

# Construcción práctica de estabilizadores automáticos <sup>(1)</sup>

Por GUY ROBERT

Ingeniero aeronáutico

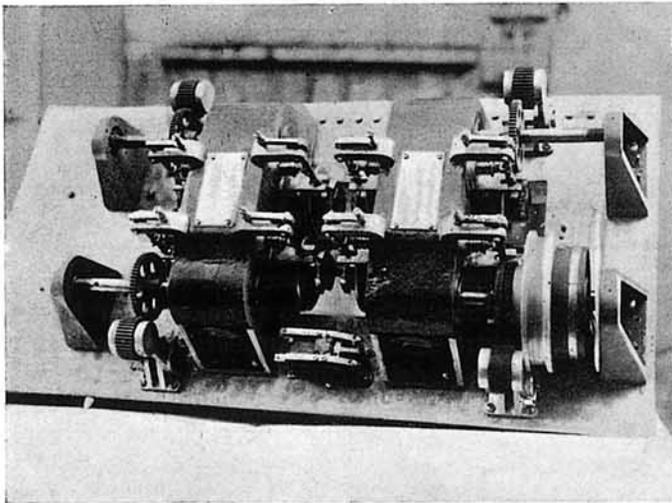
## Construcción de estabilizadores automáticos

VAMOS a examinar la construcción de diferentes dispositivos que permitan estabilizar el avión con relación a un triedro de referencia que supondremos fijo en el espacio. Es preciso, por tanto, buscar aparatos que permitan traducir las diferencias angulares de los ejes del triedro de referencia y del triedro que se supone unido al avión.

Tendremos, pues, que elegir entre los sistemas anemométricos, los indicadores de incidencia, los giroscópicos y los pendulares compensados.

No creemos necesario insistir sobre las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos sistemas, todos bien conocidos de los lectores.

Nos limitaremos a decir que los sistemas anemométricos adolecen de falta de precisión y en general son muy sensibles a las variaciones de altura. La única solución aceptable consiste en utilizar anemómetros fotoeléctricos que detecten las pequeñas variaciones de incidencia en forma rigurosamente independiente de la altura. Las veletas de incidencia son sensibles a los torbellinos locales. Nos colocaremos en el caso más favorable, es decir, en el supuesto de que las veletas estén equilibradas estática y dinámi-

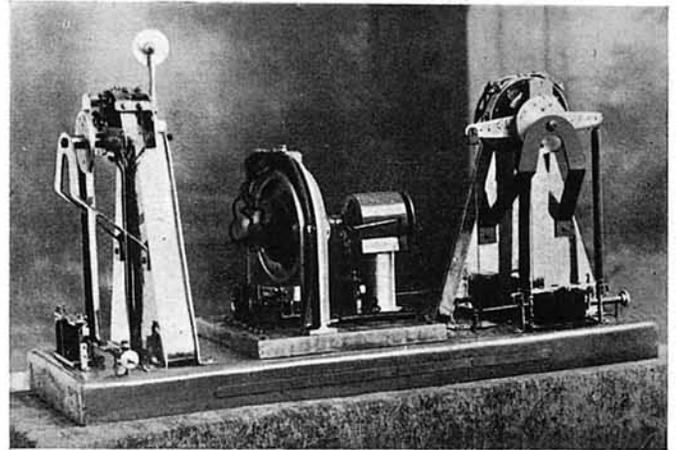


Uno de los servomotores utilizados en los estabilizadores automáticos.

camente. Más adelante insistiremos en la teoría de las veletas, que es bastante interesante.

Los sistemas giroscópicos son en general caros y delicados. La precisión exigida para estos usos requiere

(1) El autor desarrolla el fundamento matemático de estos aparatos en otro artículo que nos proponemos publicar inmediateamente.



Sistema de péndulos y giróscopo de un estabilizador automático.

giróscopos que giren a grandes velocidades angulares (15 a 20.000 revoluciones por minuto), lo cual obliga a instalar motores de campo giratorio (de corriente trifásica) y dispositivos automáticos para corregir la precesión.

El único caso en que, en opinión nuestra, es posible tratar de utilizar el giróscopo es para obtener la estabilidad de ruta.

En cuanto a los sistemas pendulares compensados, el lector formará opinión por sí mismo al leer la siguiente descripción de los aparatos fabricados por la firma francesa S. E. C. A. T.

