puede hablar entonces de restricción sobre la carga transportada. En la eventualidad de tal conclusión, muy difícil de obtener al primer golpe, se admitira que el autogiro admite una restricción de centraje al limite.

c) Si la incidencia de rotor escogida no es obtenida a pesar de la igualdad de masa entre lastre y carga util teorica, se dira que el autogiro no admite restricción de centraje. En tanto que tal resultado parece imposible de obtener a los ojos del adepto a la formula "avión", tenemos que precisar que un girodino, en el que la gama de incidencias del rotor queda cubierta a pesar de una disposición cualquiera de la carga util, no posee, por definición, limites de centraje. Excluimos, bien entendido, toda carga que sobrepase esta carga util.

Tal resultado es a la vez deseable e incorrecto. Es deseable cuando es obtenido para una maquina en que la geometria es compacta, es decir, cuando la mayor parte de los equipajes moviles estan cerca del C.d G efectivo. Es incorrecto en el caso contrario pues, para el caso de carga al que se refiere, denuncia una importante carga alar.

Cuando se obtiene la evaluación de las gamas de centrado, hay que señalar que algunas disposiciones limitan las investigaciones en vista de un mejor compromiso. Asi, se evitaren pesos de piloto no admitidas en la logica ( a menos de evaluar una maquina especial ). El intervalo usual va de 47 a 107 kg.

No se admitiran mas que los equipajes cuyo peso no exceda del 7 % de la carga util.

Actualmente, la experiencia adquirida por algunos permite fijar las fronteras en el dominio del autogiro. Se puede "esperar" ahora que el 50 % de la masa total constituye la carga util; queda por saber si estas condiciones de carga pueden garantizar, para todas las combinaciones de carga permitida, un respeto de los limites de centrado que impone el rotor.

Si la evaluación del centrado del autogiro permite conocer las restricciones de carga, vamos a explicar lo que se deduce igualmente de las condiciones de utilización.

## 2.b) RESTRINCIÓN DE CARGA.

Cuando una de las gamas de centrado es obtenida, se realiza una deducción de la masa total del autogiro. Renovada por la segunda gama de centrado, los resultados son consignados en una tabla similar a la de la figura 10 dada como ejemplo.

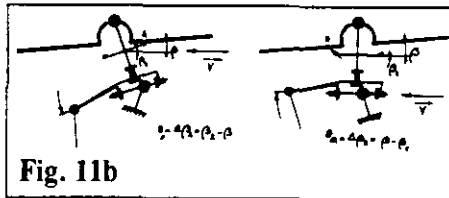


Fig. 11b

|                                    | Plage avant | Plage arriere |
|------------------------------------|-------------|---------------|
| Masse à vide                       | 100 kg      | 100 kg        |
| Pilote                             | 90 kg       | 65 kg         |
| Passager (s)                       | néant*      | néant*        |
| Carburant                          | 0,5 kg      | 30 kg         |
| Huile                              | mélange     | mélange       |
| Bagages                            | 3 kg        | 0 kg          |
| Total                              | 193,5 kg    | 195 kg        |
| * Cas d'un monoplace               |             |               |
| Masse en charge théorique : 200 kg |             |               |

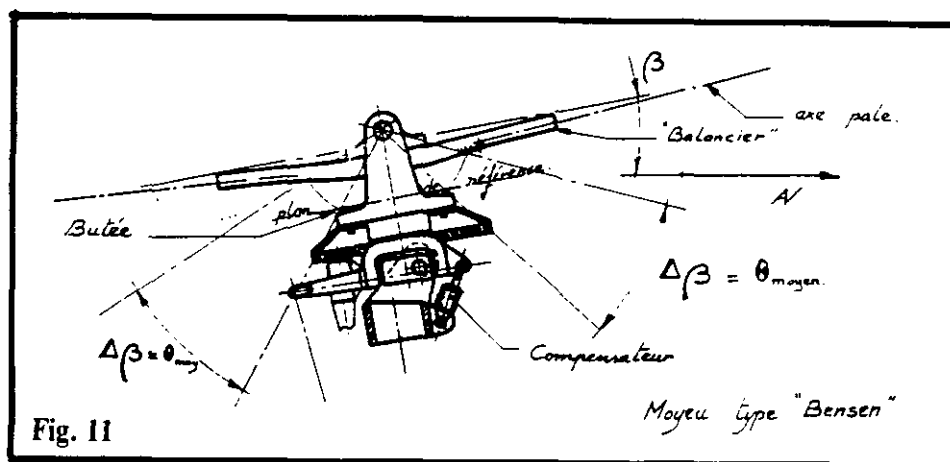
La restricción de carga consiste en igualar las dos masas totales reduciendo la predominante cuando se aplica a la gama de centrado trasero o aumentando la menor cuando se aplique a la gama de centrado delantero. Esta restricción se realiza sobre el peso del combustible. Es para satisfacer las nociones de autonomía mínima que imponemos, previamente, un error inferior al 5 %. En el ejemplo anterior, realizamos esta restricción de carga poniendo que la masa máxima al despegue vale 193,5 kg y que el límite de centrado trasero se manifieste con 28,5 kg de carburante en lugar de 30 kg anteriormente obtenidos.

Las consignas de carga están reflejadas en la documentación de abordaje del autogiro, conviene admitir que es difícil de evaluar el centrado de una máquina cuando tiene una gama importante. A fin de paliar errores eventuales, cada constructor concibe un artificio técnico que permite prevenir al piloto cuando el CdG de la máquina evoluciona fuera de los límites previstos. Poner en su sitio tal dispositivo cuesta el crear restricciones de utilización.

## 2.c) RETRICCIONES DE UTILIZACION.

Cuando el pilotaje del aparato se realiza por una variación cíclica del paso de las palas, es cómodo prevenir al piloto de un centrado defectuoso adoptando una suavidad progresiva de mandos. Tal concepto es obtenido situando, sobre los mandos intermedios, frenos progresivos constituidos por levas y arandelas "Belleville" donde se regula la rigidez. El triunfo mayor de este sistema es que hace igualmente oficio de irreversible.

En este tipo de pilotaje se efectúa por desplazamiento del punto de suspensión, asociando, ficticiamente, el rotor al fuselaje por toques de amplitud. En los bujes que tienen más de dos palas, este sistema se complica, mientras tanto, los batimientos simples de los bujes bipalas han permitido la realización concreta de este último. Designados "topes de batimiento", están constituidos por cuñas compresibles y reglables montadas sobre un disco de referencia. En los bujes Bensen, estas cuñas vienen a topar en el balancín vuelta a vuelta, de donde un reglaje medio, y cuando el intervalo  $\Delta\beta$  representativo de la diferencia de incidencia entre disco y plano rotor es nulo. La figura 11 describe este sistema, siendo necesario concebir que este último no tiene valor más que cuando el aparato ejecuta un vuelo de crucero. En autogiro con centrado delantero, toda maniobra rápida de la palanca hacia su tope trasero. Inversamente, una maniobra rápida hacia el tope delantero de la palanca mientras que el autogiro se encuentra en centrado trasero conduce a un contacto con el punto  $\beta$  (ver figura 11 b).



De una concepción simple, estos topes tienen igualmente la ventaja de imponer un "tiempo de ejecución" al piloto cuando el rotor se encuentra a su mínimo régimen. Teniendo muchas ventajas cuando su construcción y sus reglajes están realizados correctamente, pueden ser mortales en caso contrario.

La compresibilidad de estas cuñas es necesaria por el hecho de que ello evita una pérdida de control por "escape" de la palanca.

el reglaje se define por el ángulo  $\theta_{moy}$  de la figura 11 y vale :

$$\theta_{moy} = \Delta\beta_{moy} = \frac{\Delta\beta_A + \Delta\beta_B}{2} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{2}$$

Ex : Sea un autogiro cuyo  $C_a = 7 \text{ kg/m}^2$

La fig 9 da :  $\beta_2 = 28,6^\circ$  si  $\beta_1 = 0^\circ$  (Autorrotación vertical)

$$\theta_{reglaje} = \theta_{moy} = \frac{28,6 - 0}{2} = 14,3^\circ$$

Cuando se prueba que el autogiro efectúa la autorrotación a una incidencia superior a  $0^\circ$ , el reglaje de estos topes de batimiento tendrá en cuenta esta incidencia ( $\beta_1$  toma el valor de este).

Para cerrar esta nota sobre el centrado de los autogiros, daremos próximamente un plan de redacción para notas oficiales (solicitud de matriculación, fichero CNRA, etc...).

Traducción. Joaquín Guerra.

NOTA: Todo lo anteriormente expuesto debe ser tomado con la debida cautela, pues aunque traducido con la mejor intención puede haber algún tipo de error en la redacción resultado de la traducción o en los términos. Sería mejor contar con las experiencias de los compañeros. Pero "a falta de pan buenas son tortas".

Así mismo reconocemos y agradecemos la maestría que en esta materia tienen los compañeros y vecinos de Francia

Hace algún tiempo se realizaron varios autogiros en España, había interés, que se vio paralizado por no haber quien impartiera clase, necesarias para manejar el aparato.

Esperemos se incremente el número de pilotos y practicantes, siendo cotidiano el ver autogiros en los campos de vuelo.

# Autogiros. Reglaje del rotor

por Vincent Hoffman.

EN LOS AUTOGIROS, INCLUSO LAS MEJORES PALAS Y LOS MEJORES BUJES NO SON NADA SIN UN BUEN REGLAJE. VINCENT HOFFMAN NOS EXPLICA LAS TRES ETAPAS INDISPENSABLES PARA UN FUNCIONAMIENTO AGRADABLE Y SEGURO DE UN ROTOR.

## EQUILIBRADO ESTATICO DE LAS PALAS.

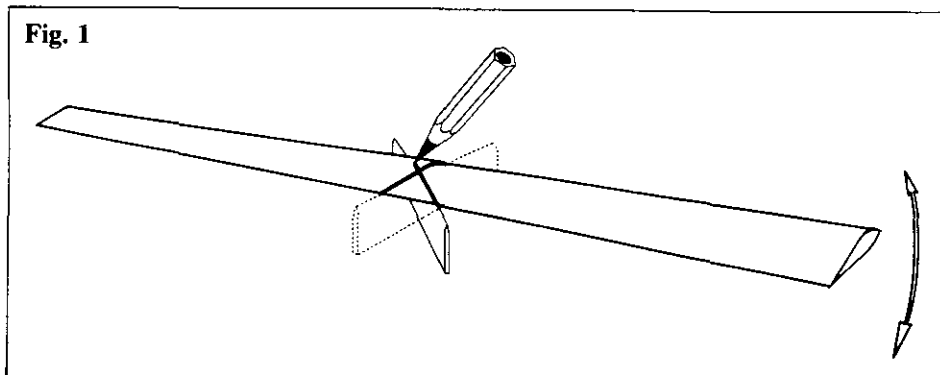
Es facilmente comprensible que un rotor dotado de palas de masas diferentes no girara muy redondo. El primer paso consistira pues en pesar cada pala y asegurarse de que tienen el mismo peso. Esto no es suficiente !. Es necesario igualmente controlar que su centro de gravedad esta situado en el mismo sitio, tanto en envergadura como en cuerda. Aquellos que han seguido los articulos de Raymond Jeanvoine sobre el centraje de los autogiros recordara el metodo empleado para determinar experimentalmente el centro de gravedad. Es diferente suspender el carro por diferentes puntos, el centro de gravedad se encuentra en la intersección de las verticales obtenidas de estos puntos. Podemos hacer lo mismo con las palas, pero la sujeción no es facil. Es mas simple utilizar el metodo de "cuchillo". Para ello se utiliza una chapa fina, sujeta en un torno o montada en una burrilla y se situa sobre su arista la pala a 45°. Es necesario situarla transversalmente para obtener el equilibrio. Se traza entonces con un lapiz sobre la pala una recta correspondiente a la arista de la chapa y se repite la operación a 90°. Se obtiene asi una cruz que marca precisamente el emplazamiento del centro de gravedad (fig.1). A menos de una construcción excepcionalmente precisa, las dos cruces estaran raramente en el mismo sitio.

Los que construyen en serie, comprendidos los mas grandes como Sikorsky o SNIAS, proceden entonces a emparejar las palas lo que consiste en escoger de entre el stock las palas que se parecen mas, como los preparadores lo hacen con las bielas o pistones de los motores de carrera.

Se afina a continuación el equilibrado de cada pala por apomazamiento o añadido de pintura segun el caso, observando las palas con el mismo peso.

Esta tecnica parece mas complicada respecto a la que consiste en montar el rotor, alinear las palas y suspenderlo por el eje del balance para poner peso en la pala mas alta. Este metodo permite obtener un equilibrado estatico del rotor pero no da un pero no da un comportamiento dinamico satisfactorio. Esto es, con tensiones en flexión y torsión diferentes sobre cada pala, la fuente de la mayor parte de las vibraciones residuales "incomprensibles" para muchos pilotos.

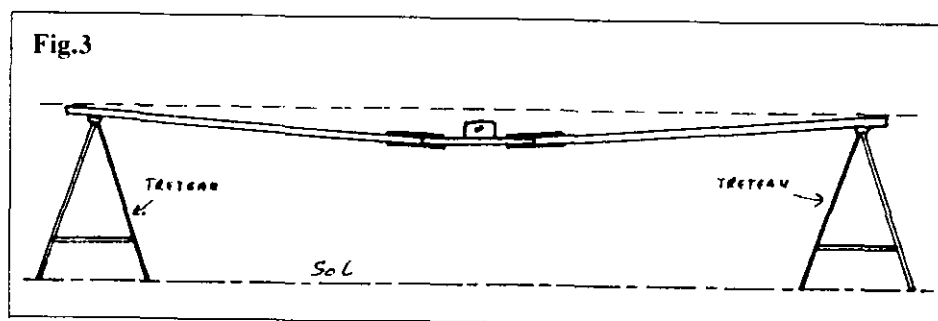
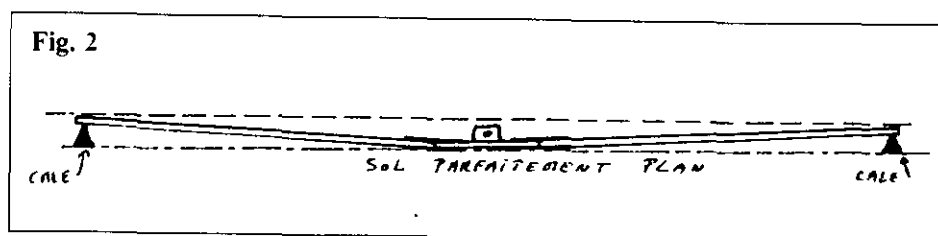
Fig. 1



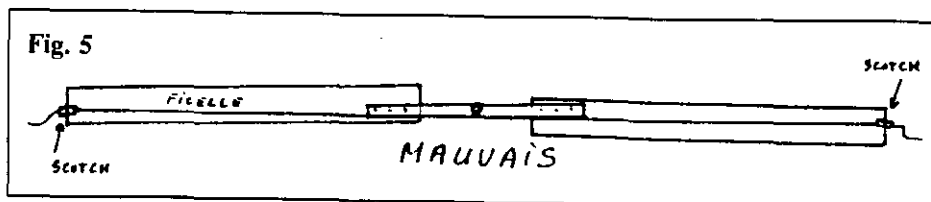
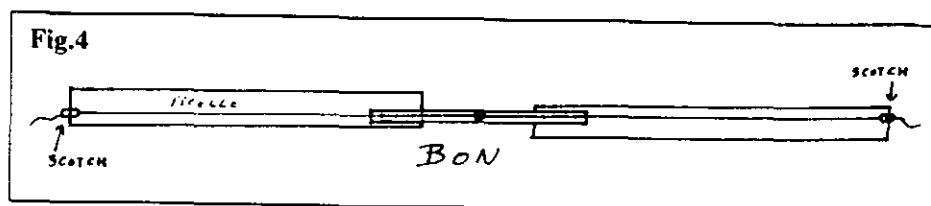
## DESEQUILIBRIO, ALINEAMIENTO.

El desequilibrio es un desplazamiento de masa en un plano horizontal que desplaza el centro del buje del rotor ( en el tubo del mastil) a la misma cadencia que el regimen de rotación de las palas. Cuando las dos palas son emparejadas convenientemente, el desequilibrio no puede venir mas que de un mal alineamiento. He aqui como se debe proceder durante el montaje sobre el porta-pala antes de la instalación del conjunto sobre el autogiro. La utilización de un fiel puede parecer a algunos un metodo empirico, pero ha probado su eficacia en la historia de las alas giratorias, al igual que la plomada en albañileria. Es ciertamente el procedimiento mas preciso actualmente para una aproximación minima.

Entonces, se colocan las palas sobre el porta palas y se atornilla el conjunto sin apretar las tuercas. Para esta operación, se debe escoger entre apoyar el conjunto en el suelo (en este caso, se deben colocar calzos bajo los extremos de las palas a fin de dar una conicidad a vuestro rotor ) o colocarlo apoyado en dos burrillas colocandolo siempre de manera que se consiga un poco de conicidad (fig. 2 y 3).



Cuando esta primera operación se ha realizado, se situa la cuerda sobre el primer cuarto delantero de una de las palas y se fija, ya sea con la ayuda de cinta adhesiva o una pinza. Despues se tiende esta cuerda para llegar a fijarla de la misma manera sobre el primer cuarto delantero de la segunda pala. Si las dos palas estan correctamente alineadas, la cuerda debe pasar rigurosamente por el medio del porta-palas y quedar la cuerda a un cuarto sobre toda la envergadura (fig. 4). Si este no es el caso (fig. 5) debe alinear las palas hasta llegar al reglaje correcto.



Cuando se ha obtenido al fin un buen reglaje, se pueden apretar las tuercas autofrenables.

Al respecto, pienso que es bueno recordar que las tuercas autofrenables del genero "Nylstop" no estan concebidas para ser montadas y desmontadas varias veces seguidas. Al comienzo de algunos aprietes, el nylon que recubre el interior de esta tuerca se destensa y no asegura mas su función "de anti apriete". Parece natural, sobre todo si desmonta las palas despues de cada vuelo, poner sistematicamente tuercas autofrenables nuevas durante cada montaje. Su precio es decisorio y la seguridad no tiene precio...

Este metodo a seguir es tan valido para un rotor dotado a un porta palas fijo como para un rotor equipado de un porta palas reglable y debe ser rigurosamente respetado durante cada remontaje de las palas.

