

## Cabinas estancas

### Consideraciones generales acerca del vuelo a gran altura

(Extracto de un artículo de C. HEUBES, publicado en Forces Aériennes Françaises.)

El vuelo a gran altura, normal hace tiempo en los aviones militares, se va generalizando cada vez más en los aviones civiles. Esto es debido a la mejora de características y mejora de la seguridad, pues el vuelo se realiza así fuera de las zonas donde se pueden producir perturbaciones atmosféricas.

El descenso de la presión debido a la altura puede significar graves molestias y hasta peligro para los ocupantes del avión.

Para evitar estos inconvenientes fisiopatológicos se han estudiado diversas soluciones:

1.º El empleo de unos trajes especiales que aseguren un aumento de presión, respecto al exterior, de  $140 \text{ g/cm}^2$  (la séptima parte de la presión atmosférica en el suelo). Estos trajes permiten realizar un trabajo de observación, pero ofrecen inconvenientes para el trabajo normal. Molesta mucho al piloto, mientras está en su puesto, y obstaculiza los movimientos de la tripulación de los aviones. Esto es sólo aplicable a los aviones militares.

2.º A fin de suprimir algunos de estos inconvenientes se han inventado unas máscaras respiratorias bajo presión, que se utilizan para los vuelos realizados a alturas comprendidas entre 11.000 y 14.000 metros.

Estas máscaras sólo permiten un exceso de presión de  $25 \text{ g/cm}^2$ , y no se pueden utilizar durante mucho tiempo, ni evitan, por otra parte, el malestar producido por la reducción de la presión total. Tampoco es aplicable este sistema más que a los aviones militares.

3.º Cabina con suministro de oxígeno. En

su tiempo pareció esta la mejor solución. Asegura el oxígeno en los pulmones, pero éste se consume en una proporción enorme, por lo cual su empleo queda limitado a vuelos de corta duración. Por otra parte, sigue subsistiendo el descenso de la presión total, y con él sus efectos fisiopatológicos. No es, pues, una solución satisfactoria.

Además de los inconvenientes enumerados, y en relación con las tres soluciones citadas, hay que mencionar la falta de protección a que los ocupantes están expuestos frente a las variaciones de la presión durante los cambios de altitud y contra las variaciones de la temperatura exterior.

4.º *La cabina estanca.*—Consiste en hacer que todo o parte del fuselaje sea estanco y capaz de resistir una presión interna. Por otra parte, hay que prever un cierto número de aparatos suplementarios destinados a mantener en la cabina estanca una corriente de aire bajo presión controlada, a una temperatura y grado de humedad igualmente regulados.

Desde el punto de vista del peso, el equipo completo de una cabina estanca es más ligero que el de una cabina corriente que tenga análogas características equipado con aparatos de oxígeno.

*Generalidades sobre las cabinas estancas.* El estudio de las cabinas estancas abarca numerosos y variados problemas, que expondremos indicando sus posibles soluciones.

En los aviones civiles, lo más importante es la comodidad de los pasajeros, mientras que en los militares es suficiente que permi-

ta a la tripulación del aparato cumplir su misión sin perjudicar las características del avión.

**Presión, temperatura y humedad que hay que mantener dentro de una cabina estanca.**

*Condiciones ideales.*—El ideal sería mantener las condiciones de "confort" que se dan al nivel del mar. Se entiende aquí por "confort" un estado en el que el sujeto no se da cuenta de los procesos fisiológicos que su organismo pone en acción para adaptarse al medio ambiente.

*La presión.*—Consideremos primeramente la altitud ficticia que hay que mantener en la cabina. Puede mantenerse nula, indudablemente; es decir, se puede restablecer siempre la presión que hay al nivel del mar. Esta solución ideal nos lleva a las cifras siguientes, relativas a la compresión que debe mantener el compresor de la cabina, por una parte, y que la cabina estanca debe soportar, por otra:

552 g/cm<sup>2</sup> (media atmósfera, aproximadamente) para un vuelo a 6.000 metros.

764 g/cm<sup>2</sup> (0,74 de atmósfera) para un vuelo a 10.000 metros.

El peso de la cabina estanca aumenta con la resistencia que debe soportar. Lo mismo ocurre con el compresor de la cabina, cuyo consumo y potencia aumentan con la compresión. Si se quiere restablecer la presión estando a 6.000 metros y, con mayor razón, a 10.000 metros, se llega a pesos de estructura y a un consumo de potencia inaceptables.