### Estabilizadores S. E. C. A. T.

*Estabilizador longitudinal* (fig. 1).—El dispositivo consta, esencialmente, de una masa pendular (1) fijada sobre una varilla (9) la cual es solidaria de un eje (3) que gira entre las caras de un cárter estanco (2). En este cárter se coloca un líquido para frenar las oscilaciones del péndulo. Otra varilla (10) fija sobre (3) sostiene la paleta (11) colocada en el viento de la marcha. Un portascobilla (18) es solidario de la varilla (10); esta paleta (11) asegura la compensación aerodinámica.

La escobilla (18) frota sobre un sector (5) articulado sobre el eje (3). Este sector lleva dos contactos alargados (7) y (8), separados por un espacio neutro (N). Los contactos (7) y (8) están conectados, respectivamente, por conductores eléctricos a los embragues electromagnéticos (12) y (13) del servomotor de profundidad.

El sector (5) tiene una transmisión mecánica hasta la palanca de pilotaje (17) que gira sobre el eje (15).

El funcionamiento es el siguiente:

En vuelo normal, el péndulo tiene una cierta inclinación dada por el equilibrio entre la presión del aire sobre la

paleta y el peso de la masa pendular. El punto neutro (*N*) está debajo de la escobilla (18).

Si el avión pica, estando inmóvil la escobilla, el sector (7) entra en contacto con aquélla, y la corriente pasa al embrague (12) del servomotor que arrastra a la palanca

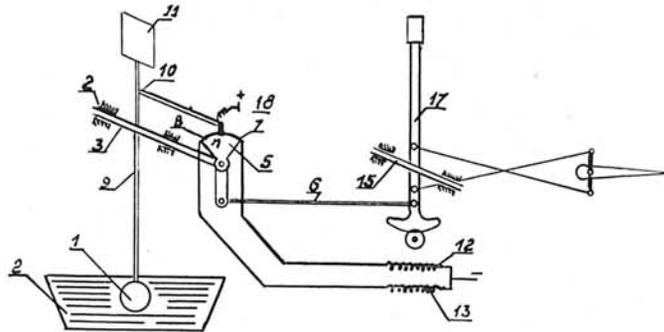


Fig. 1. — Esquema de la estabilización de profundidad.

de pilotaje en el sentido de la flecha. Al mismo tiempo, el sector ha vuelto a su posición arrastrado por la varilla (6), de manera que el punto neutro (*N*) ha vuelto a quedar en contacto con la escobilla (18), interrumpiendo la corriente. Es posible, pues, proporcionar los ángulos de corrección de la palanca en función del ángulo de perturbación.

La maniobra se efectuaría también, sólo que al revés, si el avión se hubiese encabritado.

**Estabilizador lateral** (fig. 2).—Está constituido, como el precedente, por una masa pendular (1) fijada a un eje (2) por medio de una varilla (3) prolongada por debajo del eje y soportando una escobilla (4) que frota sobre un sector (5) con dos contactos (6) y (7) separados por un punto neutro (8). El sector (5) puede pivotar sobre el eje (2) y lleva un sector dentado (9). Otro sector dentado (10) del mismo diámetro y del mismo módulo, pivota

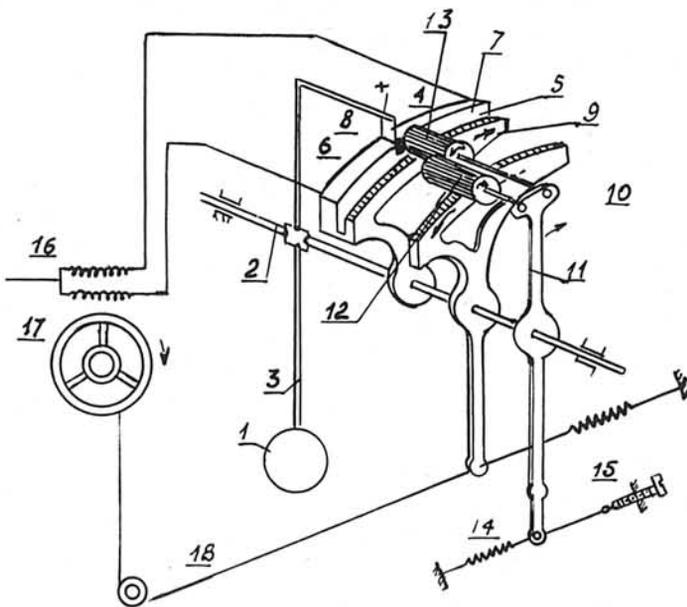


Fig. 2. — Esquema de la estabilización lateral.