#### EL EQUILIBRADO ESTATICO DEL ROTOR.

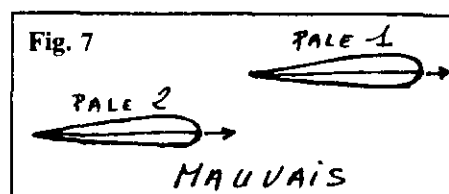
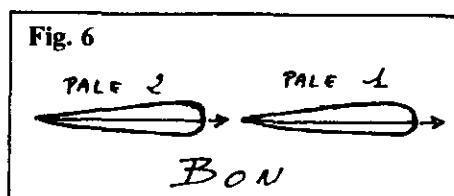
No se trata mas que de una operación de control, si la operación de equilibrado individual ha sido correctamente realizada, no necesitando mas de unos toques suplementarios de un spray de pintura que os permitira diferenciar las dos palas en el reglaje del track. Conviene notar que las palas de madera tienen la mala costumbre de desreglarse facilmente si guarda su autogiro en un entorno humedo y si no se tiene la precaución de dejar su rotor perfectamente horizontal. En efecto en este caso, si se ata una pala, el rotor esta inclinado y la humedad residual de la madera se desplaza hacia abajo, de hay la aparición de un desequilibrio temporal durante el vuelo siguiente, sobre todo si el invierno ha sido largo. Las helices de madera estan sujetas a la misma enfermedad y es oportuno almacenarlas horizontalmente.

Una vez que vuestro rotor esta perfectamente equilibrado, se puede montar sobre el autogiro, pero queda ahora un ultimo reglaje que realizar, que denominamos el "track".

#### TRACKING.

Como el desequilibrio, el "track" no aparece mas que cuando el rotor esta en rotación. Se diferencia siempre del primero por el hecho de que engendra una vibración vertical con la frecuencia de "una por vuelta" y que el piloto tiene la sensación de ir sobre un martillo pilon en vez de sobre un autogiro...

Para que el rotor este perfectamente equilibrado en track, es conveniente que las dos palas sigan una trayectoria identica durante su rotación y pasen por el mismo plano. Se dice entonces que ellas tienen el mismo asiento (fig.6). Si este no es el caso y una de las palas vuela mas alta que la segunda, el autogiro sobresalta verticalmente (fig.7).



Es conveniente notar que este fenomeno de track concierne a todos los tipos de rotor de autogiro, y no es por que tenga un porta palas fijo que estas seran perfectamente regladas en el primer vuelo. en efecto, el fenomeno es debido ante todo a la sustentación propia de la pala. Ademas de que es dificil de dar la misma incidencia a las dos palas, todas las palas son ligeramente d

todas las palas son ligeramente diferentes, pues fabricadas individualmente con materiales siempre ligeramente diferentes, incluso si son de la misma composición. La madera, como se sabe, trabaja; dos hojas de aluminio que no tengan una vez hecho el mismo espesor flexaran diferentemente; dos palas en rexina pueden estar imperceptiblemente torsionadas aunque hayan sido realizadas por un orfebre.

Sobre un porta palas reglable, el track puede ser provocado simplemente por inadvertencia unicamente calando mal el angulo de paso de una de las palas respecto a la otra. Es suficiente en este caso realisar los reglajes como esta previsto inicialmente y todo estara en orden.

En el caso de un porta pañas fijo, es necesario jugar con los calados de espesor situados entre el balancin y el bloque de articulación de batimiento o con pequeños trozos de chapa fijados sobre la parte trasera de las palas y que se denominan "fletners" (algunas palas no lo tienen previsto pero es facil adaptarlas).

Sobre la pala que vuela mas alto, corregir ligeramente el fletner teniendo por efecto el hacer "descender" la pala y procediendo asi hasta que la estela de las dos palas sea la misma, confundindose.

Evidentemente, no es facil de materializar el valor del track en un autogiro, pero trabajando con metodo, es perfectamente posible llegar a reglar perfectamente su aparato.

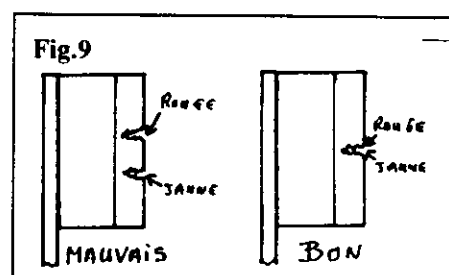
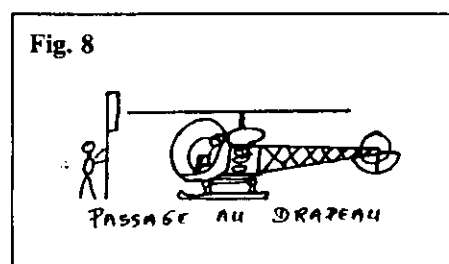
Yo reviso un helicoptero que es mi oficio para explicar como reglamos el track. El metodo ha hecho sus pruebas durante varias decenas de años antes de ser recientemente destronado por la utilización de blancos luminosos en las puntas de las palas y una lampara stroboscopica. Se trata del metodo denominado "de la bandera".

El piloto lanza el rotor a su velocidad de rotación normal, en tanto que el mecanico, que habra previamente pintado los bordes marginales de las palas con lapiz graso de colores diferentes (un color para cada pala), aproxima a estas una tela tendida sobre una goma, el conjunto esta fijado sobre una pertiga (fig.8). Cuando la tela frota los bordes marginales de las palas, los colores de los lapices grasos se depositan sobre ella y es evidente poder lanzar su rotor en rotación a un regimen suficiente, salvo en algunas maquinas en que el prelanzador sea particularmente eficaz, y que por el instante son raras. No, la solución mas racional consiste en marcar cada pala con un color diferente y jugar a priori sobre el fletner de una sola pala o sobre las arandelas de un lado del bloque de articulación. Si el track se amplifica, se corrige en sentido contrario hasta que desaparezca. Es suficiente realizar un corto vuelo entre cada reglaje para percibir si se ha alcanzado el punto deseado. Jugando sobre las arandelas, el reglaje final es muy delicado pues se hace casi con decimas de milimetro.

Voilà, espero haber esclarecido un poco las sombras que planean sobre el reglaje de un rotor. Proximamente hablaremos del rotor americano Mac Cutchen que equipa entre otros el autogiro Air Command que se puede admirar en Hubert Ferté en Montardoise, cerca de Arcy-sur-Aube. No se trata de publicidad sino de explicar las dos soluciones que se emplean para reglar el desequilibrio y el track rapidamente.

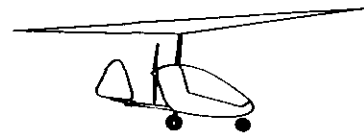
de VOL MOTEUR.

Traducción, Joaquin Guerra.



# Autogiro: ¡Esa Campana!

---



Los ausentes del ultimo forum-autogiro van a añorarlo !. Las comunicaciones de tres conferenciantes, Vincent Hoffman, Raymond Jeanvoine y Christian Briand, así como las discusiones con la sala son apasionantes. La cassette video editada por el Gyroclub toulousain permitiera en parte reparar esta ausencia. E ahí como aperitivo, la explicación del fenómeno de campana dada por Vincent Hoffman.

La "campana" se revela muy peligrosa en autogiro. Recordemos brevemente las fases de una figura que conduce seguramente al accidente.

A partir de un vuelo nivelado, el piloto comienza una subida seguida de una nivelación y de un descenso. En la cima de la trayectoria, decimos que el rotor pasa a "negativo", provocando la destrucción reciproca de las palas, de la deriva y de la helice conduciendo a una perdida total del control y al accidente. Van a ver que las explicaciones de Vincent Hoffman son mucho mas plausibles y racionales.

## RECORDEMOS

- En autogiro, la velocidad de rotación del rotor depende de su diametro, de su paso y de su carga. Los dos primeros terminos son fijados en la construcción, en vuelo, la unica variable es la carga.
- Girando, las palas encuentran sucesivamente viento de cara que se suma su velocidad propia en el sector que avanza y se resta en el sector que retrocede. Sin articulación de batimiento, el rotor basculara sobre el lado. Este batimiento es tanto mas importante cuando la velocidad de rotación de la pala sea insuficiente ante la velocidad de desplazamiento.

El mando "directo" de rotor inventado por Juan de la Cierva explota esta articulación para dominar la posición del disco rotor en el eje del buje. Un montaje rigido de las palas conducira en razon de las enormes fuerzas giroscopicas que aparecen a una completa imposibilidad de movimiento. Este mando "directo" en razon de su principio es afectado de un pequeño retraso inversamente proporcional a la velocidad de rotación. Cuanto mas rapido gira el rotor, menor es el retardo.

Esta caracteristica conduce, en termino de pilotaje, a un comportamiento particular. Los movimientos brutales de la palanca son prohibidos pues ellos conducen como lo indica la figura 1 a un aumento transitorio de batimiento que puede ir justo a tocar los topes produciendo golpes en los mandos y una perturbación grave de la regularidad de la rotación. Este batimiento justo hasta los topes aparece a menudo en el suelo en el momento de lanzamiento del rotor. Basta con rodar muy rapido con un regimen de motor insuficiente. ABUSANDO DEL LENGUAJE DIREMOS QUE EL ROTOR BATE CUANDO TOCA SUS TOPEs, MIENTRAS QUE EL BATIMIENTO ES UNA CARACTERISTICA INHERENTE A UN ROTOR EN TRASLACION. Amortiguadores pueden ser montados sobre el plato a fin de impedir estos movimientos rapidos, pero impondran dificultad en los mandos.

## EL VUELO EN INGRAVIDED

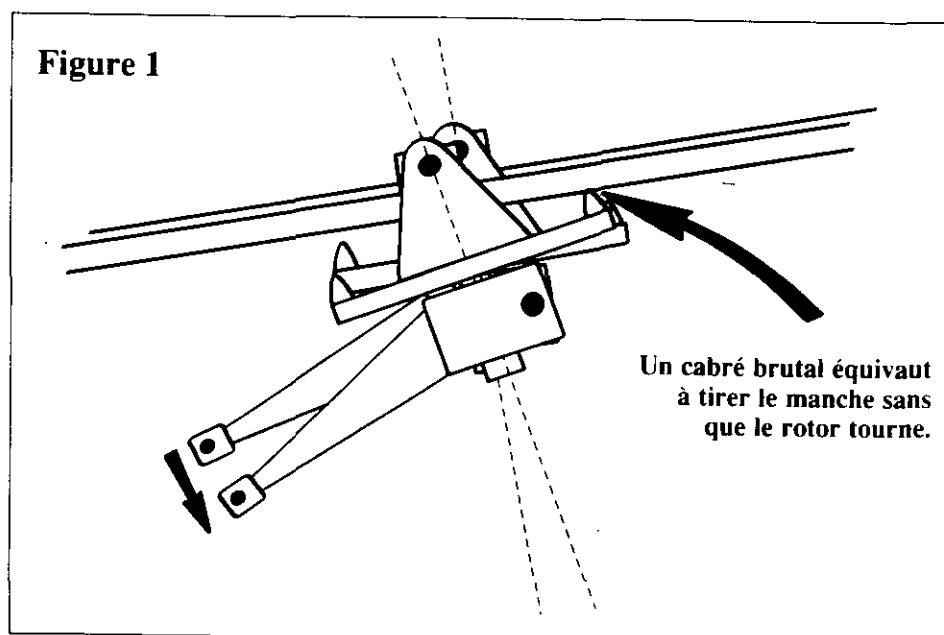
Todos hemos visto en la televisión el método empleado para entrenar a los futuros cosmonautas en la sensación de ingravedad. Se hace describir a un avión rápido, en Francia un Caravelle, un ascenso seguido de una trayectoria parabólica en que la fuerza centrífuga compensa la atracción terrestre. A 900 km/h, es posible obtener 30 segundos de ingravedad antes de tener que encabritar para volver a nivelado.

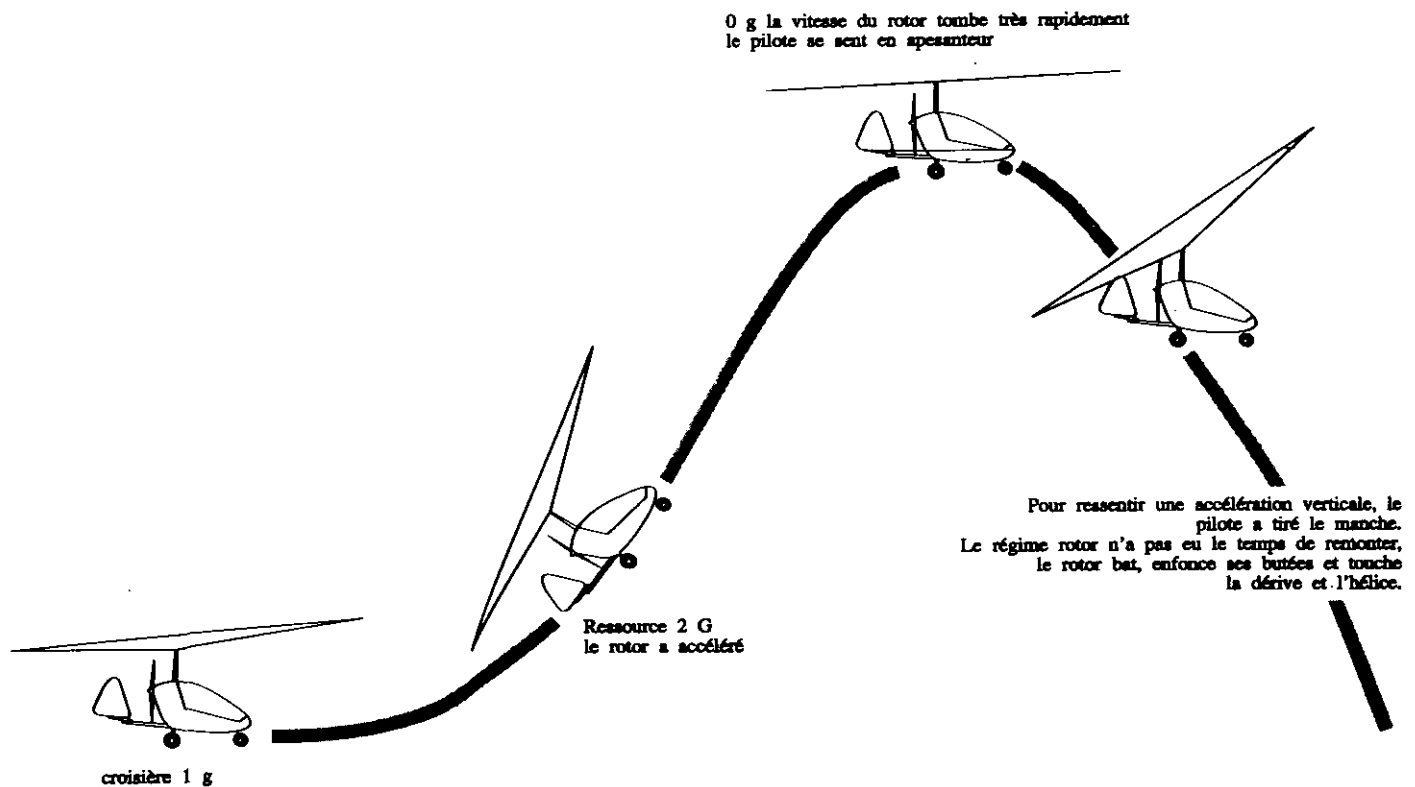
## LA CAMPANA DE VINCENT

Volvamos ahora a la descripción de Vincent Hoffman.

Por una maniobra voluntaria o a continuación de oscilaciones en cabeceo mantenidas, el piloto comienza un ascenso. Su peso aparente va aumentando y con ello el número de vueltas del rotor. Encontrando la posición incómoda, el piloto empuja la palanca para volver a nivelado. Según la intensidad de la maniobra, su peso aparente va a disminuir o anularse. El régimen del motor va a bajar muy rápidamente.

Se hará una buena idea de esta pérdida de régimen midiendo justo después del aterrizaje el tiempo que necesita el rotor para perder 100 vueltas: 3 segundos para los más pesados a menos de 2 segundos para los más ligeros. Notaremos que el paso juega aquí un papel agravante, pues el aumenta el frenado aerodinámico.





La sensación de ingravidez va a conducir al piloto a tirar de la palanca para reencontrar un poco la gravedad y el confort. El piloto experimentado tirara calmadamente con suavidad mientras que el principiante va a dar un "buen golpe". E aqui el error: el aparato tiene siempre velocidad sobre la trayectoria, pero el rotor descargado ha per dido muchas vueltas. El brutal golpe de palanca hacia atras va a hacer batir el rotor justo hasta los topes de batimiento desencadenando el panico del piloto que acaba de tirar de la palanca. El rotorhinca sus topes mecanicos y viene a chocar con la deriva, la helice y, en algunos casos, la cola.

#### CONCLUSION

Los remedios al peligro de la campana aparecen al mismo tiempo que se descubren las causas. Lo mas eficaz bien entendido sera una buena formación de pilotaje.

Los topes de batimientos deben permitir una amplitud suficiente al menos 11° de parte y otro tanto del plano de rotación del arbol. Los topes de los mandos, en cuanto a ellos, deben limitar el batimiento de las palas, batimiento comprendido, de forma que pase al menos a 10 cm de la helice y 20 de la deriva.

En fin, las palas con fuerte momento de inercia y poco paso poseen en este ambito particular una ventaja innegable.

Philippe Tisserant.

De Vol Moteur, trad. J. Guerra.

# **APRENDIZAJE DEL VUELO DEL AUTOGIRO MEDIANTE REMOLQUE CON COCHE Y BARRA RIGIDA ARTICULADA.**

El principio del aprendizaje por remolque se basa en suplir el empuje de la hélice del motor (que puede ir o no instalado) por la tracción que proporciona un automóvil unido al autogiro por un medio rígido.

Esta unión entre ambos está formada por dos tubos telescópicos de longitud mínima de 4 m y máxima de 7 m, que constan de los siguientes elementos: (Fig. 1).

Tubo exterior de acero de 35 mm x 31 mm x 3500 mm

Tubo interior de acero de 30 mm x 26 mm x 4000 mm

Cada uno de estos tubos lleva en su extremo una rótula de la barra de dirección de un coche (se encuentran en los desguaces muy baratas). Una de estas rótulas va anclada al puntal (estructura de arriostramiento) del autogiro y la otra al parachoques del coche mediante unas placas que serán distintas en función de las rótulas, coche y autogiro.