Conviene, pues, limitar la compresión dentro de la cabina y tolerar, por tanto, una cierta altitud ficticia en la cabina. La elección de esta altitud depende de las posibilidades fisiológicas de los ocupantes de la cabina. Se admite generalmente que los 3.000 metros es el límite donde aparecen los síntomas debidos a la reducción de la presión, para las personas normales. Esta altitud puede ser francamente inferior, según la edad y la salud del individuo. Actualmente se ha optado por una solución media de una altitud ficticia de 2.500 metros, pudiendo elevarse, por espacio de un período ex-

cepcional de corta duración, hasta 3.500 metros.

Junto a la presión absoluta también influye en el "confort" del pasajero la velocidad con que varíe la presión. Esta pérdida de presión puede hacerse muy desagradable, e incluso dolorosa para personas que no saben cómo atenuar sus efectos. También se recomienda que esté limitada a un valor bien determinado, o sea: 12 g/cm<sup>2</sup> por minuto, lo que equivale, en tierra, a una velocidad vertical de 100 m/minuto.

*La temperatura.*—La temperatura considerada como confortable que debe conseguirse en la cabina oscila, para un hombre inmóvil, entre los 18° y los 34° C., para aire seco, y de 18° a 27° si es húmedo, debiendo ser el movimiento del aire, en la zona de las temperaturas elevadas, lo suficientemente rápido para hacer tolerables estas temperaturas.

Por lo que se refiere al acondicionamiento de las cabinas en tierra, conviene que no haya una diferencia de más de 6° C. entre la cabina y el medio ambiente, con el fin de evitar el choque térmico a los pasajeros cuando embarquen o desembarquen. Por ejemplo, en los países tropicales muchas veces hace falta dejar que la temperatura de la cabina, cuando el avión está en tierra, sea superior a la temperatura de "confort", a reserva de ir disminuyendo progresivamente después de que los pasajeros hayan embarcado.

*La humedad.*—La humedad relativa dentro de una cabina estanca debe mantenerse entre un 60 y un 40 por 100, variando la temperatura entre los 18 y los 24° C. Para mantener esta humedad hace falta casi siempre introducir artificialmente vapor de agua en el aire de la cabina. Esta necesidad se hace sentir, sobre todo, en el vuelo a gran altura, donde la atmósfera está muy seca.

El humedecimiento del aire de la cabina produce ciertos efectos, como son la formación de vaho en las ventanas y parabrisas y la formación de depósitos de agua en las partes frías del fuselaje, con el correspondiente peligro de corrosión.

Estos peligros obligan a adoptar unas disposiciones especiales, que estudiaremos en los capítulos siguientes.

Por ahora, parece ser que no existe un higrómetro regulador adecuado susceptible de ejercer una regulación de la humedad. Por esta razón se ha abandonado el humedecimiento del aire en los aviones que funcionan actualmente, estándose estudiando el problema.

*Regulación de la presión de la cabina.*— Para mantener dentro de la cabina mayor presión con relación a la atmósfera exterior y asegurar un suministro mínimo de aire nuevo, se toma éste del exterior y atraviesa un compresor y diferentes aparatos destinados a concederle las condiciones de temperatura y humedad requeridas.

El procedimiento que se sigue para regular la presión es alimentar de aire la cabina, controlando la presión resultante por medio de una válvula de escape, con lo cual se asegura la renovación y circulación de éste.

Los aparatos principales destinados a regular la presión son los siguientes:

*Válvula reguladora.*— Este aparato debe funcionar automáticamente, permitiendo también la intervención manual. Además, debe contar con un sistema de alarma, generalmente eléctrico, que indique al piloto y al mecánico, por medio de una señal óptica o sonora, que la presión de la cabina ha descendido por debajo de su valor normal. La válvula reguladora de presión mantiene la presión de tierra en el despegue hasta que se consigue la presión diferencial máxima admitida, y después mantiene la presión diferencial constante cuando el avión continúa elevándose.

Esto se consigue por medio de unas cápsulas aneroides como aparatos detectores de la presión, que actúan sobre las válvulas reguladoras por medio de unos relés mecánicos, eléctricos o neumáticos.

Todas las informaciones concuerdan en afirmar que las válvulas reguladoras de la presión de la cabina que se emplean actualmente no son todavía perfectas.

*Válvula contra el retroceso.*— Esta válvula está instalada en el sistema de alimentación y debe evitar que el aire de la cabina retro-

ceda al compresor en caso de avería de éste o de una rotura de las tuberías flexibles de unión.