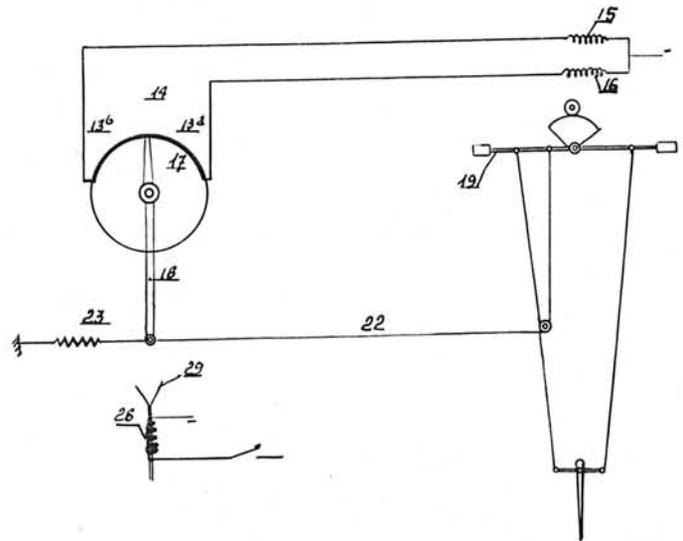


Fig. 3. — Esquema del estabilizador de rumbo.

también sobre el eje (2) y está conectado mecánicamente al mando de los alerones. Finalmente, un relé de mando (11) que gira también sobre el eje (2) lleva dos piñones (12) y (13) que engranan entre sí, y también respectivamente con los sectores dentados (9) y (10). Esta palanca (11) está conectada con un tornillo de ajuste que permite obtener un decalaje exacto de la escobilla con relación al punto neutro. Dos escobillas auxiliares (15) y (16) (figura 7) aseguran la retención del avión en viraje.

El funcionamiento es el siguiente:

**Vuelo en línea recta** (El avión se inclina hacia la izquierda).—La escobilla (4) queda inmóvil, puesto que es solidaria del péndulo; el contacto (7) del sector (5) viene a colocarse bajo la escobilla, y la corriente eléctrica es enviada al embrague (16) del servomotor que hace girar hacia la derecha el volante del mando transversal. Al mismo tiempo, este volante ha soltado el cable 18, y por intermedio del sector (10), de los piñones (12) y (13) y del sector (9), ha vuelto a colocar el punto neutro debajo de la escobilla. La corriente queda interrumpida, y a medida que el avión se endereza, la escobilla queda en contacto con el sector (6), que recoge el volante a su posición normal. Se puede, por lo tanto, graduar la proporcionalidad entre el ángulo de inclinación del avión y el ángulo de corrección del volante o mando de los alerones.

Si el avión se inclina hacia la derecha, la maniobra tiene lugar en sentido inverso.

**Estabilizador de rumbo** (fig. 3).—Este indicador “de reflejos” se compone en esencia de un pequeño giróscopo (1) montado sobre un cardan y libre en el sentido de las tres dimensiones.

Un disco (12) con dos contactos (13 a) y (13 b) separados por una zona neutra (14) es solidario del anillo central del cardan. Este anillo gira en un plano vertical. Una escobilla (17) solidaria de la palanca (18) frota sobre el disco (12) y distribuye la corriente eléctrica sobre el contacto (13 a) o sobre el (13 b). La palanca (18) está conectada mecánicamente al palonier (19) por el cable (22) mantenido en tensión por el muelle recuperador (23). El

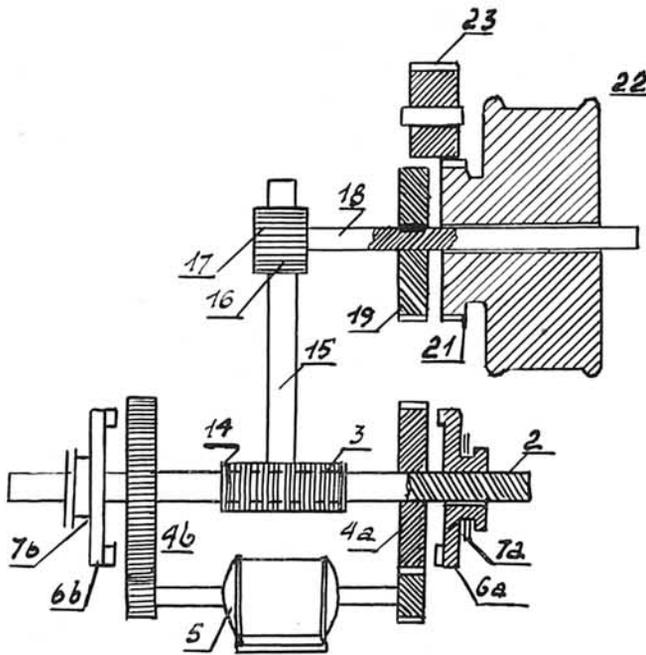


Fig. 4.

contacto (13 a) está conectado al embrague (16) (viraje a la izquierda), y el contacto (13 b) lo está al embrague (15) (viraje a la derecha).