Lo importante a la hora del montaje es verificar que la barra puede girar libremente, en sentido horizontal (visto en planta) por lo menos 130° y en sentido vertical (alzado) por lo menos 50° (el autogiro subirá de 2,6 a 4,5 m de altura).

No se debe realizar nunca el remolque por barra rígida si esta no está adecuadamente articulada con rótulas.

Como coche vale cualquiera. Nosotros lo hemos realizado con un 4L con 20 años y 24 CV y con una furgoneta Citroen C-15 diesel de 55 CV. Esta última es mejor, no solo por la potencia y el par mayor, que se nota al remolcar, sino especialmente por que se pueden abrir las puertas traseras, y mediante una tercera persona sentada atrás, se informa al conductor de los deseos del piloto y de su

marcha tanto por el suelo como por el aire. Esto permite al piloto pedir la velocidad adecuada, el momento de aterrizaje, etc, todo ello mediante gestos convenidos.

El autogiro debe ser robusto para el aprendizaje, ya que se le va a someter a un rodaje por el suelo mayor del habitual, golpes fuertes en los aterrizajes, derrapes en las curvas y otras herejías que se comenten con cualquier aparato que se desconoce.

Es necesario que el autogiro disponga (o se monte en su caso) de un puntal de remolque donde anclar la rótula (Fig. 2), que debe quedar a la altura del eje de la hélice del motor, para que no varíe la línea de empuje.

Es conveniente que la rueda directriz tenga algún sistema de amortiguación, nosotros lo montamos en una segunda etapa y el comportamiento mejoró mucho.

Una vez ajustado el autogiro y centradas y equilibradas las palas, nos desplazamos al campo de vuelo, que interesa sea lo mayor posible.

Orientamos coche y autogiro frente al aire (si lo hay), y prelanzamos manualmente las palas, alcanzando de 60 a 90 rpm.

En ese momento y una vez puesto el casco (si no tiene visera conviene ponerse gafas, ya que el coche levanta polvo y es muy molesto) y el cinturón, damos orden al enlace de ponerse en marcha a unos 10 km/h aumentando hasta 20 Km/h. Daremos varias vueltas a la pista para familiarizarnos con el comportamiento del autogiro, como se gobierna detrás del coche, como gira, como se frena, como se dan las curvas al final de pista (nosotros damos curvas de 14 m de radio). Del mismo modo el conductor del automóvil coge también prác-

tica, ya que la conducción debe ser extremadamente suave como se comentará más tarde.

Siempre se debe rodar con el rotor girando a buen ritmo, ya que si no se hace así, la sustentación de las palas las deforma al aumentar la velocidad de desplazamiento, ya que no están "rigidizadas" por la fuerza centrífuga.

Cuando estemos familiarizados con el carreteo, pasaremos a la fase siguiente. A partir de los 20 km/h, con el mando todo atrás y centrado lateralmente, las palas se van acelerando, el silbido es más intenso, y ya casi no se ven, forman un disco continuo. En breves instantes tendremos sustentación, hay que prestar atención, ya que la transición de no sustentar a sustentar es muy rápida. La inminencia del despegue se anuncia por dos hechos:

- El silbido del rotor se transforma en el tamborileo típico del helicóptero (llamado palmeo), perfectamente audible, mejor incluso por los expectadores que por el propio piloto.

- La palanca de mando, que hasta ese momento se había mostrado con relativa dureza, y que transmitía los traqueteos de los baches, adquiere una repentina suavidad y ausencia de movimientos (El autogiro cuelga ya de su rotor).

En este momento la rueda delantera despegua, y el autogiro se apoya en la rueda posterior que hace de patín de cola. Cederemos algo de palanca hacia delante, con lo que se incrementan aún más las revoluciones. Volviendo a tirar suavemente de la palanca despegaremos, y a una altura de medio metro estabilizamos cediendo palanca de nuevo para dejarla en su posición neutra. Si no realizamos este movimiento adelante-atrás, también despeguaremos,

pero cuesta más: con el rotor inclinado todo atrás, el autogiro se obstina en rodar sobre la rueda de cola, con la delantera en el aire, despegua muy inclinado, tiene mayor resistencia y tarda más en acelerar el rotor, pero al fin despegua.

Con la maniobra adelante-atrás despegua más horizontal y en menos tiempo. Lo más difícil es encontrar el punto de mando. Si se manda mucho atrás se corre sobre la rueda trasera y no te elevas, si cedes mucha palanca tampoco te elevas y pierdes vueltas. Haciendo la transición adelante-atrás y viceversa muy despacio, te paras en el momento en que despegua. Moviendo muy ligeramente la palanca alrededor de este punto se controla el vuelo. No subir más de medio metro y no tratar de alabear.

Si los movimientos adelante-atrás son muy bruscos se cae y rebota haciendo algo parecido a un "touch and go".

Todo esto ocurre a distinta velocidad según el peso del piloto: para 65 kg aproximadamente a 30 km/h, 45 km/h para 82 kg. (Peso del autogiro vacío = 83 kg).

El vuelo se estabiliza a 40 km/h para 65 kg y de 50 a 55 km/h para 82 kg.

El rotor gira alrededor de 220 rpm al despegar, alcanzando en vuelo de 260 a 300 rpm en función de la velocidad.

Unos comentarios sobre la suavidad de conducción del coche: las maniobras deben ser extremadamente dulces, sobre todo al frenar. Baste decir, que a la hora de frenar, si se levanta bruscamente el pie del acelerador, sin tocar freno, solamente por la reducción del motor ya que rodamos en segunda, el autogiro se desploma, parece que entrase en pérdida y cae al suelo bruscamente (esto se debe a que volamos a una velocidad muy crítica, muy poco por encima de la necesaria para despegar y mantenerse en el aire, y aunque por concepción el autogiro no entra en pérdida, si necesita una velocidad de vuelo mínima, ya que si no la velocidad de descenso es elevada).

En nuestro caso no manejamos el timón de dirección, ya que la propia barra te alinea con la dirección de vuelo, y además, como novatos que eramos, así teníamos una cosa menos en la que pensar. Si la rueda delantera tiene un sistema de dirección independiente del timón, es imprescindible dedicarse a guiar la rueda, ya que haremos contactos con el suelo constantes, y si tocamos con la rueda ligeramente girada podría volcarse el autogiro al tratar de girar bruscamente (por supuesto, la dirección debe ser autoenderezante, lo que se llama una rueda tirada).

Tampoco usamos el freno, ya que alineando el autogiro con la barra, el coche nos frena, pero en caso necesario usarlo.

Tampoco hace falta aterrizar voluntariamente, si el conductor frena (mejor decelera) muy despacio, aterrizamos a "camara lenta", con gran suavidad, sin que tengamos que mover la palanca del punto "neutro" que nos permite volar horizontalmente. (Si acaso tirar ligeramente hacia atrás de la palanca, para que sea la rueda trasera la que toque primero).

A la hora de acelerar el coche hasta la velocidad de despegue, conviene hacerlo lentamente, ya que aunque el coche tenga potencia para hacerlo dando un pisotón, el tiempo que tarda en acelerarse el rotor es prácticamente constante, independiente (relativamente) de la velocidad, y si aceleramos bruscamente lo único que conseguimos es que el coche vaya más rápido, coma más metros de pista, y por tanto podamos volar menos.

Las curvas al final de pista se hacen rodando, ya que ni tenemos práctica suficiente ni tampoco la velocidad de "maniobra" necesaria. (Recordar que en los giros aumenta el factor de carga, es decir, los famosos "g", por lo que debemos volar más rápido para obtener la sustentación extra necesaria).

Es muy importante volar a muy poca altura, ya que si por algún momento alabearnos (ráfaga de aire, maniobra involuntaria), las ruedas del tren principal tocan tierra en seguida, sin permitir que el autogiro gire lateralmente. (Fig. 3).

Podemos añadir que los cuatro probadores, sin ninguna experiencia previa, consiguieron su primer vuelo de 25 m de longitud, a una altura de medio a un metro, después de 5 a 10 largos de la pista.

A partir de una hora de ejercicio se nota que se va aprendiendo, ya no hay saltos, el vuelo es más estable, se despegua y aterriza suavemente, y cosa importante, nos adaptamos al retraso de mando que presentan todos los autogiros, debido al efecto giroscópico del rotor.

Esta es una de las causas del vuelo inicial tan inestable, "dando tumbos". Cuando mandamos una maniobra, durante las décimas de segundo que dura este retraso, pensamos que no hemos mandado suficiente, por lo que movemos aún más la palanca. Cuando realmente se inicia el movimiento, nos damos cuenta que ha sido demasiado y tenemos que corregir, ocurriendo de nuevo el mismo efecto pero al lado contrario, por lo que iniciamos un movimiento oscilante alrededor de la posición que queríamos tener, vamos siempre siguiendo al autogiro en sus reacciones, ya que nos falta la anticipación suficiente y la apreciación instintiva de este retraso.

El mando del autogiro es muy sensible, por lo que los movimientos de palanca deben ser suaves, pero sobre todo limitados en desplazamiento, hay que mover poco para obtener bastante mando.

Después de esta primera hora de ejercicio, dominando ya las reacciones del aparato, podemos alargar la distancia coche-autogiro, telescopando la barra de arrastre. Durante el arrastre se debe mantener el autogiro alineado con el coche, pero cuando se eleva olvidarnos del coche, no mireis a la trasera de este, si no por encima del techo al horizonte, ya que esto nos da una referencia más segura.

Al elevarse por encima del coche hay que estar prevenidos, ya que al salir el autogiro de la "sombra" o rebufo del coche, recibe una mayor corriente de aire, con el consiguiente aumento de la sustentación. (Subiremos repentinamente).

Ya se puede incrementar la velocidad hasta 40-45 Km/h, con lo que aumenta notablemente la seguridad de vuelo, se hace mucho más estable (tenemos lo que antes llamabamos velocidad de maniobra).

Debemos empezar a hacer vuelos en zig-zag, mediante alabeo y timón (volar desplazados del eje del coche, de un lado a otro), y variar la altura, subiendo ya a 2-3 m, instintivamente subiremos siempre por encima del techo, ya que tenemos mejor visibilidad y vuelo más estable.

En estas curvas suaves notaremos que el autogiro se desploma ligerísimamente, por lo que hay que mandar suavemente atrás, de manera coordinada, anticipándose un poco al alabeo.

Podemos empezar a aterrizar voluntariamente mandando picar suavemente hasta aproximarnos bastante al suelo, tiramos después de la palanca para conseguir que sea la rueda trasera la primera que toque, cediendo palanca en el momento en que vayamos rodando, con lo que se apoyan las restantes ruedas.

El coche debe reducir su velocidad sincronizadamente, y es importante mantener la dirección de la rueda delantera alineada con el sentido de la marcha en el momento que tocamos.

Como ejemplo de la bondad del autogiro, en días con un ligero viento, a coche casi parado, actuando con el mando adecuadamente (mandando atrás según pida), podemos dejar el autogiro flotando unos instantes en el aire, para a continuación hacer un descenso vertical suave.

La siguiente maniobra que podemos ensayar es el "slalom". El coche debe moverse haciendo un "slalom" como si hubiese unos conos imaginarios en el suelo que debe esquivar. El autogiro se ve así forzado a tener que mandar positivamente para seguir al coche, lo que nos obliga a mandar pensando y anticipando lo que vamos a hacer. La primera vez, como siempre, vamos con medio giro de retraso detrás del coche, pero enseguida se gana el instinto que nos dice cuando mandar, hasta conseguir una trayectoria limpia.

El conductor debe dar giros distintos, alargando unos más que otros, variando la secuencia, para que no sea un movimiento tan simétrico que podamos aprenderlo y no nos cueste esfuerzo. Lo que se pretende es tener que pilotar ante lo imprevisto para conseguir soltura.

Este ejercicio es muy divertido, y además nos permite estar más tiempo en vuelo, ya que aprovechamos mejor la pista. Es muy recomendable.

Una nota adicional, antes de iniciar el primer giro, coche y autogiro han debido recorrer la suficiente distancia recta para que este se encuentre volando a una altura de 2 m aproximadamente y con una velocidad tal que le permita volar horizontal y estable.

La última maniobra, que no se debe realizar si no se tiene la suficiente confianza y lo permite el campo, (por el tamaño suficiente de este), es dar las vueltas al final de pista por el aire, lo que nos permite hacer un recorrido completo, alargando mucho el tiempo de vuelo.

Se inicia el largo de pista con viento de cara, ganando velocidad (50 a 55 km/h), y altura (2 m aproximadamente, la altura del techo de la furgoneta). A esta altura y velocidad, con buen flujo, se estabiliza el aparato y escogemos un vuelo nivelado y firme.

Antes de iniciar la curva, alabeamos al exterior del coche, sin perder altura, y estando desplazados al exterior de la curva la recorremos por completo, mandando ligeramente alabeo al interior, lo que nos obliga a girar, pero no nos introduce dentro de la trayectoria del coche. (Fig. 4).

El coche, mientras tanto, a partir de media curva aproximadamente empieza a acelerar, ya que llegamos al tramo con viento en cola y nos faltará velocidad, saldremos a 60-65 km/h. En casi todas las pruebas el coche iba en tercera.

Los giros se trazan con un radio de 35-40 m. (Como mínimo según nuestra experiencia).

El truco principal es tomar la curva por el exterior, ya que para una misma velocidad angular

de giro, obtenemos mayor velocidad lineal y nos permite mantenernos con control seguro.

También hay que entrar con altura, (2 m), ya que si no tocamos a la salida.

En las primeras pruebas en las que no dominábamos la técnica, a los 3/4 de la curva se aterriza, y como se lleva gran velocidad el autogiro derrapa por el suelo llenándose al exterior, lo que impresiona bastante, pero la maniobra es muy segura por lo siguiente:

Aunque estamos en el suelo por falta de tracción del rotor, sin embargo estamos casi al límite de volar, por lo que el peso real del autogiro se ve aligerado, por eso derrapamos, las ruedas no pisan con firmeza, y el derrape en realidad es como el movimiento de un péndulo estéril, que no nos deja volcar. (Nuestra pista es de tierra, lo que permite este derrape. Si esta fuese asfaltada o de otro material, las ruedas, aunque apoyan con muy poco peso, se agarrarían más, haciendo la maniobra más peligrosa).

Además, el efecto del derrape hacia el exterior hace aumentar rápidamente la velocidad del autogiro (en esta fracción tan pequeña de tiempo el coche no tiene posibilidad de acelerar), lo que nos "aligera" aun más, y nos saca al aire.

Tras tres o cuatro vueltas por cabeza, salían bastante bien, permitiéndonos proseguir el vuelo con toda comodidad.

Unas notas adicionales sobre el viento y su dirección e intensidad.

Las primeras pruebas hay que hacerlas con el viento perfectamente alineado con la dirección de vuelo. Esto tiene ventajas pero también inconvenientes.

Supongamos que para volar con un piloto de peso determinado, el autogiro debe tener una velocidad respecto del aire de 50 km/h, es decir, la velocidad indicada debe de ser de 50 km/h. Si tenemos un viento de cara de 20 km/h, es suficiente que el coche se desplace a 30 km/h para tener una velocidad indicada de 50 km/h. Si no hubiese nada de viento, el coche se debería desplazar a 50 km/h,

que aunque no es incrementar mucho la velocidad, cuando se va encima del autogiro nos parece que vamos "lanzados". Además, en caso de accidente, la velocidad de impacto con el suelo es la de el coche, y es más seguro "estrellarse" a 30 km/h que a 50 km/h.

El inconveniente aparece en el otro largo de la pista, en el que tendremos el viento de cola, por lo que para alcanzar la velocidad indicada de 50 km/h, el coche debe desplazarse a 70 km/h, velocidad muy elevada, impone mucho, se vuela más inestable, y en el mejor de los casos, el tiempo de vuelo es muy corto, ya que al desplazarnos tan rápido agotamos la pista casi sin darnos cuenta.

Lo mejor durante el aprendizaje es hacer este largo rodando por la pista, con cierta velocidad (35 km/h) y con el rotor inclinado totalmente hacia atrás para evitar que caigan las vueltas. Así, al iniciar el largo con viento de cara tenemos el rotor lanzado y lo podemos aprovechar al máximo.

Los días con viento cruzado también son aprovechables, y en esta situación los dos largos son más parecidos, ya que la suma-resta de velocidades que veamos antes tiende a igualarse en una velocidad intermedia. Cuanto más cruzado esté el viento, menos diferencia de velocidad habrá entre un largo y el otro. Si el viento está a 90°, la velocidad de ambos largos será la misma, en este supuesto aproximadamente 46 km/h de coche, algo rápido pero no excesivamente. Los dos largos son prácticamente idénticos y se pueden disfrutar.

Con viento cruzado derivaremos ligeramente, lo que se corrige mandando alabeo. Se puede corregir también con timón, pero este mando es menos efectivo por la poca velocidad (tampoco hay el soplido de la hélice del motor) y por que la tracción de la barra tiende a alinear el autogiro con el coche.

Así, comparativamente, con viento alineado, tenemos que corregir menos posibles derivas, pero los dos largos son de características bien distintas, mientras que con viento cruzado, aunque hay que corregir, los dos largos son más parecidos

en la velocidad de despegue, velocidad de vuelo, distancia de despegue, etc.

Como resumen, en los primeros vuelos elegir un día con viento moderado, perfectamente alineado con la dirección de la pista y hacer solo el largo con viento en cara. Cuando tengamos más práctica, podremos volar con cualquier dirección de viento, adecuando la velocidad del coche según el largo.

Lo principal es tener un viento constante en velocidad, sin ráfagas, y sin cambios de dirección.

Cuando se tiene más práctica, volar en un día de viento fuerte es una experiencia curiosa, ya que en el largo de cara, el coche podrá ir muy despacio, y volaremos casi estacionario, una sensación muy placentera.

En cuanto a la longitud de la barra, recomendamos que sea lo más larga posible, pero no tanto que flexe y se cimbree. En contra, a priori, está nuestro instinto, en un primer momento nos parece que cuanto más corta sea será más seguro, pero esto no es así.

Nosotros comenzamos con una longitud de 3,65 m y vuelo a vuelo fuimos alargando hasta quedarnos sin barra a 7 m.

Las ventajas de la barra larga son las siguientes:

- Estamos más lejos del coche, y el flujo de aire sobre el autogiro es mayor y menos turbulento, por lo que se lanzan mejor las palas y el vuelo es más estable (en pista de tierra tragamos también menos polvo).