*Características generales de la instalación.* La regulación de la presión debe ser automática. Sin embargo, es necesario disponer de un mando manual, que puede hacer falta en casos especiales. Es necesario aislar la cabina del aparato de alimentación de aire, lo que se consigue utilizando una llave de paso combinada con una válvula de escape. Esta disposición ofrece la ventaja, además, de poder evitar, en caso necesario, la introducción dentro de la cabina de humo procedente de una fuga de aceite en el compresor o del incendio de un motor.

La instalación debe funcionar correctamente sea cualesquiera que sea la cantidad de aire que la atraviese. En el caso de que se produzca un cese brusco del suministro de aire, debe mantener la presión residual de la cabina el mayor tiempo posible. El aparato debe ser fácil de regular para permitir probarlo en tierra.

*Prescripciones especiales para los aviones civiles.*— Los principales factores del "comfort" de los pasajeros son, sin duda alguna, la conservación de las condiciones de tierra dentro de la cabina, si es posible, y una variación de la presión, lo más pequeña posible.

Mientras que en la cabina se mantienen las condiciones que se dan en tierra, el piloto tiene libertad completa de maniobra en una gran escala, porque los pasajeros no sufren ninguna variación de presión. Sin embargo, no cabe duda que la tripulación debe disponer de un cierto control; por ejemplo, un avión parte del nivel del mar y aterriza en un aeródromo situado a 2.000 metros de altura. En las condiciones indicadas más arriba se tendrá un exceso de presión de alrededor de 0,25 kgs/cm<sup>2</sup> dentro de la cabina, y para no exceder la pérdida de presión admisible harán falta veinte minutos para igualar la presión interna y la externa. Por tanto, hace falta disponer de una instalación especial que haga que la presión de la cabina pase lentamente a la presión del aterrizaje cuando el vuelo toca a su fin,

de modo que permita abrir la cabina tan pronto como el avión tome tierra.

*Prescripciones especiales para los aviones militares.*—Es necesario el automatismo, por la razón de que la tripulación de un avión militar tiene ya demasiadas ocupaciones. También es muy importante el mando manual para aflojar la presión en caso de peligro, o en caso de que sea necesario abrir las cubiertas corredizas, el parabrisas de visión directa, etc.

*Acondicionamiento del aire.*—En los aviones militares no se exige en realidad un verdadero acondicionamiento del aire, toda vez que la tripulación va provista de trajes de vuelo que en último caso les asegura una buena protección contra el frío, y de máscaras respiratorias que les asegura que el aire que respiran posee el oxígeno debido. En estas condiciones, el acondicionamiento del aire de la cabina puede ser bastante somero. Sin embargo, actualmente se tiende a aumentar el confort de las tripulaciones de los grandes aviones militares de gran radio de acción, aliviando el equipo de los hombres y cuidando más del acondicionamiento de la cabina.

En los aviones civiles los factores que influyen en el confort de los pasajeros nos conducen a las siguientes conclusiones:

a) La temperatura de la cabina debe ser de 18 a 24° C., con una humedad relativa de 60 a 40 por 100, como ya se ha dicho anteriormente.

b) Debe mantenerse al nivel de la cabeza una temperatura que apenas sea superior a la que haya al nivel de los pies.

c) Debe mantenerse, si es posible, una temperatura de pared superior a la temperatura del aire.

d) Se debe asegurar una renovación del aire de 450 g/minuto por persona como mínimo, y en caso de avería, de 270 g/minuto por persona como mínimo.

e) La velocidad del aire, sobre todo en los pies, debe estar comprendida entre 0,08 y 0,25 m/seg.

f) Para evitar el mal olor del "recalentamiento" debe limitarse todo lo posible la temperatura máxima del circuito a 60° C.

Cada avión debe ser estudiado según el tonelaje transportado y los climas por los que atraviesa la línea que lo utilice. Resulta inútil disponer una refrigeración en los aviones destinados a las líneas que vuelan en climas templados. Por el contrario en los aviones de gran tamaño, destinados a volar sobre cualquier latitud, se debe instalar un acondicionamiento completo con refrigerador, desecador y humedecedor.

La zona de "confort" que se ha precisado anteriormente queda subordinada a que hay que evitar en las transiciones toda diferencia que sea superior a 6° C. (al pasar de la cabina al exterior o a la inversa). Así en un país tropical, no es necesario ni deseable refrigerar el aire a más de 6° C. por debajo de la temperatura ambiente. Sin embargo, lo contrario no siempre es cierto; en un país frío los pasajeros prefieren quitarse sus trajes de invierno al entrar en la cabina.