Un cono (29) atraído por un electroimán (25) inmoviliza al giróscopo durante los virajes mandados por el piloto, sin cuya disposición se opondría a ellos.

El funcionamiento es el siguiente:

Cuando el avión vuela en línea recta, la escobilla (17) queda enfrente del punto neutro (14). Si por cualquier motivo, el avión se ha apartado de esta trayectoria rectilínea (por ejemplo, hacia la derecha), la escobilla (17) viene a frotar el contacto (13 a) y el embrague (16) del servomotor de dirección es accionado inmediatamente; el palonier girará en el sentido de la flecha, y el cable (22) hará girar la palanca (18) que traerá la escobilla (17) al punto neutro. El avión vuelve a su trayectoria rectilínea y en este momento la escobilla (17) viene a frotar sobre el contacto (13 b) dando lugar a que el embrague (15) del servomotor obligue al palonier a volver a su posición normal. Se ve, por lo tanto, que los ángulos del palonier serán proporcionales a los ángulos de perturbación.

**Servomotores.**—Los servomotores son los pies y las manos del piloto automático. Reciben las órdenes de los indicadores de reflejos y las ejecutan haciendo mover en sentido conveniente las diversas palancas de maniobra.

La constitución de los servomotores es la siguiente (figuras 4 y 5):

En un cárter que soporta el conjunto del aparato, se halla un árbol con tornillo sin fin. A ambos lados de la parte roscada, hay dos ruedas dentadas (4 a) y (4 b) que giran locas sobre el árbol y están constantemente arrastradas por un motor eléctrico (5) en sentidos inversos y con velocidades iguales. Los dos extremos del árbol (2) llevan dos ruedas de adherencia o de fricción (6 a) y (6 b), susceptibles de desplazarse sobre dicho árbol (2) sin girar con respecto a él. Sendas horquillas (7 a) y (7 b) permi-

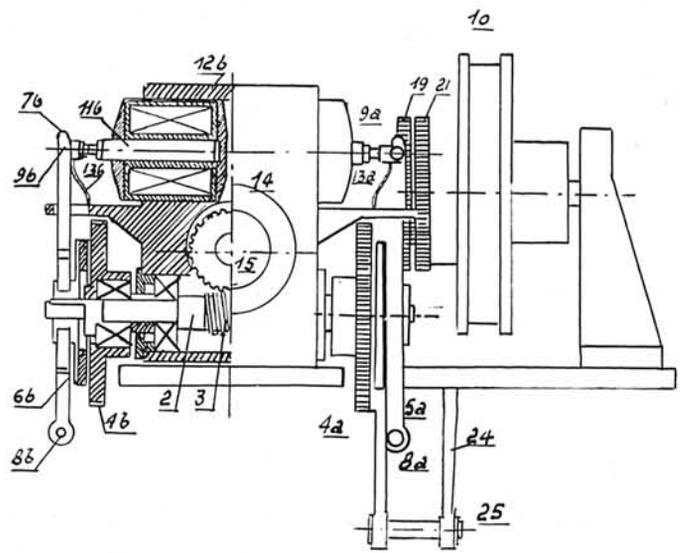


Fig. 5.

ten acercar o alejar estas ruedas de fricción de las ruedas dentadas (4 a) y (4 b). Las horquillas citadas están articuladas sobre los ejes (8 a) y (8 b) y se reúnen en (9 a) y (9 b) a los núcleos enchufables (11 a) y (11 b) de dos electroimanes (12 a) y (12 b). Dos muelles (13 a) y (13 b) obligan los núcleos hacia el exterior, mientras que la excitación del electroimán los atrae hacia el interior.

El tornillo sin fin (3) hace girar un piñón (14) calado sobre un árbol intermedio (15) que, por medio de otro sin fin (16) ataca a un piñón (17) calado sobre el árbol (18) de transmisión. Sobre este último hay calada una rueda dentada (19) situada enfrente de un engranaje de la misma dimensión e iguales dientes (21), que en su rotación es solidario de la polea de transmisión (22) sobre la cual se arrolla el cable unido al timón de dirección. Un piñón dentado bastante ancho (23) está montado sobre un balancín (24) articulado en (25 a) y maniobrado por el eje (25 b) de manera que permite engranar el piñón (23) con las dos ruedas dentadas (19) y (21) simultáneamente. Este sistema de desembrague ofrece una seguridad absoluta.