- Para los mismos desplazamientos, el ángulo que toma la barra es menor.

- La fuerza que ejerce la barra, la podemos descomponer en una horizontal, que debe ser igual a la resistencia aerodinámica del autogiro, y otra componente vertical, que tira de nosotros hacia abajo (tiende a poner la barra horizontal), comportándose como si fuese un peso extra cargado sobre el autogiro.

Cuanto más larga sea la barra, esta componente vertical será menor, el peso extra será me-

nor, necesitaremos menos sustentación, por lo que podemos volar más despacio. Ya hemos dicho que volar despacio es más seguro.

(En general, la fuerza que nos tiende a alinear con la dirección de vuelo será menor cuanto más larga sea la barra, por lo que en fase de maniobras es especialmente favorable aumentar su longitud).

Como consejo final, hacer las prácticas con la mayor prudencia y sentido común, pensando en los descansos todo lo que se hace, detalladamente, recapacitando sobre los errores cometidos.

Grabarse en video es muy instructivo, ya que se aprende más rápido viendo los propios errores que imaginándotelos a partir de lo que te cuentan. Si aprenden varias personas es muy útil comentar todas las incidencias y maniobras ejecutadas, de este modo se agiliza el aprendizaje.

Conviene tener varios ayudantes, ya que facilitan todas las operaciones y dan mayor seguridad, pero sin embargo no conviene tener público (al menos en los vuelos iniciales), sin él estaremos más centrados.

Ante todo actuar con la máxima seguridad y buenos vuelos.

En caso de que las explicaciones no hayan sido lo suficientemente claras, existan dudas, comentarios, sugerencias, detectéis algún error, etc, no dudeis en poneros en contacto con nosotros, estamos a vuestra disposición.

Emilio Lopez Alemany.  
Mario Ramonell Garcia.  
Mario Ramonell Velázquez.  
Angel Serrano Martinez.

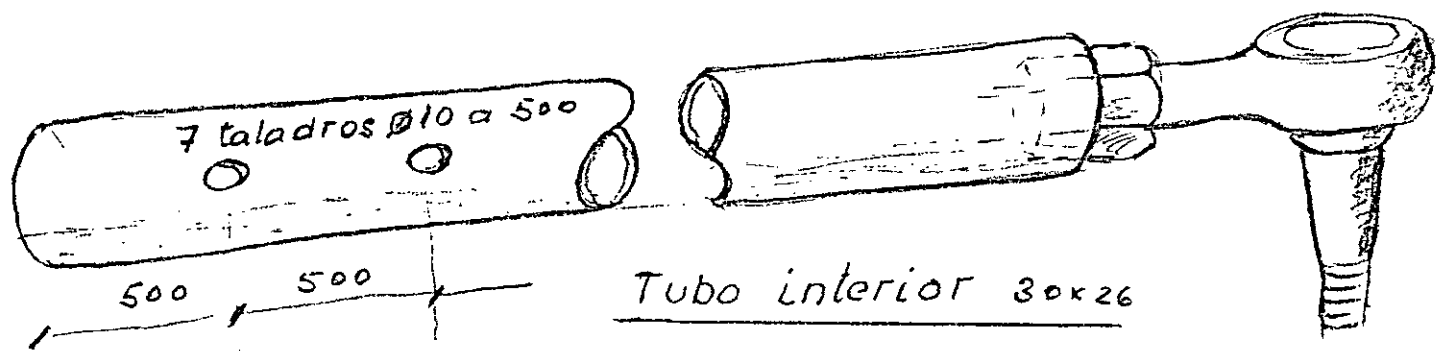
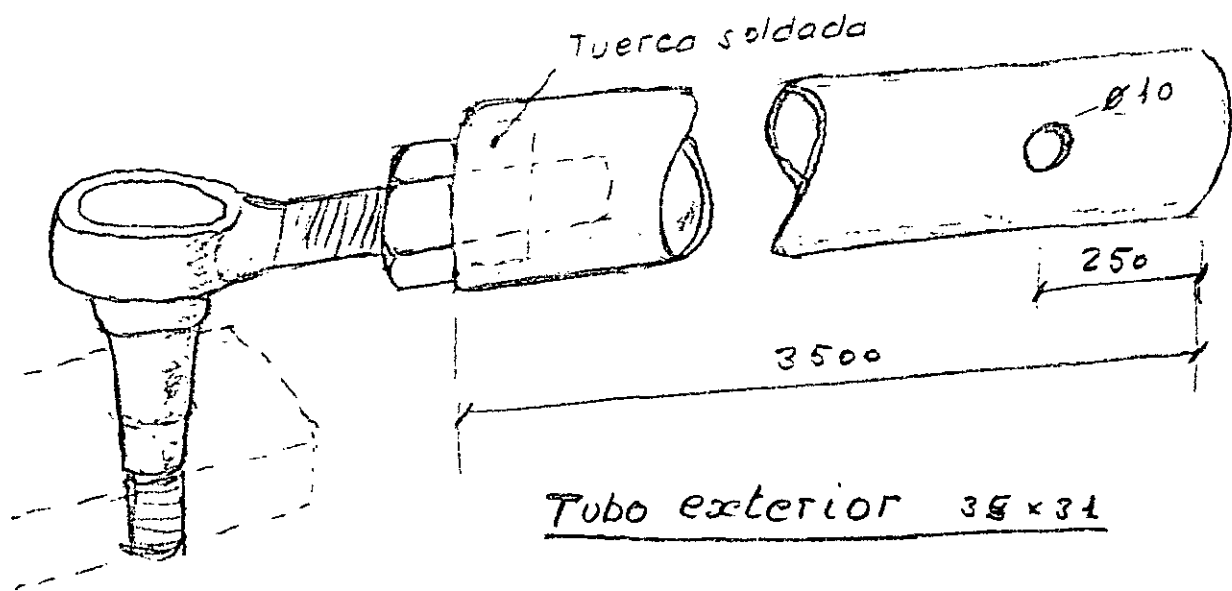


Fig - 1

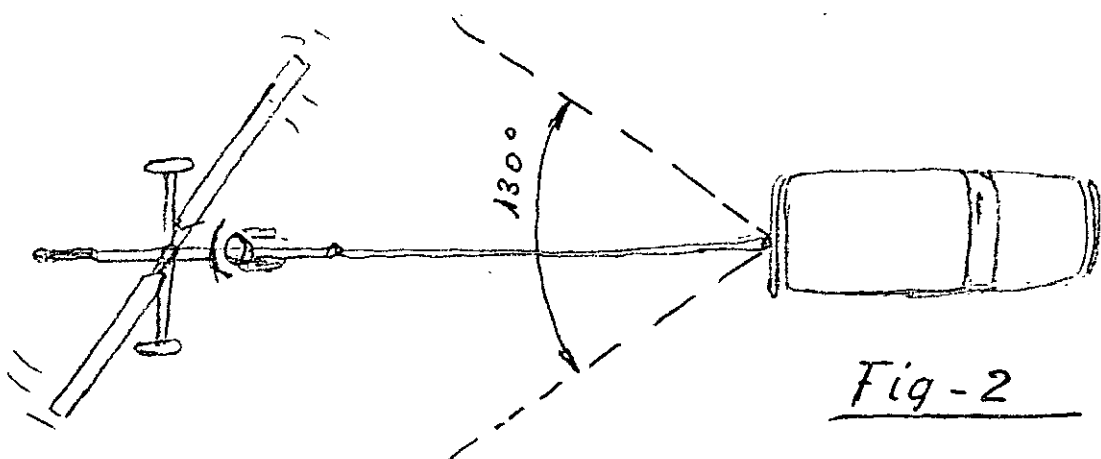
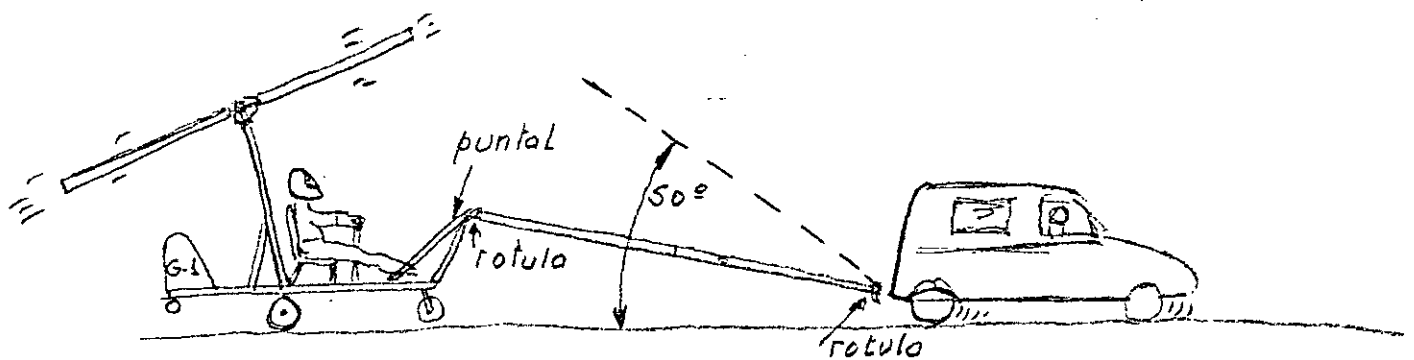


Fig - 2

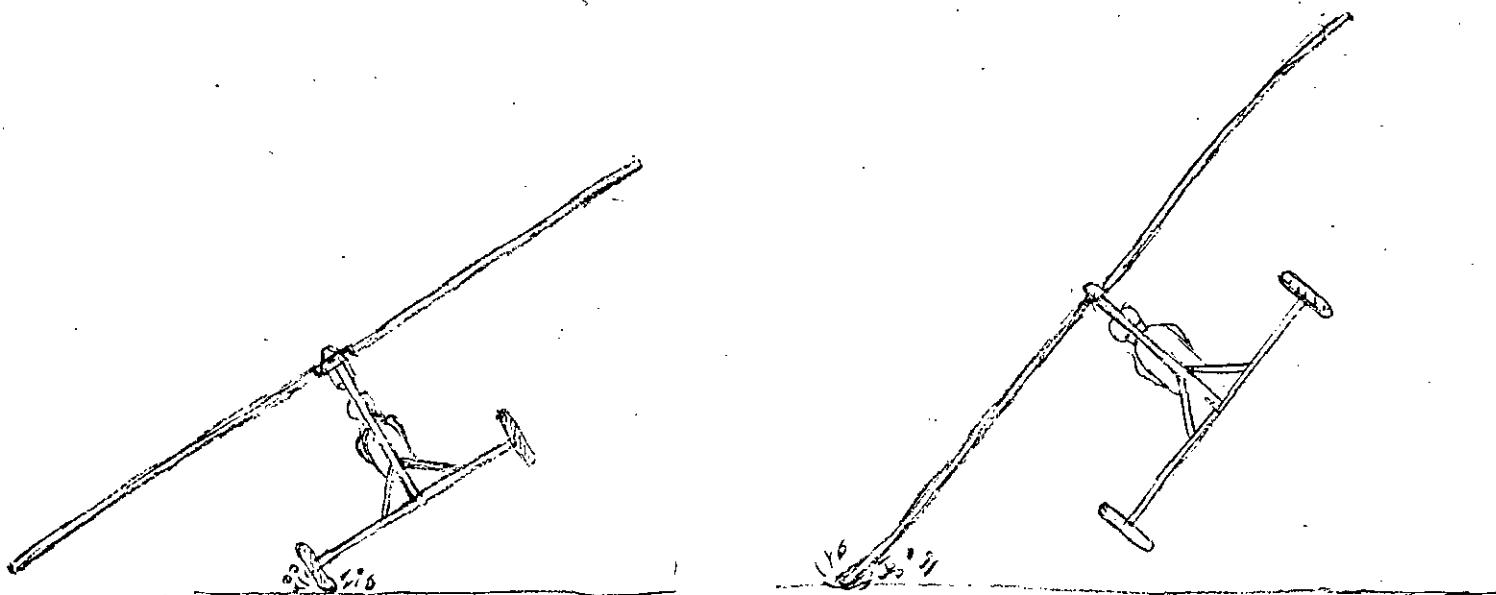


Fig - 3

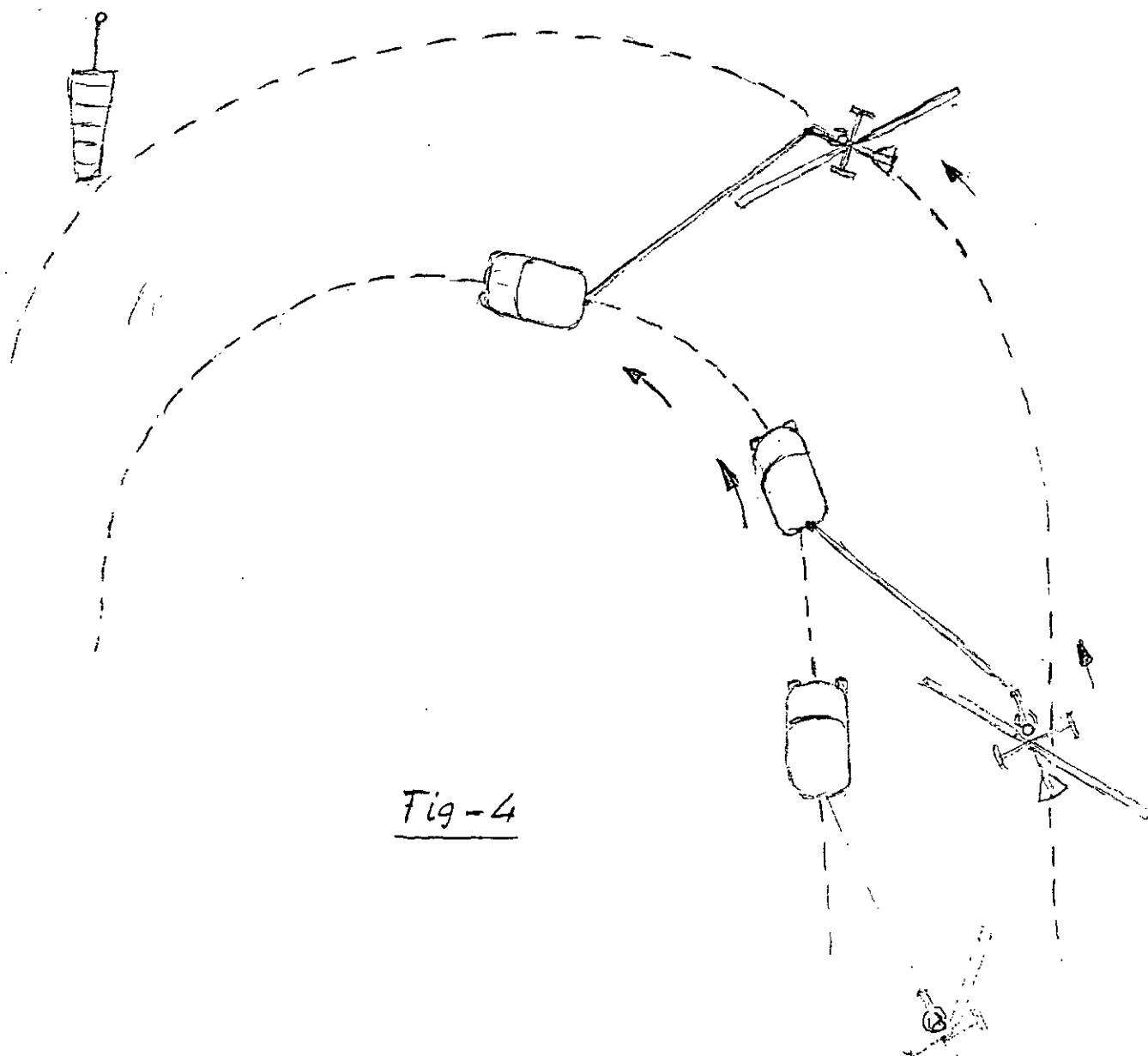
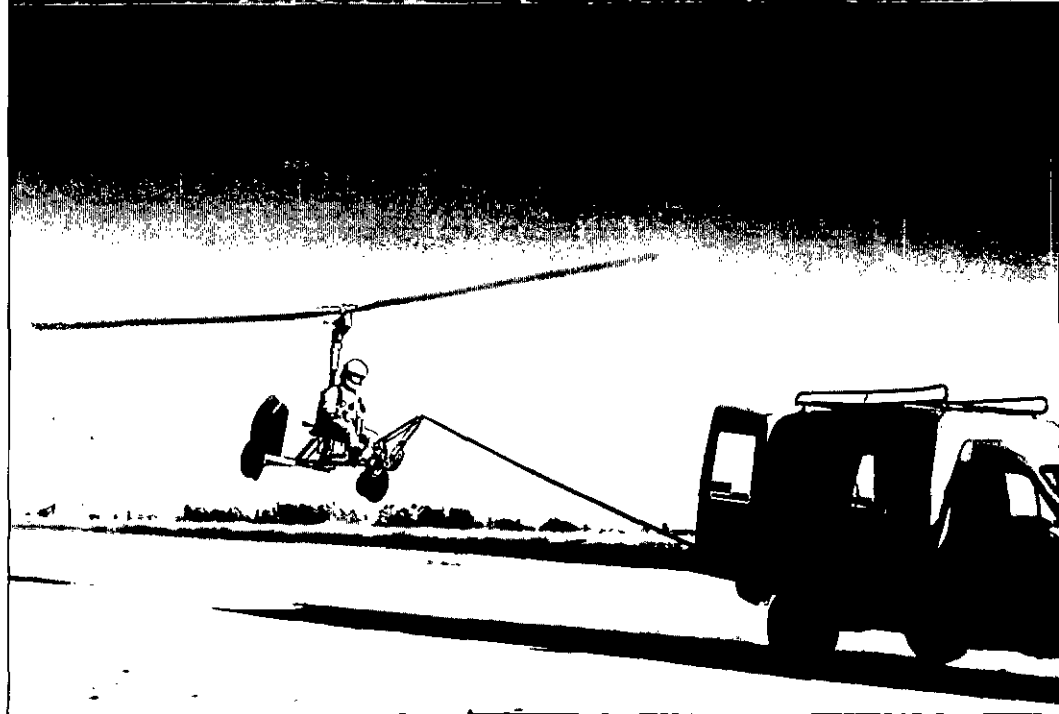
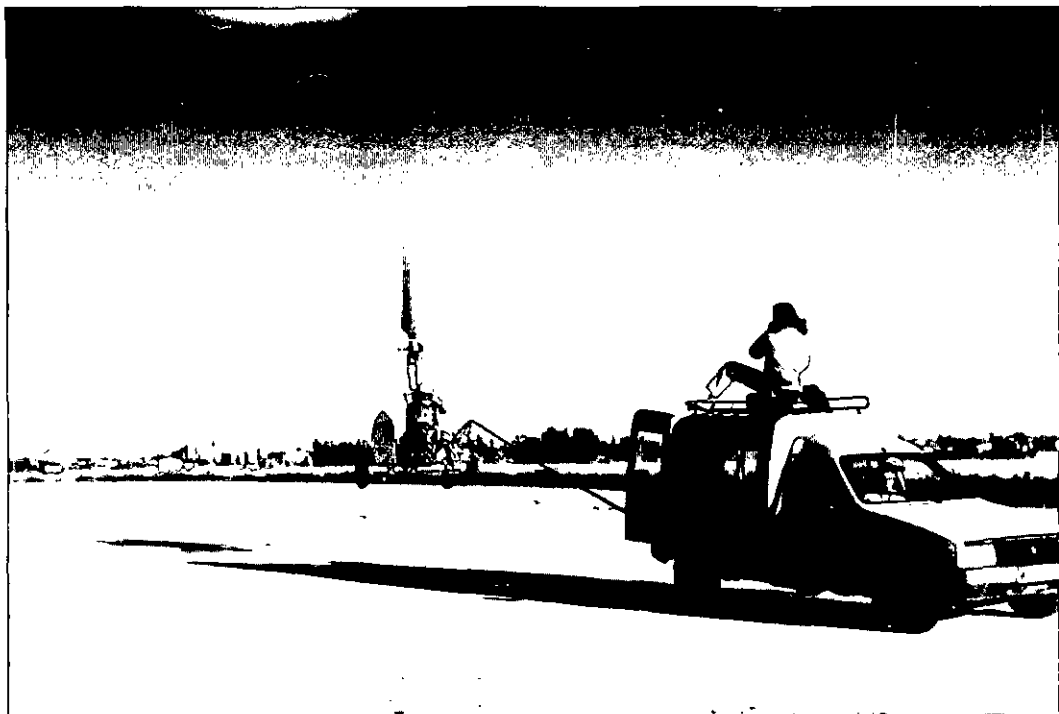