*Ventilación.*—La ventilación está en íntima relación con la calefacción del aire. Hay que evitar velocidades excesivas de aire en la cabeza, o sea que sobrepase los 25 cm/seg. Bajo muchos aspectos sería de desear que el pasajero pudiera controlar la cantidad de aire caliente o frío que necesita. Pero eso ofrecería grandes dificultades, entre ellas la de duplicar el número de conducciones y la imposibilidad de instalar una regulación termostática general. Si el acondicionamiento del aire está convenientemente dispuesto, los pasajeros no experimentarán la necesidad de una corriente de aire fresco, que es una necesidad creada, muchas veces, por la sensación de calor que ocasiona con frecuencia el mareo. En casos excepcionales, se pueden utilizar ventiladores portátiles para aumentar localmente la velocidad del aire.

Ciertos compartimientos de la cabina tienen una atmósfera maloliente (cocinas, y lavabos, por ejemplo). El aire de estos departamentos no debe volver a circular. A fin de evitar la difusión de los malos olores, se mantiene también una depresión débil en relación con la de la cabina, evacuándose el aire directamente por el regulador de presión. Finalmente hay que asegurar una velocidad de renovación mayor que para las demás partes de la cabina.

**Calefacción.**—Debe hacerse por las paredes. Si se piensa instalar unos radiadores eléctricos, eso representa tener que instalar una fuerza eléctrica suplementaria considerable; por otra parte, los radiadores que se calientan por medio de aire o vapor de agua implican un gran aumento de peso y grandes dificultades de instalación. En general, falta sitio para semejantes instalaciones. La solución más extendida actualmente consiste en utilizar las paredes de la cabina como si fueran las caras de los conductos por donde pasa el aire caliente. Esta pared se encuentra de este modo caliente automáticamente.

En la calefacción por aire hay que tener en cuenta la aportación calorífica del compresor. No obstante la cifra de 60° C. como temperatura máxima no debe sobrepasarse en el circuito de acondicionamiento. Esta restricción limita la cantidad de calor que hace falta completar muchas veces calentando una cierta cantidad de aire.

Es difícil determinar exactamente la cantidad de calor que hay que suministrar a la cabina de un avión, pues la transmisión del calor se hace por un proceso bastante complicado.

**Refrigeración.**—El calentamiento del aire, debido a la compresión, hace que la temperatura exceda de los límites del confort, cuando el avión vuela en un clima templado o caliente. Parece, pues, necesario, en estas condiciones, refrigerar el aire a la salida del compresor. Se consigue eso fácilmente por medio de radiadores, cuando el aire atmosférico no sobrepasa la temperatura de confort.

**Humedecimiento.**—Si tenemos en cuenta la escasa humedad absoluta que existe en las altas capas atmosféricas, se ve que el aire admitido en la cabina es muy seco. El aire que los pasajeros expiran y la transpiración de los mismos contribuyen a aumentar la cantidad de agua en la atmósfera de la cabina, sin que logre, sin embargo, alcanzar un valor conveniente para el "confort" en los vuelos a gran altura. Se puede resistir sin inconveniente una sequedad relativa durante un viaje corto. Pero para realizar una gran travesía es necesario mantener una humedad adecuada.

La cantidad de agua a suministrar depende de las condiciones exteriores y de la rapidez de la ventilación.

Para añadir la cantidad de agua necesaria se mete agua en un tubo o recipiente, que se pone en ebullición por un calentador. El vapor de agua así obtenido se inyecta al aire de la ventilación.

**Suministro de aire.**—La ventilación de una cabina estancia acondicionada a la presión exige la aportación continua de aire bajo presión. Estudiaremos aquí cuál es el método más económico y el más racional de suministrar el aire.

El consumo de aire en los aviones civiles debe ser, por lo menos, de 500 gr/mn. por persona. Hay que tener en cuenta que los instrumentos de V. S. V. que hay en muchos aviones van provistos de giróscopos de turbina de aire, y consumen una parte del aire de la cabina. También hay que tener en cuenta el consumo de aire de equipos análogos.

El suministro de aire a la cabina se hace, como se dijo anteriormente, a través de un compresor. En aviones pequeños, el consumo es igualmente pequeño, y la potencia del compresor es una pequeña parte de la potencia total, y se puede acoplar el compresor al motor a través de una caja de engranajes.

En aviones de gran tamaño el consumo de potencia del compresor es mayor, y requiere un suministro de energía especial, que puede ser independiente de los motores del avión.

Las características de estos compresores son las siguientes:

- a) No deben de calentar el aire por encima de los 60° C., con el fin de evitar los olores de origen orgánico.
- b) Deben ser regulables, dentro de un margen de velocidades.
- c) El aire comprimido ha de tener una cantidad mínima de aceite.