El funcionamiento es el siguiente:

Supongamos, por ejemplo, que se excite el electroimán (12 b); este imán atrae a su núcleo (11 b), el cual, por intermedio de la horquilla (7 b) aplicará la rueda de fricción (6 b) contra el engranaje (4 b), cuya rotación la arrastrará. El árbol (2) empezará a girar y hará pivotar al piñón (14), al árbol intermedio (15), al piñón (17) y al árbol de transmisión (18). Si se ha tenido cuidado de embragar el piñón (23) con las ruedas dentadas (19) y (21) por medio del balancín (24), estas dos ruedas girarán solidariamente y la polea (22) será arrastrada en un sentido determinado. Es evidente que la excitación del electroimán (12 a) la haría girar en sentido inverso.

#### Cambio de incidencia automático

Según lo que dejamos expuesto, los órganos indicadores de reflejos y los servomotores no aseguran más que el

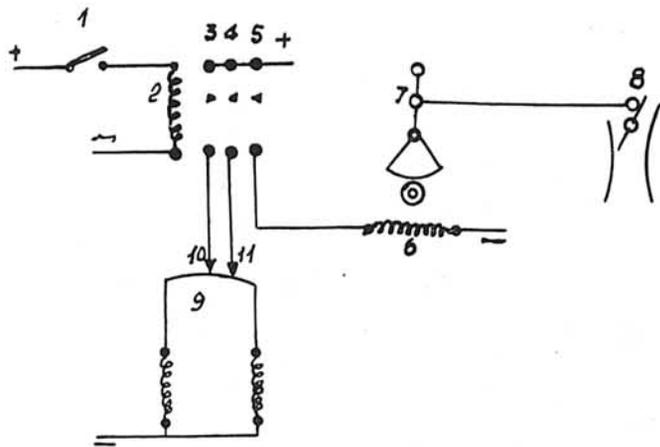


Fig. 6.

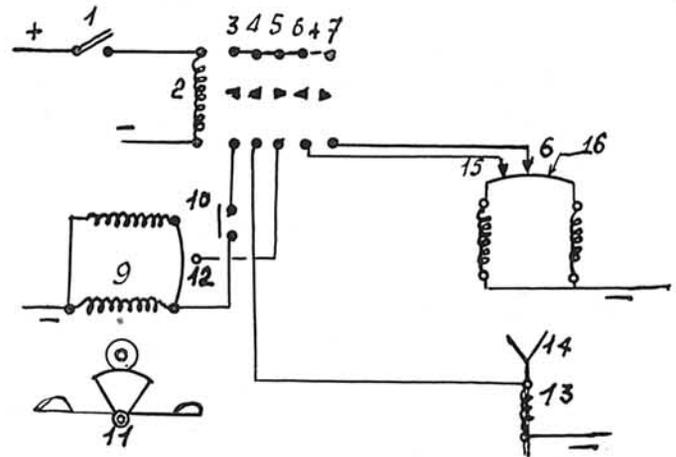


Fig. 7.

vuelo rectilíneo y horizontal. Si se quiere hacer encabritar o picar al avión, es preciso:

- 1.º Cambiar el régimen del motor o motores que lo impulsan.
- 2.º Variar la incidencia del timón de profundidad.
- 3.º Cortar el circuito eléctrico del estabilizador de vuelo horizontal.

Estas diferentes maniobras, que deben ser automáticas, se efectúan por medio de un sencillo contacto eléctrico (1) y de un relevo (2) que distribuye la corriente sobre los órganos que hay que poner en movimiento.

El funcionamiento es el siguiente: Maniobra de encabritado (ejemplo, fig. 6):

- 1.º El circuito de la escobilla (10) de vuelo horizontal del estabilizador de profundidad se corta por la laminilla (3).
- 2.º Por la laminilla (4), la corriente es enviada sobre la escobilla (11) de régimen encabritado del estabilizador, dando así mayor incidencia al avión.
- 3.º Por la laminilla (5), la corriente se envía sobre el servomotor que actúa sobre la manilla del gas, abriendo la mariposa del carburador y aumentando así el régimen del motor o motores.