Fig - 4



# Manual del Vuelo

## AUTOGIRO

J. L. Villar



# SISTEMAS DE AVIACION

c-1988



TODO TIPO DE CRITICAS Y COMENTARIOS CONSTRUCTIVOS SERAN BIENVENIDOS E INSTO DESDE AQUI A TODOS AQUELLOS QUE VUELAN EN CUALQUIER TIPO DE MAQUINA A QUE TOMEN INICIATIVAS PARECIDAS.

SI CONSIDERAS QUE CUALQUIER OTRO LO HUBIESE HECHO MEJOR QUE YO... NO ME CRITiques A MI, CRITICALES A ELLOS.

AGRADEZCO DESDE AQUI A TODOS LOS AMIGOS DE LA ASOCIACION DE LA AVIACION EXPERIMENTAL POR SU INESTIMABLE APOYO Y AYUDA.

MUCHOS Y FELICES VUELOS A TODOS:

J.L.Villar



Jose



Luis



Villar



Rodrigo

Avd/Monforte de Lemos-73

MADRID 28029



## MANUAL DE VUELO AUTOGIRO DE IBOR BENSEN

Ciertamente hay muchas formas de aprender el vuelo autogiro, tantas como aficionados. pero solo hay una avalada por la experiencia de muchas horas de vuelo: primero practica del vuelo sin motor ( con este desmontado del aparato ), despues pasar al vuelo con motor. Dentro de la primera existen varias subfases al igual que en la segunda. Pasemos a analizar cada una con detenimiento.

### PRACTICAS SOBRE SIMULADOR DE ROTULA

La finalidad de estas practicas es la de acostumbrarse a las reacciones que el rotor en movimiento tiene cuando se mueve el baston de control. Para entrenar sobre rotula, es necesario un viento suficiente para que las palas adquieran un regimen de 100 a 150 r. p. m.

Procedimiento:

1- Orientar la proa del aparato cara al viento y fijarla fuertemente, por medio de una cuerda apropiada ( debe de ser capaz de soportar una traccion de 500 Kg ) a un punto del suelo alejado de la maquina de 3 a 4 metros.

2- Con el baston de control en posicion neutral, iniciar la rotacion del rotor con la mano derecha empujando sobre el borde de salida de la pala lo mas cerca posible del eje de giro.

3- Progresivamente, incrementar el angulo de ataque de las palas moviendo el baston hacia detras, desde el asiento, hasta el tope, con lo que se consigue la maxima aceleracion para la velocidad del aire existente. Si el rotor cabecea y se resiste a alcanzar el regimen, regresar el baston a la posicion neutral e intentarlo de nuevo.

4- Ya con el rotor girando sin traqueteos extraños, con los pies apoyados sobre el suelo, mover el baston para sentir la reaccion del rotor sobre la maquina. Hacerlo tantas veces como se necesite, hasta lograr levantar los pies del suelo balanceando el aparato con el solo uso del control sobre el rotor. Primero, practica el balanceo longitudinal. Despues, incluir el transversal. Y por ultimo practicar ambos movimientos combinados hasta que se hagan con seguridad y sin esfuerzo mental. NO TRATAR DE VOLAR HASTA QUE SE DOMINEN TODOS LOS EJERCICIOS. El entusiasmo estimula la imprudencia.

### ENTRENAMIENTO CON VIGA DE ARRASIRE

Cuando no haya viento suficiente, se practica con viga y remolcado con un coche. El aparato convenientemente adaptado para este entrenamiento, no podra elevarse por encima de los 90 o 100 cm. del suelo.

Lo mas importante del vuelo remolcado por viga, es su seguridad. Tolera aterrizajes bruscos y de lado sin consecuencias. Es mas economico consumir unas horas entrenando con la viga que arriesgarse a romper las palas del rotor.

La mayor preocupacion del piloto debe ser conservar la linea con el coche y la viga. No obstante, si no se logra, no volcara como ocurriria con cualquier otro aparato volador.

El simulador con viga aporta una nueva sensacion que con el simulador de rotula no es posible sentir : Con cada accion del baston se acompaña una oscilacion pendular. Es una importante asociacion que se aprende practicando. Si se inclina el rotor a la derecha, la maquina se balanceara a la izquierda y deriva a la derecha y viceversa. Por lo tanto el piloto puede practicar el arte de la " anticipacion " hasta dominar con el control de la inclinacion, el efecto de la deriva y el balanceo.

Entre el movimiento del baston y la reaccion hay unos segundos de demora. a diferencia de los aviones de planos fijos, en el autogiro y helicoptero, el fuselaje esta suspendido de la superficie de sustentacion que genera el rotor, por una union universal. De ahí que haya un retraso entre el instante en que el piloto aplica un movimiento de control y en el que reacciona el fuselaje. Hay que aprender a anticiparse a la reaccion de ese retraso en el gobierno de la maquina, dando un impulso en el sentido contrario instantes despues de haber dado el primero de control.

Indudablemente es necesaria la anticipacion. Familiarizarse con ello. Bombear el baston, congelar el control para adelantarse a las oscilaciones. Esto es una de las enseñanzas mas importantes a asimilar.

## **PRACTICAS DE VUELO CON CUERDA DE ARRASIRE**

Despues que se haya practicado lo suficiente con la viga, se pasara a los entrenamientos con cuerda remolcados.

Todos los entrenamientos iniciales, deben de hacerse con viento en calma o que no superen los 8-10 Km/h. Evitarlos si el viento es racheado o de costado. Despegar siempre contra el viento si lo hubiere. En etapas mas adelantadas, no entrenar si las rafagas de aire son superiores a 15 Km/h.

Establecer un sistema de comunicacion entre conductor y piloto de señas, claro y con significado previamente convenido. Estas observaciones deberan tenerse tambien en cuenta para los entrenamientos con viga.

Procedimiento :

1-Practicar el ejercicio de colaboracion y remolcado sin el rotor y aprender a usar el freno y el gobierno de la maquina en el suelo con seguridad. Las velocidades por encima de los 30Km/h (velocidad del vehiculo relativa al suelo) son peligrosas si no se lleva en rotacion el rotor y deben evitarse.

2-Repetir el remolcado con rotor y girando pero despacio. El rotor debe de girar a un regimen aproximado de 250-300 r.p.m. durante esta prueba. Observar como el rotor responde a los movimientos de la palanca de control. La velocidad del aire no debe exceder nunca de 30 Km/h. Esto significa que si el aire lleva una velocidad de 10 Km/h la del coche sera de 20 Km/h.

3-Practicar inclinaciones de la cabeza del rotor sin que este golpee el soporte

4-Aprender a acelerar el rotor hasta su velocidad maxima de regimen de vuelo en dos etapas: Primero a 20 km/h donde el rotor se mantiene a velocidad baja o intermedia, y segunda, por encima de los 30 Km/h donde se adquiere el regimen maximo. No intentar superar los 20 Km/h mientras el rotor permanece girando despacio porque frenara la aceleracion y golpeará sobre el soporte traqueteando peligrosamente. Es muy importante la conjuncion entre el conductor del coche y el piloto. Por ejemplo si el acuerdo es que no se eleve y el conductor ve que lo hace, debiera reducir la velocidad y controlar la bajada del aparato. Si el descenso es muy rapido, debiera incrementar la velocidad para evitar un posible contacto con la tierra brusco. El conductor, debe intentar mantener una velocidad del aire uniforme. En este tipo de vuelo y durante el aprendizaje, el entendimiento entre el piloto y el conductor es esencial. Hay que tener en cuenta que la velocidad del aire es lo mas importante. Si el piloto es de "peso medio" el aparato se elevara a 30 Km/h. Asi pues, vigilar cuando el anemometro marque esta velocidad y no permitir que se eleve por encima de los 90 cm. del suelo.

5-Con el rotor en regimen proximo al de vuelo, incrementar el angulo hasta que bascule la cola que indica la proximidad del despegue. Aprender a dominar el balanceo longitudinal. Sin incrementar la velocidad del aire, tirar del baston hacia si y bascular la maquina elevando la rueda de morro. Despues, empujarlo hacia adelante para que baje de nuevo. Practicar este balanceo elevando ambos extremos sucesivamente. Esta practica sirve para darse una idea consciente de como responde el rotor a nuestra demanda en altitudes de seguridad, o mejor dicho, rozando el suelo.

Evitar que los pies tuerzan involuntariamente la rueda giratoria del morro y provoquen un bandazo al tocar tierra. Despues de que se este satisfecho con las practicas anteriores, iniciar cortos vuelos.

6-Incrementar la velocidad del aire a 40 Km/h y con el baston de control elevar la rueda de morro pero manteniendo la cola en contacto suave con el suelo.

Evitar movimientos transversales del baston mientras las ruedas principales esten en contacto con el suelo aunque la maquina no este alineada con el centro del coche. Inclinar el rotor hacia un lado no resolvera el problema cuando la maquina este rodando por el suelo pero sera la causa de que al despegar derive hacia ese lado. Prestar especial atencion para no desviar el baston lateralmente mientras se manipula para despegar y las ruedas principales sigan en el suelo.

Despues que las ruedas principales se hayan elevado, neutralizar el baston rapidamente para evitar una mayor inclinacion y ascenso rapido. Cuando el aparato este completamente en el aire, reducir la inclinacion del rotor y aterrizar. Aprender a dar "saltos de rana". Intentar hacerlo muy despacio tocando el suelo elegantemente con solo unos segundos en

el aire. Este ejercicio enseña a valorar los movimientos longitudinales del baston requeridos para obtener un control preciso.

Atencion con el control transversal y mantener el aparato nivelado durante el aterrizaje. Sobre todo, evitar los descensos inclinados. Aterrizar rapidamente si el desvio es de mas de metro y medio de la linea de arrastre. Ejercitar la "rana" al menos 7 veces durante periodos de media hora cada vez antes de elevarse por encima de un metro de altitud.

ES ABSOLUTAMENTE NECESARIO ESTE ENTRENAMIENTO.

### **PRACTICAS DE VUELO CON CUERDA DE ARRASIRE (Finalmente los vuelos altos)**

1-Dar dos vuelos a lo largo del circuito a baja altitud con una velocidad del aire de 55-60 km/h. Se observara que volando a velocidades altas, el control se vuelve mas sensible y la maquina se hace mas estable y facil de controlar. En un momento se sentira un mayor relajamiento y la mano gobernara la empuñadura del baston casi automaticamente. Este es el primer signo de que la maquina ya esta "sometida" como ocurre al dominar una bicicleta. Ahora, ya se esta listo para las alturas y pronto se podra empezar a hacer maniobras deliberadamente: hacia la derecha, a la izquierda, en "S". Estos se llaman Ejercicios de Coordinacion en el Arte de pilotar. Para dominar estos ejercicios, mantener una velocidad cte. de 65-70 K.h.

2-Practicar los ejercicios descritos a una velocidad de 65 K.h.

3-Empezar a subir y bajar como en un tobogan. Primero, lentamente, despues, poco a poco mas rapido hasta 65 K.h.

4-A metro y medio de altitud, incrementar la velocidad del aire de 10 en 10, a 95-100 K.h. para aprender a tomar el pulso al aparato a altas velocidades.

Coordinar siempre los aterrizajes con el conductor del coche para que la velocidad del aire no exceda de 30 K.h. hay que evitar las velocidades altas en los aterrizajes y se debe poner especial atencion en no tocar primero con la rueda de morro.

### **RESUMEN DE UN VUELO REMOLCADO TIPICO**

#### **Etapas:**

a) Inspeccion esmerada e ineludible de las partes importantes de la maquina. Estado de las palas, tornilleria, elementos estructurales, ect.

b) El coche y el GIRO-PLANEADOR se ponen en linea contra el viento y con una separacion tal entre ambos que la cuerda quede tensada.

El piloto debe ser visto por el conductor para que pueda seguir en todo momento las instrucciones de este.

c) Despues de hacer una prueba de resistencia de la cuerda tirando de ella fuertemente desde el autogiro, empezar a hacer girar el rotor con la mano derecha mientras que con la izquierda se sujeta el baston en posicion neutral.

d) Cuando el rotor alcance la velocidad maxima que con la mano se le puede imprimir, sentarse en el asiento y dar la señal para que el conductor inicie el arrastre. Este, observando el anemometro, acelerara el coche hasta que indique una velocidad de 20 k.h. que mantendra.

e) El piloto mientras el rotor gira timidamente, incrementara su inclinacion gradualmente hasta el tope para que la velocidad de giro se incremente a unas 60 r.p.m. En esta operacion es imprescindible que el rotor no golpee su soporte.

f) Cuando las puntas de las palas EMPIECEN A SONAR, el piloto dara la segunda señal y el coche acelerara a 30-35 K.h. El rotor continuara incrementando su velocidad hasta que la maquina levante la proa.

g) El piloto mantendra en la posicion de maximo angulo el baston durante unos segundos y lo regresara hacia la posicion neutral para mantener justo rozando la cola sobre el suelo y dara la tercera señal. NO HARA NADA HASTA QUE EL COCHE ACELERE RAPIDAMENTE A 50 K.H.

La maquina despeg a los 40 K.h., asi pues, el piloto, inmediatamente inclinara el rotor hacia delante para mantener una altura estable no muy elevada hasta que el coche alcance la velocidad tope de vuelo que puede ser de 65 K.h. (velocidad del aire) con lo que el giroplano dispondra de reserva suficiente para maniobrar.

Salvo que el piloto no indique otra cosa, el conductor mantendra la velocidad de 65 K.h. cte. durante el paseo vigilando el anemometro.

Hay que evitar los vientos de espalda y laterales si exceden los 12 K.h.

h) Cuando el piloto se disponga a aterrizar, bajara a 30 cms del suelo y solo entonces dara la señal para que el coche reduzca la velocidad.

i) Mientras el conductor decelera, el piloto se mantendra a esa altura pulsando el baston hacia atras mientras la velocidad sea suficiente para mantenerse en el aire.

j) Elevando hasta el tope el baston y cayendo la velocidad del aire a 30 K.h., el autogiro, rozara el suelo con la cola. Segundos despues, las ruedas principales rodaran por el suelo y el piloto neutralizando el baston hara que baje la rueda de morro. La velocidad del aire en ese momento no es mayor de 10 K.h.

Si se desea despegar de nuevo, mantener el baston totalmente atras para mantener en rotacion las palas mientras se es remolcado despacio.

### DIEZ MANDAMIENTOS

1) No aterrizar de lado ni girado.

2) No reducir la velocidad del coche ni frenar mientras la Máquina se encuentra por encima del metro de altitud.

3) No usar una cuerda vieja que no se pueda estar seguro de su resistencia. Debe de ser capaz de soportar 600 kg. con

seguridad. Evitar roces peligrosos en las ataduras.

4) No volar sin gafas ni casco

5) No permitir que nadie se acerque al rotor mientras este gira. Especial atención a los niños y perros que deberán mantenerse a prudente distancia. PARAR EL ROTOR COMPLETAMENTE si se ha de acercar alguien o se baja del asiento. Nunca, NUNCA, debe permitirse que el rotor gire por el viento sin estar el piloto en el asiento de la Máquina. El rotor debe estar atado, para evitar que se ponga en rotación cuando no hay nadie en el asiento, así como el baston de control.

6) No elevarse a más de un metro durante los vuelos preliminares. Esto es de especial atención a los pilotos de aviones. Si el piloto no se mantiene a esa reducida altura, el conductor debe reducir la velocidad para hacerle descender.

7) No olvidar que el conductor del coche debe conocer las técnicas de volar y en que se fundamentan las teorías de la enseñanza.

8) No dejar el aparato a otra persona que no haya estudiado con aplicación el Manual de Vuelo o que le haya visto personalmente como lo hace.

9) No volar rapido con la cuerda muy angular (a mas de 75 km/h ). La cuerda incrementa las ondulaciones con las velocidades altas del aire. Esto hace que comience a agitarse sometiendo a indeseables fatigas la estructura del aparato.

10) No hacer aterrizajes a velocidades altas.

Aterrizar de lado produce la misma acción en las ruedas que en las de un coche cuando patina. Es una situacion inestable que en pavimento duro y seco podria provocar el vuelco de la Máquina.