Actualmente hay varias casas que se dedican a construir compresores de estas características, siendo casi todos ellos de tipo centrífugo.

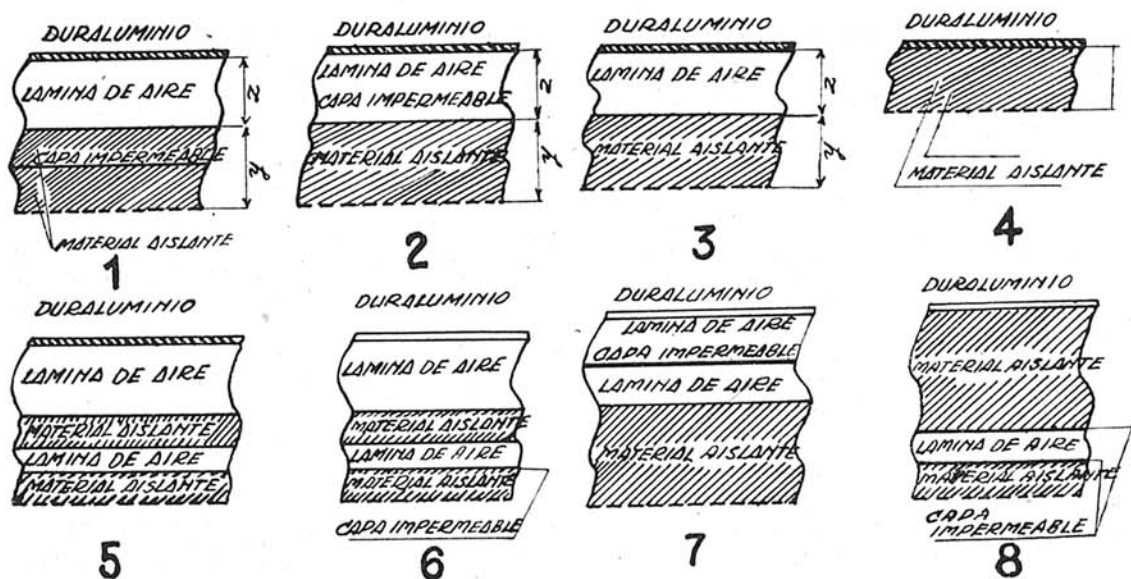


Fig. 1.

#### Aislamiento contra la pérdida del calor y contra el ruido.

En los aviones militares el aislamiento contra la pérdida del calor y contra el ruido no se puede considerar como esencial, aunque sea útil, pues se puede dotar a las tripulaciones de unos equipos individuales que permitan las comunicaciones y mejoren el "confort". El aislamiento contra la pérdida del calor y contra el ruido es indispensable para la comodidad de los pasajeros en los aviones civiles.

*Estructura de los tabiques aislantes del calor y del ruido.*—En la figura 1 se ofrecen algunos ejemplos de esas estructuras. Para un espesor determinado de material y revestimiento metálico el añadirle una membrana impermeable como se ve en 1 y 2, da lugar a una mejora sensible en muchos casos, con relación a los resultados obtenidos en 6. Entre 1 y 2, parece que este último da mejores resultados.

La introducción de agua en los materiales da lugar a riesgos de corrosión en las superficies metálicas y a una disminución de las características de estos materiales. Así es que la cara del material que mira al interior de la cabina debe ser porosa para satisfacer las exigencias de los materiales con-

tra la propagación del ruido. En muchos casos, el aire húmedo se introducirá en el espacio comprendido entre el material y el revestimiento metálico. Para evitar las condensaciones que pudieran producirse sobre el revestimiento metálico, haría falta una capa aislante de por lo menos 50 milímetros de espesor que estuviera recubierta de una membrana impermeable al agua. Los americanos esperan revestir de celofán los materiales aislantes de calor y ruido. Sin embargo, el espesor y la imposibilidad de lograr una impermeabilidad perfecta contra el vapor de agua hace que se empleen sistemas tales como los indicados en 1 y 2 (fig. 1). Cuando se quiere utilizar una pared para canalización de aire caliente, se recomienda el empleo de unas estructuras del tipo 5, 6, 7, 8.

En una cabina estanca conviene aumentar el aislamiento acústico en la región del plano de las hélices. También hace falta combatir el ruido de los pisos, recubriéndolos de cualquier materia absorbente, como un tapiz, etc. No cabe duda que una fuga en la instalación en otra parte cualquiera anula toda la mejora que pueda aportar la medida adoptada. Los tableros que se utilizan deben recubrirse o formar un todo impermeable con las membranas de apoyo.