Para volver al vuelo de régimen rectilíneo, es preciso cortar el contacto (1) y cerrar otro contacto de vuelo horizontal, que pone la manilla de los gases en la posición correspondiente al régimen normal de vuelo.

Para hacer picar al avión, las maniobras son idénticas; se empleará otro contacto y otro relevo.

#### Cambio de rumbo automático

Para pasar del vuelo horizontal rectilíneo al vuelo en línea curva, o sea para hacer un viraje, es preciso hacer las maniobras siguientes:

- 1.º Bloquear el giróscopo de dirección, que sin esto se opondría al viraje.
- 2.º Cortar la corriente sobre la escobilla del giróscopo de dirección.
- 3.º Enviar la corriente sobre el servomotor de dirección de modo que dé al palonier un ángulo en el sentido del viraje que se quiere iniciar.

- 4.º Cortar la corriente sobre la escobilla de vuelo horizontal del péndulo lateral.
- 5.º Enviar la corriente sobre la escobilla de corrección del péndulo lateral.

Como para las maniobras de subida y descenso, también éstas necesitan un contacto y un relevo.

El funcionamiento es el siguiente: Maniobra de viraje a la derecha (ejemplo, fig. 7):

- Se apoya sobre el contacto (1) y el relevo (2) se encuentra excitado, lo que ocasiona:
- 1.º Por la laminilla (5), la ruptura de la corriente sobre la escobilla (12) del giróscopo de dirección.
  - 2.º Por la laminilla (4), el bloqueo del giróscopo por la acción del electroimán (13) y del cono (14).
  - 3.º Por la laminilla (3), la excitación del embrague de viraje a la derecha del servomotor de dirección, que acciona el palonier (11) hacia la derecha de un ángulo determinado por el limitador de recorrido.
  - 4.º Por la laminilla (7), la corriente es cortada sobre la escobilla (6) del péndulo lateral.
  - 5.º Por la laminilla (6), se envía la corriente sobre la escobilla (15) de corrección hacia la izquierda del péndulo lateral.

El avión vira con un ángulo de inclinación ligeramente inferior al ángulo teórico correspondiente al radio del viraje.

Para salir de un viraje, se necesita cortar el contacto (1) y apoyar el de vuelo horizontal. En este momento, el cono (14) deja libre el giróscopo que queda apuntado en la nueva dirección que se le quiere hacer seguir. La corriente es restablecida por las laminillas (5) y (7) sobre la escobilla del giróscopo y sobre la escobilla (6) del péndulo. El avión se vuelve a encontrar estabilizado en su trayectoria rectilínea.

#### Salida automática

Para hacer despegar un avión, es preciso operar con las maniobras siguientes:

- 1.º Dar al motor o motores del avión su potencia máxima.

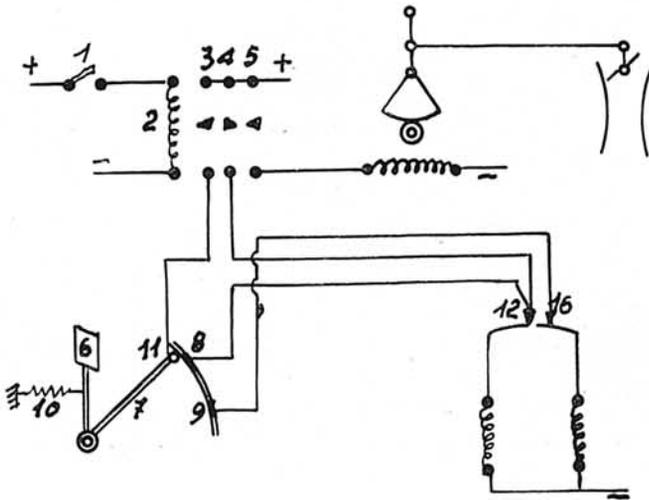


Fig. 8.

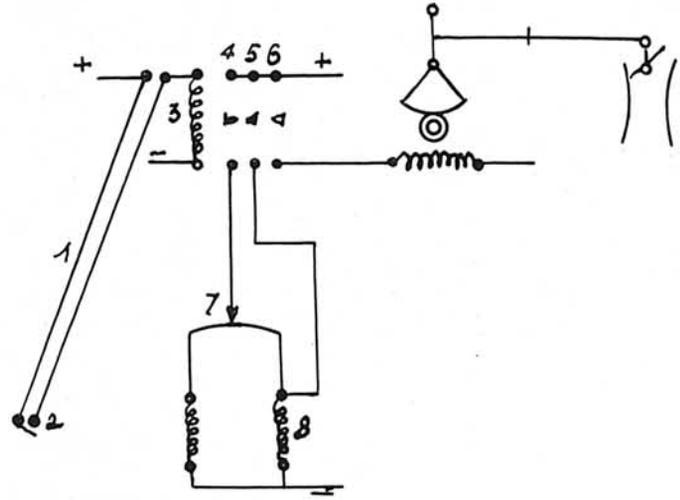


Fig. 9.