Es condición indispensable la de mantener una velocidad mínima para poder mantenerse en el aire. La primera reacción es la de tratar de mantener la altitud tirando del bastón hacia atrás para aumentar el ángulo de incidencia del rotor. En efecto una vez en el aire, puede mantenerse el vuelo a velocidades inferiores a 25 Km/h. Pero si el autogiro se apoya en el suelo en estas condiciones, el rotor puede tocar el suelo. Lo correcto es, si el coche reduce la velocidad por alguna razón, o por un momento desciende la velocidad del aire, o se rompe la cuerda, mover el bastón hacia delante. Sólo cuando la Máquina esté a 60 o 90 cms. del suelo debe inclinarse el rotor hacia atrás totalmente. Esto produce un "descuelque" que es típico en las máquinas de alas rotativas. Con un poco de práctica se obtendrá la sensibilidad sobre el bastón suficiente para lograr un perfecto "descuelque". En todos los casos, la cola debe tocar primero el suelo y a continuación, las ruedas principales. Si se tira del bastón bruscamente antes de consumir la velocidad, la Máquina se elevará de proa demasiado pudiendose romper las palas por golpear el suelo por la parte de atras. En días de viento, se puede aterri-

zar en vertical; sin ningún desplazamiento. Cuando se hacen estos aterrizajes, no olvidar de "descargar" de sustentación inclinando completamente el rotor hacia delante, inmediatamente de tocar tierra.

## **EJERCICIOS DE APITUD**

### **1-PRUEBA EN TIERRA**

Remolcado a 35 Km/h, girar, parar, soltar la cuerda de arrastre, frenar hasta la parada sin desviarse, con el rotor parado y girando.

### **2-PONER EN MOVIMIENTO EL ROTOR Y VUELO NIVELADO**

Iniciar la aceleración del rotor con una velocidad del aire inferior a los 25 Km/h. Despegar. Volar recto y nivelado a 1.5 metros de altitud sin bajar ni subir más de 60 cms. Hacer contactos cada 15 metros en lugares determinados de antemano. Cuatro vuelos. Dos, deben ser con viento de lado (menos de 15 Km/h).

### **3-ASCENDER Y DESCENDER**

Usando una cuerda de 25 metros y situandose exactamente detras del vehiculo, subir la maxima altitud. Pausa. Descender a 1.5 m del suelo. Repetir cuatro veces con una velocidad de 65 Km/h.

### **4-DERIVA E INCLINACION**

Mantener una altitud estable de 1.5 m. Balancearse y derivar a la derecha 7.5 m. de la linea de arrastre. Pausa. Volver a la linea de arrastre. Pausa. Balancearse y derivar a la izquierda con la misma distancia. Volver al punto de partida. Repetir tres veces a 65 Km/h.

### **5-MANIOBRAS DE COORDINACION**

Mantener una altitud de 1.5 m. Hacer una elevación derivando a la derecha subiendo máximo a 6 m. Regresar a la linea central de arrastre. Repetir hacia la izquierda y volver a la situación de partida. Hacer la maniobra en sentido inverso. Ejecutar correctamente una linea helicoidal con una velocidad del aire de 65 Km/h.

### **6-PRECISION Y CONFIANZA**

Todos los aterrizajes deben de ser impecables y directamente detras del coche, con viento y viento cruzado.

## **VUELO LIBRE**

Para practicar el vuelo libre se necesita tener acreditadas no menos de 25 horas de vuelo remolcado. Hay que tener en cuenta que con esta modalidad, el autogiro se convierte ya en una aeronave propiamente dicha, y el que lo maneja en un piloto lo que condiciona a unas exigencias de seguridad y pericia.

Empezar haciendo cortos "saltos de rana". A bajas altitudes y remolcado a 70 Km/h mantenerse a 70-100 cms. del suelo y accionar el gancho de suelta liberando la cuerda de arrastre. Se notará como la máquina "flota" antes de tocar tierra.

Usar el timón de cola para mantenerse en la dirección del

aterrizaje. Atención a no dificultar la auto-orientación de la rueda de morro con los pies cuando esta toque tierra. En todo momento se debe actuar sobre el timón durante el aterrizaje si hay viento con componente lateral para orientar la quilla en el sentido de rodadura del aparato cuando la proa descienda a tierra.

Evitar el aterrizaje en vertical con velocidad cero permitiendo un pequeño desplazamiento sobre el suelo, en especial cuando hay viento de costado.

Hacer 10 o 15 aterrizajes dejándose caer desde una velocidad de 70 Km/h. Después incrementar la velocidad a 80 Km/h. y repetir los aterrizajes. Todo ello a una altitud de 30-60 cms. del suelo. Se notará que la flotación es más prolongada a altas velocidades. Vigilar el anemómetro durante el planeo y asegurarse de que la cola es la primera en tocar la tierra en los aterrizajes.

Ahora con una longitud de cuerda de no más de 25 m. elevarse por ejemplo a 9m. con una velocidad de aire en el arrastre de 70 Km/h.

Empezar a ejercitarse en el tobogán hasta que la cuerda tenga momentos en los que se afloja. En esos precisos instantes, soltarla y mantener velocidad de planeo a 70 Km/h. operando continuamente sobre el timón de cola para mantener la proa en dirección a la marcha. Cuando se llegue a 1.5 m de altitud, iniciar el descuelgue y tocar el suelo con la cola primero pero con algo de movimiento hacia delante.

No tratar de soltar la cuerda cuando esta tensa. El momento adecuado es cuando el autogiro "pica" y queda floja. Si esto no se consigue y se dispara el gancho cuando esta la cuerda tirante, el autogiro ejecuta un descuelgue en el aire perdiendo una preciosa velocidad horizontal.

Si la cuerda se rompe imprevisiblemente o el coche se para, el primer instinto debe ser bajar la proa para mantener la velocidad horizontal inclinando rápidamente el rotor hacia delante totalmente. Solamente cuando se este a 1.5 m se procederá al descuelgue.

#### MANUAL DE VUELO AUTOGIRO Entrenamiento de vuelo motorizado

---

Si se ha volado ya en el giroplano remolcado, se puede por si mismo acceder al manejo del Autogiro con un solo día de entrenamiento. Recuerdese que los pioneros de la aviación fueron expertos en el vuelo planeado antes de volar con máquinas con motor.

La nueva forma de volar será más fácil de asimilar si se es diestro ya en el manejo del giroplano. Sólo hay que entrenarse en el manejo de dos nuevos elementos: el Acelerador y el Timón de cola.

Sin embargo, hay algo nuevo que aprender, y tratándose de una máquina voladora, hay que prestarle la máxima atención y con una

responsable disciplina personal. Los descuidos tienen inexorables consecuencias. Proceder según se describe en el manual, es beneficiarse de la experiencia de miles de entrenamientos aprobados por la conocida Bensen. Otros procedimientos son impropios y pueden entrañar mayor riesgo.

Las etapas de entrenamiento, han de ser exactamente iguales para un piloto de aviones con 2000 horas que para el que no lo ha hecho nunca.

Cientos de personas han aprendido siguiendo las instrucciones del manual Bensen sin que se hayan registrado desgracias irreparables.

### ENTRENAMIENTO PRELIMINAR

Siguiendo las instrucciones del Manual de Vuelo Remolcado, vuelese con el autogiro, como si de un giroplano se tratara, sin poner el motor en marcha. Se necesitan al menos 2 horas de practicas de esta forma, para pasar a la etapa de vuelo motorizado.

Es necesario sentir que es tan sencillo y simple volar en el aparato como montar en bicicleta. Las manos deben de provocar movimientos correctos sobre el bastón de control sin que se tenga que razonar para ello.

De vez en cuando, hay que separar los ojos de la máquina, soltarse de una mano, contemplar el paisaje, mover los pies, y en general sentir un completo dominio sobre la máquina. Sólo entonces debe considerarse los paseos con el motor encendido.

Un mínimo de 5 horas de entrenamiento en el giroplano, debe preceder a esta nueva etapa que junto con las 2 horas con motor parado, hara el total de 7 necesarias para volar con motor.

Las mismas recomendaciones de seguridad y los diez mandamientos descritos en el Manual de Vuelo Remolcado, deben observarse en el entrenamiento de vuelo con motor.

### PRUEBA DE LA MAQUINA

-----

Cuando ya se pretenda iniciar el vuelo motorizado, lo primero que se hará es dar un recorrido de prueba, remolcado, a 70-90 k.h. para descubrir si aparece alguna vibración indeseable en el rotor a altas velocidades. Si esto ocurre hay que revisar el equilibrado y el "tracking". La técnica usada en los helicópteros para determinar el origen de las vibraciones, es el de observar que número de vibraciones se producen por vuelta del rotor.

El rotor fuera de "tracking" es usual que se manifieste con una oscilación o vibración por vuelta. Si el rotor se balancea, el bastón de control golpetea. Es seguro que el cuerpo de las palas y el mastil flexan. Cuando esto ocurre se manifiestan dos oscilaciones por revolución.

Si el aparato está debidamente construido, sólo aparecerán, eventualmente una vibración en el rotor que se este experimentando, que se manifestará dos veces por vuelta. Esto se elimina facilmente, doblando los flap convenientemente hasta que se haya eliminado la vibración.

## ENTRENAMIENTO CON MOTOR EN TIERRA

Elíjase un terreno llano y sin obstáculos de al menos diez mil metros cuadrados (una hectarea) y un día con viento por debajo de los 15 K.h. Usese casco.

1) Abrocharse el cinturón despues de haber arrancado el motor e iniciado la rotación de las palas con la mano, y empezar a rodar al ralenti. No exceder en ningun momento los 25 K.h. El ejercicio es sobre el dominio en la conducción de la máquina sobre el suelo gobernando la rueda de morro con los pies. No deben producirse derrapes durante las frenadas rápidas. Practicar a lo largo de una línea haciendo "ochos". Mantener constante la velocidad en los giros. Obtener precisión en el manejo.

Si se ha de frenar para reducir velocidad, hagase antes de iniciar los giros. No frenar girando ni antes de quitar gases al motor. Todos estos detalles son obvios, pero recuerde que hasta que no se hacen actos reflejos, debe razonarse sobre ellos.

Cada ejercicio debe repetirse como mínimo, 7 veces. Despues de practicar media hora los ejercicios de entrenamiento en tierra, descansar. Al cabo de una hora aproximadamente, se habrá devuelto al organismo la tranquilidad suficiente como para continuar con la capacidad de reacción recuperada.

2) Repetir los ejercicios anteriores pero conduciendo la máquina exclusivamente con el timón de cola y a una velocidad del aire de 25-30 K.h.

Cuando el rotor aumenta la velocidad se produce una considerable resistencia al avance que debe ser contrarrestada dando mas potencia al motor, lentamente, a la vez que se desplazan los pies del gobierno de la rueda de morro a los pedales del timón. Mantener la velocidad del aire.

Pulsar suavemente los pedales del timón, mientras se tantea la sustentación de la máquina con un efectivo control.

Volver a posarse firmemente sobre la tierra y practicar la conducción de esta forma rodando sobre la línea de referencia sin desviarse mas de 15 cm. sobre cualquier lado de la misma. Cuando se llegue al final del trayecto, primero reducir gases para disminuir la velocidad del viento, y despues, desplazar los pies sobre el freno y el gobierno de la rueda.

Mantener el rotor inclinado totalmente hacia atras para que conserve la rotación mientras se da la vuelta.

3) Incrementar la velocidad del aire a 30 K.h. dando mas potencia al motor. El rotor adquirirá mayor sustentación (recuerdese que la sustentación y la resistencia varían con el cuadrado de la velocidad) y de improviso se elevara la proa. Esta es la inequivoca señal de que la máquina esta próxima a ser aerea. Pero, en lugar de elevarse, la proa volverá al suelo. Esto no debe de extrañar: La inclinación del rotor hacia atras al elevarse la proa no sólo aumenta la sustentación, sino tambien la resistencia al avance, si no se compensa esta con mayor potencia del motor, la máquina vuelve a asentarse sobre la tierra. En la próxima tentativa se debe de tener esto en cuenta y estar al acecho. Es importante comprender la relación que hay entre la

sustentación y la fuerza necesaria del motor. Se debe de dar más gas al motor cuando el ángulo de ataque del rotor se incremente, o la velocidad del aire cae.

Es importante recordar esto porque sus efectos son idénticos cuando se está en el aire.

Después de incrementar la potencia para evitar que la velocidad del aire descienda, balancear la máquina hacia delante suavemente elevando la cola del suelo.

Rodar en esta posición con la proa y la popa suspendidas. Mantener esa postura sucesivamente, manipulando sobre el bastón con el control longitudinal y pulsando con los pies el timón de cola para conservar la dirección recta del aparato sobre la pista.

A velocidades bajas, el timón debe ser desviado hacia la derecha para compensar la torsión del motor (no del rotor). Los pilotos de avionetas están familiarizados con esta acción compensadora. A velocidades de crucero, esta deflexión, se logra automáticamente con el pequeño compensador del timón. No compensar esta deriva con el rotor, inclinándolo. Hay que mantener transversalmente vertical el bastón mientras se rueda. Practicar sobre dos ruedas durante media hora antes de pasar a la siguiente etapa (los vuelos motorizados), sin permitir oscilaciones en la velocidad del aire mayores de 10 K.h. Dejar lo que sigue para otro día.

#### VUELOS MOTORIZADOS

Finalmente, el gran momento llega: gozar sólo en el autogiro.

1) Se harán 2 o 4 vuelos remolcado para repasar los pasos realizados con los que se refrescarán los reflejos.

2) Incrementar la velocidad del aire a 50 K.h. Después de que se halla levantado la rueda de morro, mover el bastón hacia la posición neutral para que la cola quede rozando el suelo.

Torcer el timón hacia la derecha para mantener orientada la quilla compensando la torsión del motor. Dar algo más de potencia. El autogiro incrementará la velocidad suave e imperceptiblemente y sin sentirlo se habrá recorrido un largo trecho de pista, pero ya se estará en el aire. En esta situación no conviene excitarse. En evitación de un ascenso rápido, reducir gases. Mantener la máquina nivelada con movimientos laterales del bastón y gobernar la quilla con el timón.

Cuando se haya alcanzado un metro de altitud, reducir gases gradualmente (sin cerrar totalmente). Como es de esperar, el empuje decrece y la máquina volverá a posarse sobre la tierra.

Justo antes de que tome el suelo, hay que asegurarse de que sea la cola la que lo toca primero. Este primer vuelo enseñará dos lecciones importantes:

a-que para controlar la altitud, se usará el acelerador. El accionamiento se hará gradualmente y en pequeñas proporciones, nunca bruscamente.

b-los movimientos longitudinales del bastón de control, deben de ser usados solamente para controlar la actitud del aparato.

3) Repetir el primer salto 50 veces como mínimo para obtener un perfecto control. Este es el camino mas largo pero más seguro para aprender a volar. Para conseguir mayor confianza y seguridad, así como mayor precisión en su ejecución, incrementar gradualmente la longitud de cada vuelo. Al mismo tiempo, incrementar la altitud a 1,5 - 3 m.

Como el cerebro y los músculos comenzarán a acostumbrarse a permanecer volando en el autogiro, se mencionarán dos observaciones más que se deberán grabar en la mente como las lecciones c y d:

c-Para volar recto en el aire, no utilizar el timón sino el bastón, moviéndolo transversalmente. El desplazamiento lateral del autogiro se llama deriva y es de diferente naturaleza que las curvas en la tierra. Usar el bastón en sentido lateral para controlar la deriva, el balanceo y los giros.

d-Los pedales del timón son muy poco usados en el vuelo. Principalmente se usan para mantener la máquina orientada durante el despegue y aterrizaje. El timón controla sólo la guiñada. No es efectivo para producir giros. Para obtener suavidad y aterrizajes al final del recorrido, no reducir gases hasta que no se desciende de 1,5-3m a 30 cm. Se aconseja que se adquiera este buen hábito mientras se están aprendiendo las bases fundamentales. Una vez rodando por el suelo, pasar el motor al ralenti en evitación de que el autogiro pueda adquirir velocidad y altura de nuevo. Hay que recordar que en los vuelos de entrenamiento, se elegirá la velocidad del aire que menos potencia se demanda del motor 70 K.p.H.

Aunque sorprenda, se necesita más potencia volando por debajo de esta velocidad. Esta es la lección del vuelo motorizado:

e-Se necesita más potencia volando despacio que para despegar, y es preciso un empuje extra para volar habilmente despacio. ver gráfico abajo.

En cualquier caso, no se debe dejar de accionar el acelerador cuando se desciende para aterrizar. En todos los tipos de descuelgues, tocando primero la cola, descenderá la máquina a 10 K.h. atendiendo a la potencia del motor hay que evitar cortar los gases totalmente o manipular bruscamente el acelerador cerca del suelo, pues excesivas variaciones en el empuje de la hélice, produce fuertes picados y par de giro no teniendo el tiempo ni el espacio para compensarlos.

hay que asegurarse de que no se esta a más de 30-60 cm del suelo cuando se inicie el descuelgue. Y, en cualquier caso, se debe mantener un vuelo nivelado por debajo de los 30 K.h. El autogiro no se queda parado en el aire ni entra en pérdida. Continúa descendiendo hasta que toca tierra. He aquí, finalmente la importante lección f para el primer vuelo motorizado:

f-Los aterrizajes con descuelgues se hacen con una velocidad reducida de contacto y con corto desplazamiento sobre el suelo. Es independiente con la fuerza que se haga.

No se debe abusar el primer día. El progreso será más efectivo

si en toda la serie de trayectos cortos no se han superado los 3m de altitud. Dejar el entrenamiento para otro día. Hay que tomarse tiempo para asimilar la nueva experiencia. Los mayores errores durante las preliminares etapas del entrenamiento, antes de las 5 horas de vuelo motorizado, curiosamente las cometen los pilotos con licencias de vuelo en otro tipo de aeronaves.

### UELO MOTORIZADOS (cont)

Reanudando el entrenamiento, repetir a lo largo de la pista, despegues, vuelos cortos y aterrizajes con lo que se dispondrá de numerosas oportunidades para familiarizarse con el control del autogiro a baja altura.

Si el rotor tiene alguna anomalía durante los vuelos motorizados (vibraciones, lenta aceleración, ect.) es aconsejable que tales vuelos se hagan remolcando y planeando. La experiencia demuestra que es más fácil descubrir y eliminar la anomalía del rotor cuando el motor no interviene.

¡ Cuidado ! Mantener el rotor parado siempre, excepto cuando se pretenda volar.

Rodar con el rotor parado y nivelado.

No abandonar nunca el asiento hasta que el rotor no este completamente parado.

El rotor debe estar atado, así como el bastón de control.

### DETERMINACION DE LA VELOCIDAD LIMITE

Afortunadamente, se puede hacer a baja altura con razonable grado de seguridad.

Proceder como sigue:

1-Empezar con una velocidad de 70 K.h., vuelo nivelado y a una altitud de 1,5 m. El día elegido, ha de ser sin viento o de 8 K.h. como máximo.

2-En el vuelo a lo largo del trayecto, aplicar rápidos y momentáneos impulsos al bastón. Uno cada vez. Picando, girando y guiñando con el timón.

Comprobar si la máquina responde con rapidez y vibraciones.

Vigilar si las vibraciones o condiciones inestables persisten o permanecen despues de llevar el bastón a posición neutral. Si nada anormal ocurre, proceder al siguiente paso:

3-Repetir la prueba, incrementando cada vez en 7 K.h. hasta que aparezca alguna condición nueva sospechosa en la máquina. Vigilar especialmente la dureza del rotor ( agudo golpeteo vibratorio ) que hace diverger la acción cuando se le gobierna con el bastón aumentando el ruido. Esa es la señal de las limitaciones de las máquinas de alas giratorias a alta velocidad. Los límites del autogiro BENSEN se encuentran entre los 100 y 135 K.p.h. Depende del tamaño y peso del aparato.

4-Marcas con una línea roja en el anemómetro este valor

reduciendolo en un 10 % como margen de seguridad. En algunos casos, por ejemplo, en un día ventoso, el indicador de la velocidad podrá indicar una velocidad superior al límite marcado anteriormente. De ahí el margen previsto.

En días con vientos racheados, se debe ampliar el margen de previsión, por las alteraciones que sufrirá la velocidad.

Hay otras razones para incrementar este margen de seguridad:

En velocidades altas de avance sólo un factor dinámico produce tales limitaciones. La presión dinámica sobre las palas, se incrementa con un mayor peso del piloto, o mayor carga en el aparato. Golpes de viento, momentos de los giros, incremento de las r.p.m., ect. Sino hay ese margen del 10%, ante esas posibilidades, se estaría pegado al límite de velocidad máximo (VLM).

Después de hacer estas consideraciones sobre la VLM y la importancia del anemómetro, sigamos con el entrenamiento de vuelo.

-----

Una vez mas, hay que recordar que los vuelos de entrenamiento, hay que hacerlos en días con viento en calma o que no superen los 10 K.h. A primera hora de la mañana o a última hora de la tarde son los mejores momentos.

A) Hacer una serie de vuelos a 70 K.h. y a 3 m de altitud quitando los pies de los pedales del timón en el aire. Observar la dirección de la resistencia. Si no hay desvío frente a la dirección de la marcha, modificar el flap convenientemente.

B) Gradual y suavemente, inclinar el bastón lateralmente e iniciar el vuelo en "S". Se notará que el autogiro se orienta como una veleta a lo largo del ensayo casi instantaneamente siguiendo el ritmo de los cambios. Este ejercicio demuestra que, a diferencia de los aviones, el timón no tiene efectividad en los giros. Se usa fundamentalmente el mando cíclico lateral para iniciarlo, ejecutarlo y mantener el giro. El timón se usa sólo para ajustar el rumbo si la resistencia al avance, por una causa u otra, desvía el aparato de la dirección de marcha y durante los aterrizajes y despegues.

C) Regresar los pies a los pedales del timón y acentuar el balanceo en las "S", prestando estricta atención en mantener constante la velocidad del aire y la altitud.

D) Ascender a 9 m. No girar subiendo, pues la mayor potencia para ello se precisa para mantener la altitud. Es el momento de adquirir el hábito de dar más gas al iniciar los giros.

E) Completar en esa nueva altitud, las "S", haciendo un "8". No exceder en 15 o 20 grados la inclinación durante los giros, o durante los mismos se perderá altura.

F) Practicar los giros aproximadamente durante media hora.

G) Hacer una pausa de 15-20 minutos y evaluar lo aprendido. Durante ese tiempo no debe aventurarse el aprendiz, por encima de los 9 m. de altitud ni salirse del área de prácticas. Cuando todo esto se haga con seguridad, se debe aprender el vuelo característico de estas máquinas. Esta será la próxima lección.

### UELO EN AUTOGIRO-10

Empezar practicando el "tobogan" como se hizo con el giroplano remolcado.

- Elegir una velocidad fija, por ejemplo, 80 K.h. y elevarse a unos 9 metros.

- Inclinarse y empezar a descender pero manteniendo la velocidad del aparato reduciendo gases durante la etapa de descenso lo suficiente como para mantener la velocidad elegida de 80 K.h. Se establecerá una ausencia de empuje que situará a la máquina en una actitud de vuelo libre.

- Intentar planear sin el empuje del motor y hacer una caída a tierra sin variar el acelerador. Repetirlo 7 veces.

- Gradualmente, aumentar la altitud a 12, 13, y 15 metros. Estabilizar el vuelo y enderezar el curso sobre el circuito. Hacer cada uno de los aterrizajes sin empuje cuidando de que el motor no se pare. Utilizar solo el acelerador en caso de emergencia si el aterrizaje se hiciera mal.

- Hacer al menos 20 aterrizajes desde altitudes no inferiores a 30 metros. de estas características.

- Repetirlo 10 o más veces variando los gases durante el ascenso o en vuelo nivelado simulando retenciones por supuestas averías del motor.

- Entrenarse en bajar la proa para mantener la velocidad cte. Si se estima que se ha hecho ya suficiente sobre terreno llano y sin obstáculos y se tiene al menos 5 horas de vuelo motorizado, se está en condiciones de hacer la primera incursión fuera de la zona de prácticas.

-----

- Elevarse a 15 m. y dar una gran vuelta practicando el "8" permaneciendo a una altitud cte. desde el punto de partida hasta que se regrese al mismo completando el circuito.

- Manejando el acelerador tratar de aterrizar en el mismo punto donde se despegue, estudiando el terreno y lugar exacto para evitar un error de más de 6 metros. Mantener constante la velocidad del aire en 70 K.h. Cada uno de los aterrizajes debe hacerse con la potencia justa necesaria evitando los excesos.

- Practicar aterrizajes sin empuje del motor. Con la energía justa necesaria sin bajar las revoluciones de 1200 por minuto. El motor a bajas revoluciones, produce un efecto de frenado y el resultado es un excesivo periodo de planeo. Evitar hacer aterrizajes con viento de costado o de espalda. Como la rodadura del autogiro es corta, siempre se podrá hacer cara al viento en algún lugar llano si se busca, sin ninguna dificultad. La rodadura no es de más de 6-12 metros.

Como la referencia de la tierra se hace menos precisa al ascender a altitudes elevadas, hay que observar el anemómetro mas cuidadosamente, evitando entrar en el vuelo ondulado o de ondas. A estas alternativas subidas y descensos se les llama "Oscilaciones inducidas del piloto". Esto comienza por una falta de atención de la velocidad del aire que debe esforzarse por mantener cte. durante el periodo de entrenamiento. tan pronto como alguna oscilación de altitud empiece a producirse, reducir los gases en el acto. Neutralizando el bastón, estabilizarse en un planeo uniforme y mover suavemente el acelerador para mantener la velocidad del aire elegida.

Mantenerse a 25 K.h. durante las primeras 25 horas de vuelo. Las velocidades y altitudes altas, hacen más facil la aparición de las ondulaciones inducidas para los pilotos que no estan familiarizados. Por otro lado, cuando se vuela en amplios recorridos, hay que evitar hacerlo demasiado despacio. Volando demasiado lento, se requiere mas potencia y hay menos margen de seguridad si el motor se avería. Como ya se ha dicho, la mejor velocidad es de 80 K.h. para tener un perfecto y confortable vuelo.

Evitar los giros con viento de espalda cerca del suelo. puede ocurrir que haya una caída del viento durante el giro, con él de espalda. Intentar descubrir alguna marca en la tierra que indique la dirección del viento. Con la velocidad del viento constante, si se gira y se sigue la dirección del aire, la velocidad de desplazamiento con respecto al suelo aumentará. Lo mejor es que durante todo el entrenamiento no se permita nunca que haya caídas de velocidad, por ejemplo, por debajo de los 70 K.h. durante los giros o vueltas. Algunos estudiantes, se quedan perplejos al principio, con el efecto pendular que parece incrementarse con el gobierno del bastón.

A diferencia de los aviones que tienen cola rígida de sustentación unida al fuselaje, el helicóptero y el autogiro, el fuselaje esta suspendido de la superficie sustentadora que genera el rotor mediante la "cabeza" del rotor. De ahí que halla un instante de retraso entre el instante en que el piloto aplica un movimiento de control y en el que reacciona el fuselaje. Algo semejante a lo que se produciría si se empujara con la mano algo suspendido de un punto. El piloto, al mover el bastón, provoca la misma situación. Hay que aprender a anticiparse a la reacción de ese retraso en el gobierno de la máquina, dando un impulso, en sentido contrario, instantes despues de haber dado el principal de control. Indudablemente es necesaria la "anticipación". Familiarizarse con ella.

Dedicandole el tiempo suficiente, ascender a altitudes altas y aprender la "anticipación" y el control de la demora de la reacción. Una vez que se aprenda, se volverá automatico y no tendrá mayor dificultad que la de mantenerse en una bicicleta.

No precipitar las fases de entrenamiento.

No se comenzará ninguna otra maniobra hasta que las que la anteceden, se ejecuten con precisión; sin ningun a tensión o esfuerzo. Si se esta tenso no es favorable para pasar al siguiente ejercicio.

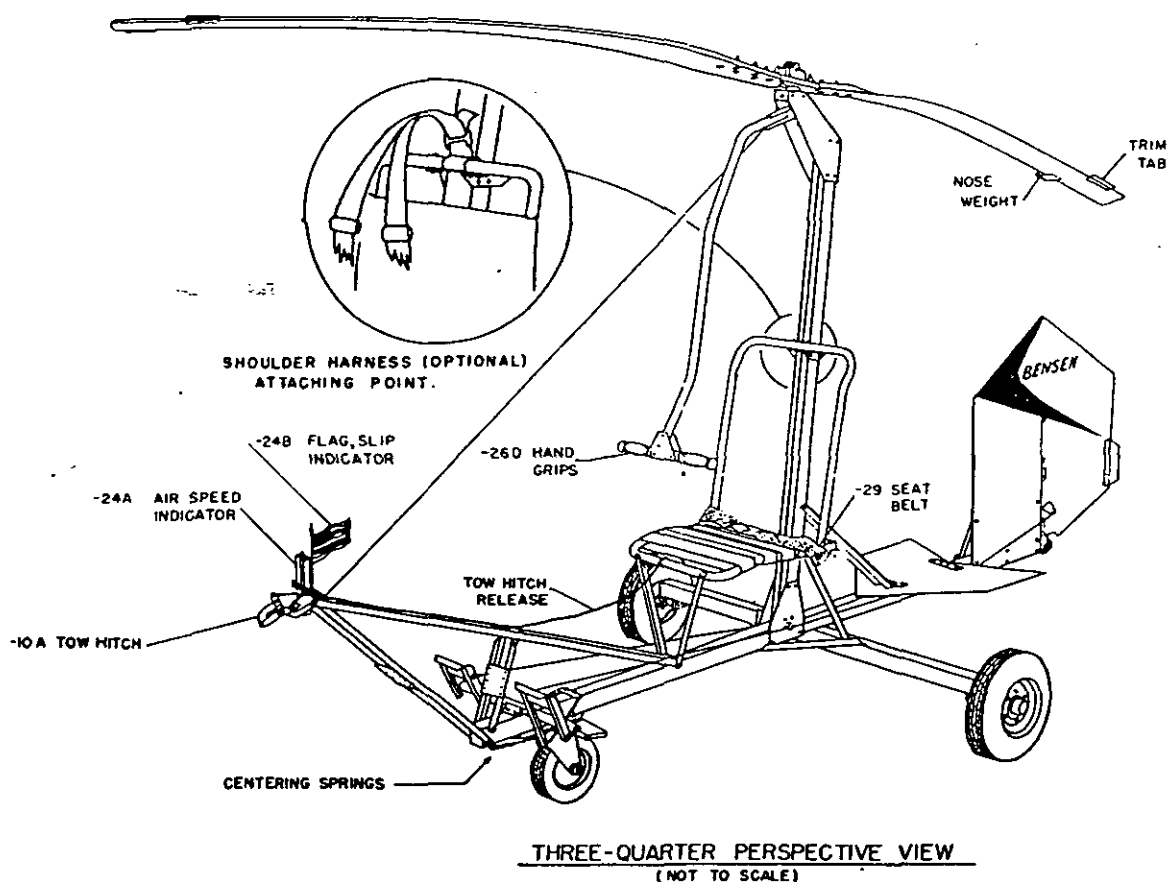
Ponerse pruebas de lo aprendido.

Despues de superar todas las pruebas descritas, se puede

ascender a 100 m. y simular diversas averías mecánicas y practicar varios aterrizajes forzosos. Analizar con honestidad si se hacen con suficiente seguridad. Sino, practicar hasta que, como mínimo, tres de los aterrizajes forzosos, sean hechos con corrección y seguridad. Sólo después de que estos ejercicios se hagan con perfección, se estará lo suficientemente preparado para volar fuera del área restringida de enseñanza.

Habrà de hacerse 10 horas de entrenamiento planeado con giroplano y 10 horas como mínimo con autogiro motorizado antes de volar sin limitaciones, salvo las establecidas por las normativas legales vigentes.

J.L.VILLAR RODRIGO-1988



## EXAMEN TECNICO DEL AUTOGIRO.

Proyecto de la Comisión Autogiro de la R.S.A.

Cuestionario CNRA. Edición de 1/1990.

### SUMARIO

| Capítulo : | Título :                                 |
|------------|------------------------------------------|
| 1          | EL ROTOR.                                |
| 2          | MANDOS DE VUELO - INSTALACION DE CABINA. |
| 3          | CELULA - FUSELAJE - EMPENAJES.           |
| 4          | TREN DE ATERRIZAJE - FRENOS.             |
| 5          | GRUPO MOTO-PROPULSOR.                    |
| 6          | PRELANZAMIENTO Y FRENADO DEL ROTOR.      |
| 7          | EQUIPAMIENTO - ELECTRICIDAD - RADIO.     |
| 8          | CONTROLES GENERALES - REGLAJES.          |

### INSTRUCCIONES:

- Las respuestas no son pedidas mas que en las preguntas numeradas con una cifra seguida al menos de un decimal.
- Poner una cruz en la columna correspondiente a la respuesta (si, no, sin objeto).
- Cada pregunta es realizada de tal manera que la respuesta satisfaga a los reglamentos de seguridad, debiendo ser "si" o "sin objeto".
- Si la respuesta es "no", dar en la columna "Observación" un reenvio a una marca situada al final del capitulo o de la pagina que permita justificar una eventual derogación.

### 1. ROTOR

#### PALAS

- 1.1 - Las palas del rotor son de un tipo homologado llevando marcas de identificación (nº de serie, fecha de fabricacion, nombre del fabricante)?  
.....  
Si la respuesta es "si", pasar a las cuestiones sobre los bujes porta-palas.
- 1.2 - Si las palas no son de un tipo homologado son fabricadas por el mismo constructor?  
.....
- 1.3 - ¿La diferencia de pesos de cada pala es inferior a 5/1000 del peso de una pala? (no confundir con  
.....
- 1.4 - ¿El peso de equilibrado de las palas es inferior a 1,5 % del peso de una de pala? (no confundir con el peso de lastrado eventual).  
.....
- 1.5 - El perfil utilizado es bien conocido del constructor y bien respetado? (Polares, Cmo, posición del centro).  
.....
- 1.6 - ¿El centraje de cada pala es correcto? (+1% de la cuerda alrededor del centro).  
.....
- 1.7 - ¿La diferencia mas grande de torsión de una pala sobre la otra medida cada 1/4 del radio es inferior a 1/20?  
.....
- 1.8 - ¿La rigidez de los tabs es suficientemente grande como para aguantar un choque intempestivo o una manipulación indelicada sin deformarse?  
.....

1.9 - Los filetes de los tornillos que fijan los pesos y contrapesos estan enrollados?.

1.10 - ¿Los pesos de lastrado de pala estan correctamente fijados y posicionados? (Centrado y equilibrado no deben ser perturbados).

1.11 - ¿La tecnologia de fabricacion de las palas excluye la hibridacion de materiales de naturalezas muy diferentes? (Rigidez y dilatacion por ejemplo).

1.12 - ¿Si las palas son huecas, ha sido previsto el drenaje de agua por condensacion?.

#### BUJE PORTA-PALAS, ARTICULACIONES.

1.13 - El buje porta-palas es de un tipo homologado llevando marcas de identificacion (Nº de serie, fecha de fabricacion, nombre del fabricante) o fabricada por el mismo constructor?.

1.14 - Los tornillos destinados al ensamblado de las palas tienen una longitud lisa igual o superior al espesor de las piezas a apretar?.

1.15 - Las piezas constitutivas del rotor (Palas, porta-palas, placas...) estan exentas de variaciones bruscas de seccion, y defectos de mecanizado susceptibles de ocasionar concentracion de esfuerzos perjudiciales a un buen aguante en fatiga?.

1.16 - La proteccion contra el envejecimiento por humedad, la corrosion el envejecimiento ultravioleta y la corrosion de contacto es suficiente?.

1.17 - ¿La tecnologia de sujecion de las palas impide todo desreglaje en calado y alineamiento en vuelo?.

1.18 - ¿La inspeccion de la sujecion de las palas es facil en el curso del prevuelo a fin de prevenir toda fisura o desapriete?.

1.19 - ¿El alineamiento de las palas es facil de obtener a  $\pm 1$  mm cerca entre los centros de las extremidades de las palas y el eje central?.

1.20 - Los bulones u organos de union estan montados cabeza arriba y frenados?.

1.21 - El guiado en rotacion del rotor es correcto?.

1.22 - ¿El frenado del eje de rotacion es absoluto? (Grupilla o placa de frenado imperdibles).

1.23 - El batimiento (1/2 angulo de un tope a otro) es superior a 110°?.