2.º Dejar al avión con el timón de profundidad en la posición de máxima incidencia (palanca hacia adelante).

3.º Cuando el avión ha tomado una velocidad suficiente, tirar ligeramente de la palanca para que despegue.

Estas diversas maniobras son obtenidas automáticamente por los órganos siguientes (fig. 8):

1.º Un contacto eléctrico (1).

2.º Un relevo (2) con tres contactos cuyos cometidos son los siguientes:

a) Contacto (3), que envía la corriente sobre el anemómetro.

b) Contacto (4), que corta la corriente de la escobilla (12) de vuelo horizontal del péndulo de profundidad.

c) Contacto (5), que excita el embrague del servomotor de los gases poniendo así el motor o motores propulsores del avión a su régimen máximo.

3.º Un anemómetro indicador de velocidad, que puede ser de paleta (6) (equilibrada), y que puede ser colocado en el viento de la marcha del avión.

Esta paleta, que se desplaza más o menos según la velocidad del avión, es mantenida en equilibrio por un muelle antagonista (10). En su movimiento arrastra una varilla (7) que lleva una escobilla (11), la cual recibe la corriente del contacto (3) del relevo (2).

Cuando el avión está parado, la escobilla (11) apoya sobre una zona de materia aislante. Después que el avión se ha puesto en movimiento, a medida que toma velocidad, la paleta (6) se retira hacia atrás haciendo desplazar la varilla (7) y la escobilla (11).

Cuando el avión ha tomado una velocidad suficiente para rodar en línea de vuelo, la escobilla (11) viene sobre el contacto (8) y establece la corriente sobre la escobilla (11) de vuelo horizontal del péndulo indicador de reflejos de profundidad.

En este momento el timón de profundidad vuelve a su posición normal de vuelo y el avión continúa rodando acelerando su velocidad.

La laminilla se retira todavía un poco y la escobilla (11) viene en contacto con el plot (9), cortando así la corriente sobre la escobilla (12) y enviándola sobre la escobilla (16),

que tiene por objeto traer la palanca hacia atrás y de ahí, hacer despegar el avión.

Para cesar esta subida, es preciso cortar la corriente (1) y cerrar el contacto de vuelo horizontal.

#### Aterrizaje automático

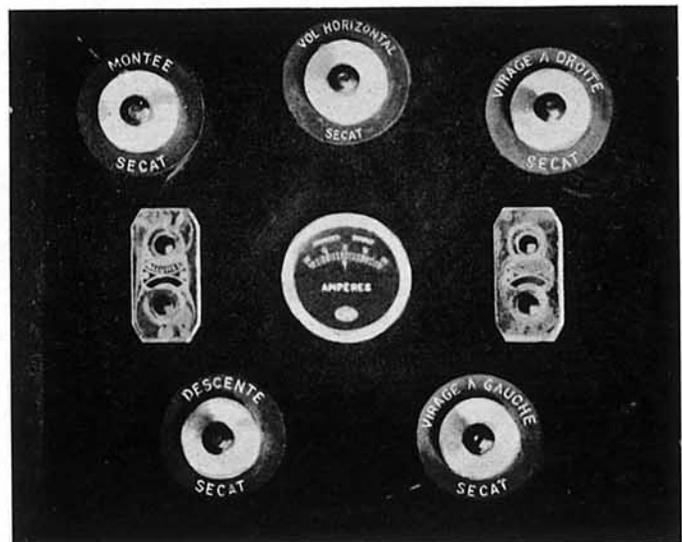
Para hacer aterrizar un avión es preciso:

1.º Ponerle al régimen de descenso normal.