1.24 - ¿La o las articulaciones de batimiento estan exentas de frotamiento excesivo bajo carga y riesgo de gripado en funcionamiento?.

1.25 - ¿Las articulaciones de arrastre (en el caso de un rotor de mas de dos palas) estan provistas de amortiguadores y exentas del riesgo de gripado?.

1.26 - ¿Las distancias del rotor a las partes fijas, a la helice, a la deriva y al suelo (medidas en el caso mas desfavorable) son correctas?.

1.27 - ¿El prelanzador del rotor es concebido de manera que no pueda bloquearse en vuelo?.

1.28 - ¿El freno del rotor esta concebido de tal manera que no pueda trabarse en vuelo?:

1.29 - ¿El dispositivo de frenado del rotor esta concebido de tal manera que limite el parapara no solicitar la torsión del mastil?.

## 2. MANDOS DE VUELO - INSTALACION DE CABINA.

2.1 ¿Salvo para los autogiros con mando de rotor directo, los sentidos de acción de la palanca son convencionales?.

2.2 - ¿Con la palanca en el tope delantero, el eje del rotor no sobrepasa la vertical?.

2.3 - ¿Con la palanca en el tope lateral, el eje del rotor no se inclina un angulo igual o superior a 80?.

2.4 - ¿Pedal en tope de un lado (a derecha o a izquierda), la dirección pivota un angulo igual o superior a 300?.

2.5 - ¿La amplitud de movimiento total de la palanca en profundidad (medida en lo alto del puño) esta comprendida entre 30 y 40 cm?.

2.6 - La amplitud de movimiento lateral de la palanca hasta los topes (medida a partir de la posición neutra) esta comprendida entre 10 y 20 cm?.

2.7 - Los sentidos de acción de los pedales son convencionales?.

2.8 - ¿La amplitud de movimiento de los pedales (medido a nivel del apoyo de cada uno a partir de neutro) esta comprendido entre 10 y 15 cm?.

2.9 - ¿Los cables de mando de vuelo (dirección) son de diametro igual o superior a 3 mm?.

2.10 - El diametro de las poleas es el adecuado a los diferentes diámetros de los cables. Las poleas estan en el plano de maniobra del cable, de tal manera que este no roce sobre el juego de las poleas?.

2.11 - ¿Las poleas estan dotadas de guias de cables, ajustadas de tal manera que los cables no puedan dejar la garganta aunque esten destensados?.

2.12 - ¿Si un cable pasa por una guia, el cambio de dirección al pasar es inferior a 30?.

2.13 - ¿Los tensores de cable estan montados de manera que durante el movimiento de los mandos, ninguna flexión se produzca en el tensor o en el cable?.

2.14 - ¿Los sentidos de acción de los mandos de gas son convencionales?.

2.15 - ¿Los mandos de gas se quedan en el sitio deseado por el piloto?.

2.16 - ¿Los mandos de vuelo estan exentos de puntos duros o de flexibilidad excesiva?.

2.17 - ¿En caso de que exista un bloqueo de la palanca en posición delantera, el bloqueo es imposible en vuelo por inadvertencia?.

2.18 - ¿Las diversas manetas de gas, calefacción del carburador, contacto encendido están a mano del piloto sin desplazamiento del cuerpo?.

2.19 - ¿Los circuitos de mando están concebidos de manera que se evite toda posible interferencia sobre el pasajero, la carga u objetos?.

2.20 - Los harnesses de seguridad están previstos de al menos tres puntos de fijación?.

2.21 - ¿Los asientos, los harnesses y la estructura afectada pueden soportar esfuerzos de inercia de 4g hacia abajo, 1,5g hacia arriba, 4g hacia adelante y 2g lateralmente?.

2.22 - ¿Los cierres de los harnesses son de apretura rápida?.

### 3. CELULA - FUSELAJE - EMPENAJES.

#### GENERALIDADES.

3.1 - Los diversos elementos de la estructura básica han sido concebidos y fabricados para soportar un factor de carga de 3,5 en el límite elástico?.

3.2 - ¿Aplicando un coeficiente de seguridad de 1,5, la rotura o la inestabilidad de cualquiera de los elementos es alcanzada?.

3.3 - ¿La naturaleza y calidad de los materiales son conocidas por el constructor?.

3.4 - ¿Los comportamientos en fatiga de los materiales utilizados son conocidos por el constructor?.

3.5 - ¿Los elementos vitales están aparentes y de fácil acceso durante la inspección prevuelo?.

3.6 - ¿Todos los elementos de la estructura están tratados contra la corrosión?.

3.7 - Los elementos de unión de los conjuntos principales están correctamente frenados?.

3.8 - ¿La altura de las tuercas utilizadas es normal (0,8d+frenado)?.

3.9 - ¿Las uniones tubulares a través están correctamente atirantadas?.

3.10 - ¿Todas las soldaduras son inspeccionables?.

3.11 - ¿La parte lisa de los bulones utilizados es superior al espesor de las piezas a unir?.

3.12 - ¿Los pares de apriete de los bulones son controlados?.

3.13 - ¿Los tornillos utilizados tienen los filetes enrollados?.

#### EMPENAJES.

3.14 - ¿El par de guiñada debido al soplado de la hélice es compensado?.

3.15 - El volumen de empenajes horizontales (Superficie x distancia al CDG) es superior a 0,75 m<sup>3</sup> (para los monoplazas o los biplazas lado a lado) o superior a 1 m<sup>3</sup> (para los biplazas en tandem)?.

#### 4. TREN DE ATERRIZAJE:

4.16 - El tren principal esta concebido para soportar 4 veces el peso del autogiro en carga?.

4.17 - La rueda del tren auxiliar es direccional?.

4.18 - ¿El angulo de giro del tren delantero esta comprendido entre 80 y 140?.

4.19 - ¿Las dimensiones de las horquillas del tren estan diseñadas para conservar distancias suficientes despues del aumento de un 3% en las dimensiones devlós neumaticos debido al envejecimiento?.

#### FRENOS EN LAS RUEDAS.

4.20 - ¿Los dispositivos de frenado pueden parar el autogiro en una pendiente del 2/100?.

#### 5. GRUPO MOTO-PROPULSOR.

##### GENERALIDADES.

5.1 - ¿Se puede acceder al GMP de forma satisfactoria con el fin de ejecutar las operaciones de mantenimiento necesarias ?.

5.2 - ¿Las diversas tuercas estan correctamente montadas y frenadas?.

5.3 - ¿En el caso de autogiros carenados, existe una cuaderna parallas susceptible de detener una llama de 11000 durante 5 mn?.

5.4 - ¿El regimen maximo del motor en punto fijo corresponde a +5% del regimen especificado en el dossier tecnico?.

##### DEPOSITOS

5.5 - Existen mas de 13 mm entre el deposito y la cuaderna parallas?.

5.6 - Los depositos de combustible pueden soportar un crash de 4 g hacia abajo, 1,5 g hacia arriba, 4 g hacia delante y 2g lateralmente?.

5.7 - ¿Esta prevista una toma de aire libre conveniente en la parte superior de los volúmenes de aire en cada deposito?.

5.7.1 - ¿El orificio exterior de toma de aire libre esta razonablemente al abrigo del hielo, de los sedimentos y del agua que podrian obstruirlo; y dispuesto de manera que impida el sifonaje?.

5.7.2 - ¿La canalización de entrada de aire libre esta exenta de puntos bajos en el suelo o en linea de vuelo, donde el agua y la humedad pueden acumularse y obturar en caso de helada?.

5.8 - ¿Existe un punto de purga, en lo mas bajo del deposito, cuando esta en el suelo, para capacidades superiores a 50 litros?.

5.8.1 - ¿El dispositivo de purga esta accesible, dispuesto de manera que la gasolina que caiga lo haga fuera del aparato, y dotado de un dispositivo de bloqueo en posición de "cerrado".

5.9 - El orificio exterior de toma de aire libre esta dispuesto de manera que toda evacuación de combustible no cree peligro de incendio o corra el riesgo de penetrar en la cabina?.

5.10 - ¿El orificio de rellenado esta realizado de tal manera que un exceso de combustible no penetre en el autogiro?.

#### MEDIDOR

5.11 - ¿Tiene un medidor?. ¿Mide el deposito en linea de vuelo?.

5.12 - ¿El receptor del medidor es satisfactorio a la vista del piloto?.

5.12.1 - ¿Si se utiliza un tubo de nivel, esta suficientemente protegido de los golpes?.

5.12.2 - ¿El transmisor del medidor (captador) esta instalado de forma satisfactoria?.

5.12.3 - ¿El reglaje del medidor es tal que indica "cero" cuando la cantidad restante es igual a la cantidad no consumible?.

5.13 - ¿El deposito tiene un volumen de expansión suficiente para absorber el aumento del volumen del combustible como consecuencia de un aumento de la temperatura?.

¿Si la respuesta es "no", el orificio de entrada de aire libre evacua todo el exceso de combustible al exterior del autogiro?.

5.14 - ¿La cantidad de combustible no consumible es inferior al 5 % de la capacidad del deposito?.

#### CIRCUITO DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE.

5.15 - ¿Las canalizaciones estan suficientemente sujetas para resistir vibraciones importantes?.

5.16 - ¿Las conducciones estan suficientemente sujetas para resistir los esfuerzos debidos a la presión del combustible y las aceleraciones en vuelo?.

5.17 - ¿El circuito esta exento de puntos bajos no drenados, donde el agua y la humedad corren el riesgo de acumularse y helarse?.

5.18 - ¿Los conductos estan dispuestos de manera que eviten transmitir esfuerzos anormales de estructura?.

5.19 - ¿Las tuberias estan al abrigo de toda zona anormalmente caliente?.

5.20 - ¿Están exentos los circuitos de puntos altos donde puedan acumularse los vapores y crear "vapor lock"?.

5.21 - ¿Las tuberías son de buena calidad "combustible"?.

5.22 - ¿El circuito incluye un filtro limpiable o reemplazable entre la salida del depósito y la bomba del motor (o el carburador para los circuitos que funcionan por gravedad)?.

5.23 - ¿La utilización del filtro de combustible es bien conocida del constructor?.

#### LLAVES DE PASO.

5.24 - ¿Cuando el circuito es alimentado por gravedad, incluye una llave de paso entre el depósito y el motor (Situada sobre la cuádrerna parallasas del lado opuesto al motor)?.

5.25 - ¿El mando de la llave está accesible al piloto y claramente marcado (Cerrado y Abierto)?.

5.26 - ¿Este mando está a cubierto de una maniobra involuntaria?.

#### PRECAUCIONES CONTRA INCENDIO.

5.27 - ¿Han sido tomadas precauciones para evitar que toda fuga (de los raccords por ejemplo) vaya a gotear sobre materiales absorbentes, equipamientos eléctricos, etc...?

#### CIRCUITO DE LUBRICACION DEL MOTOR (llegado el caso)

5.28 - ¿Las tuberías de lubricación están suficientemente sujetas para resistir vibraciones importantes?.

5.29 - ¿Las tuberías de lubricación están suficientemente sujetas para resistir los esfuerzos debidos a la presión y a las aceleraciones en vuelo?.

5.30 - El depósito de aceite está solidamente montado y protegido de todo desgaste por sus soportes?.

5.31 - ¿El radiador de aceite está solidamente montado y protegido de todo debilitamiento por sus soportes?.

5.32 - ¿Los rebosaderos evacúan en puntos que no presentan ningún peligro de incendio y que no corren el riesgo de salir al parabrisas?.

#### CIRCUITO DE ADMISION DE AIRE.

5.33 - Entradas de aire:

5.33.1 - Si la admisión se hace bajo capot, el <sup>m</sup>compartimento donde el aire es tomado está separado del compartimento de accesorios por un tabique resistente al fuego?.

5.33.2 - Si la respuesta es "no" se han tomado disposiciones para impedir una vuelta de la llama de salir por esta abertura?.

5.34 - ¿En caso de obstrucción del circuito de admisión (flotador inmovilizado, exceso de inyección...), esta prevista una evacuación del combustible fuera del aparato y lejos del escape?.

5.35 - ¿Existen conexiones flexibles entre elementos entre los cuales es posible un movimiento relativo?.

#### SISTEMA DE ESCAPE.

5.36 - ¿El circuito de escape esta suficientemente lejos del carburador o del circuito de combustible y aislado de las partes inflamables del aparato por pantalla a prueba de fuego?.

5.37 - Los gases de escape son evacuados a una distancia suficiente de purgas o drenajes de combustible o aceite?.

5.38 - ¿Las conducciones de escape estan fijadas de manera que soporten los esfuerzos (de inercia y vibraciones) normales en servicio y en caso de disfuncionamiento del motor?.

5.39 - ¿Estan previstas disposiciones para permitir las dilataciones termicas?.

5.40 - ¿Existen uniones flexibles entre elementos entre los que es posible un movimiento relativo?.

#### CALEFACCION POR INTERCAMBIADOR SOBRE EL ESCAPE.

5.41 - ¿Los intercambiadores pueden desmontarse de manera que permitan controlar el estado interno?.

5.42 - ¿Este examen permite controlar el silenciador asi como las partes criticas de intercambiador?.

5.43 - Los intercambiadores utilizados para calefacción de cabina estan realizados de tal forma que el aire admitido en la cabina no este contaminado por los gases de escape u otros gases nocivos?.

#### HELICE.

5.44 - ¿La helice es de un tipo homologado llevando marcas de identificación (Nº de serie, fecha de fabricación, nombre del fabricante) o fabricada por el mismo constructor?.

5.45 - ¿Los tornillos que fijan la helice al buje no trabajan a cizalladura sobre su parte roscada?.

5.46 - ¿Estos tornillos estan correctamente frenados?.

5.47 - ¿La distancia de la helice al fuselaje es superior a 3 cm?.

5.48 - ¿Las diversas palas de la helice pasan por el mismo plano?.

#### 6 - DISPOSITIVO DE PRELANZAMIENTO Y DE FRENADO DEL ROTOR.

6.1 - ¿Las manijas de engranamiento de embrague y de frenado del rotor estan dotadas de un prohibido?.

6.2 - ¿Existe un sistema que limite el par de arrastre y de frenado del rotor a fin de no torsionar el mastil?.

## 7 - EQUIPAMIENTO:

### INSTRUMENTOS DE VUELO Y DE MOTOR.

Los instrumentos obligatorios siguientes son montados :

- 7.1 - Anemometro :.....
- 7.2 - Altimetro :.....
- 7.3 - Cuenta RPM de motor :.....
- 7.4 - Cuenta RPM de rotor :.....
- 7.5 - Hilo de lana (indicador de derrape):.....

Los instrumentos siguientes son aconsejados para navegar:

- 7.6 - Variometro :.....
- 7.7 - Brujula :.....
- 7.8 - Termometro de culata :.....
- 7.9 - Termometro de escape :.....
- 7.10 - Termometro de aceite (4 tiempos) :.....
- 7.11 - Manometro de aceite (4 tiempos) :.....

### ELECTRICIDAD

Realización del cableado electrico :

- 7.11 - ¿Esta protegido contra el combustible, el aceite, el agua u otras sustancias perjudiciales?.
- 7.12 - ¿Esta protegido contra daños eventuales unidos a altas temperaturas en las zonas sensibles?.
- 7.13 - ¿Esta correctamente protegido contra la abrasión ocasionada por vibraciones, por puna fijacion conveniente?.
- 7.14 - Los diversos conectores estan correctamente instalados para evitar las separaciones en vuelo?.
- 7.16 - Los sistemas generales de encendido (interruptores, reles de conmutacion...) estan correctamente protegidos de vapores inflamables?.
- 7.17 - ¿Las conexiones estan protegidas de cortocircuitos accidentales (llave metalica, destornillador...) por capots o cubiertas aislantes?.
- 7.18 - ¿En caso de alimentación por bateria, existe un desconector?.

### RADIO.

- 7.19 - ¿El equipo de radio esta conforme a las normas en vigor?.

## 8. CONTROLES GENERALES - REGLAJES.

- 8.1 - ¿Las diversas dimensiones y pesos estan conforme al dossier tecnico?.
- 8.2 - ¿El centraje en vuelo (verificado por una suspensión del autogiro por el eje-rotor) es conforme al dossier de definición?.

8.2 - ¿El centraje en vuelo (verificado por una suspensión del autogiro por el teje-rotor) es conforme al dossier de definición?.....

8.3 - ¿La carga sobre la rueda delantera esta comprendida entre el cuarto y el tercio del peso del autogiro en orden de vuelo?.....

8.4 - ¿El rotor esta correctamente reglado en alineamiento, calado relativo de palas, distancias diversas y equilibrado de pesos?.....

8.5 - ¿La dirección y la deriva están correctamente regladas para el despegue a pleno gas?.....

.....

## INDICE

- 2 Homenaje y agradecimiento, por Joaquín Guerra.
- 3 Autogiros; peculiaridades, por Antonio H-Ros Murcia.
- 13 Autogiros S.N.C.A.S.E. de Jacques Lecarme. Trad. H-Ros.
- 17 Funcionamiento de un ala giratoria, por Vincent Hoffman.
- 21 Diseño de autogiros, por Jim Eich. Trad. Mario Ramonell.
- 26 Cabezas de rotor, por Chuck Beaty. Trad. Mario Ramonell.
- 29 Construcción de palas en madera, por José Luis Villar.
- 34 Construcción de palas de autogiro en material compuesto, por Mario Ramonell.
- 46 Pequeño calculo estructural, por Mario Ramonell García.
- 56 El centrado de los autogiros, por Raymond Jeanvoine. Trad. Joaquín Guerra.
- 72 Autogiros. Reglaje del rotor, por Vincent Hoffman. Trad. Joaquín Guerra.
- 76 Autogiro : ¡ Esa campana !, por Philippe Tisserant. Trad. Joaquín Guerra.
- 79 Aprendizaje del vuelo del autogiro mediante remolque con coche y barra rígida articulada, por Mario Ramonell Garcia, Emilio López Alemany, Mario Ramonell Velázquez y Angel Serrano Martínez.
- 86 Manual de vuelo, por José Luis Villar Rodrigo.
- 105 Examen técnico del autogiro. Proyecto de la Comisión Autogiro de la R.S.A. Trad. Joaquín Guerra.



ASOCIACION DE AVIACION EXPERIMENTAL

Angel Fernández, 24

10004 CACERES (España)

MANUALES DE LA

A. A. E.

ASOCIACION  
DE AVIACION  
EXPERIMENTAL