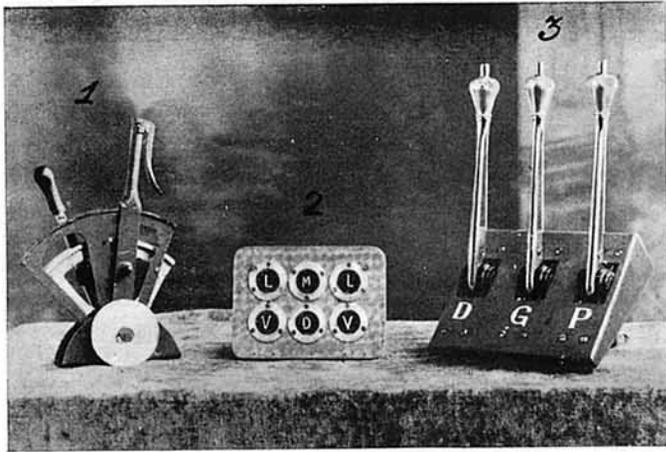
2.º A unos diez metros del suelo, quebrar su línea de descenso para hacerle perder un poco de velocidad.

3.º A una altura de unos cinco metros (a determinar según el tipo del avión), reducir por completo el motor o motores propulsores del avión y volver a traer progresivamente la palanca hacia atrás para redondear la trayectoria, de modo que lleguen al suelo las ruedas y patines de cola al mismo tiempo.

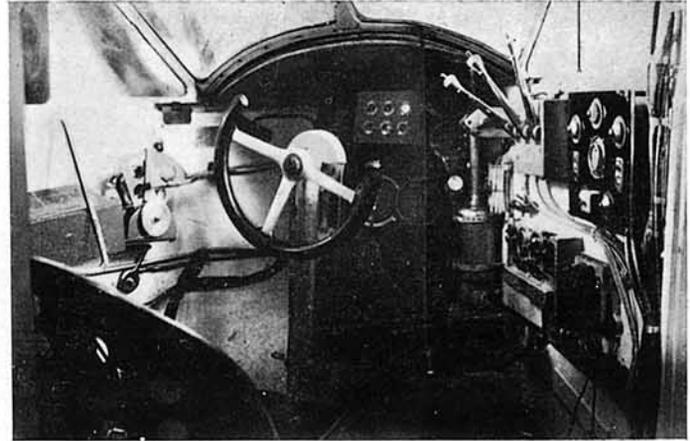
Esto se obtiene (fig. 9) por medio de una pértiga (1) que lleva a su extremidad inferior un contacto (2) que



Tablero de mando. — Arriba, botones de subida, vuelo horizontal y viraje a la derecha. Abajo, los de descenso y viraje a la izquierda.



Mandos para el pilotaje automático: 1. Manetas de gases. — 2. Luces de control. — 3. Manetas de desembrague.



Interior del puesto de pilotaje. A la derecha, el tablero y palancas del piloto automático.

excita un relevo (3). Este relevo lleva tres laminillas que tienen por objeto:

a) Laminilla (4): cortar la corriente sobre la escobilla (7) de vuelo horizontal del estabilizador de profundidad.

b) Laminilla (5): excitar el embrague de subida del servomotor de profundidad.

c) Laminilla (6): excitar el servomotor de los gases para poner el motor o los motores al régimen completo del ralenti.

Al arrancar el avión la pértiga se mantiene enganchada automáticamente y extendida bajo el fuselaje. Cuando el avión vuela, un fiador automático la deja en libertad.

Para aterrizar basta traer al avión frente al terreno con el viento de cara y oprimir sobre el botón de descenso.

El avión se aproxima al suelo y cuando está a unos diez metros se toca el contacto de aterrizaje; aquél quebrará su línea de descenso, continuará aproximándose al suelo y la pértiga al tocar tierra hará el resto.

## CONCLUSIÓN

Pensamos haber podido dar al lector una idea de los problemas planteados por el pilotaje automático, sobre todo por la utilidad, por no decir la necesidad de dispositivos de estabilización automática.

No hemos desarrollado en este artículo, por ser ya demasiado extenso, las cuestiones de despegue, aterrizaje y maniobras automáticas (barrena a derecha a izquierda, etc.) provocadas bien por un miembro de la tripulación, bien por T. S. H. o cualquier otro aparato. Tampoco hemos hablado de dispositivos más sencillos que pueden dar al avión la estabilidad en línea de vuelo o la estabilidad de rumbo.

Sólo nos queda dar las gracias a REVISTA DE AERONÁUTICA por habernos dado una vez más hospitalidad en sus columnas. Lo agradecemos tanto más, cuanto que, los artículos publicados en esta REVISTA, son siempre de un alto nivel y contribuyen muy poderosamente al progreso general de la Aviación.



Un avión provisto de piloto automático. Bajo el fuselaje se advierte, recogida, la larga pértiga que sirve para el aterrizaje, y a la derecha del fuselaje, cerca de la cola, otra más pequeña que se utiliza para el despegue.