

## Consideraciones sobre el diseño e instalación de las listas de control, placas y manuales

(Extractado de un artículo de David H. Kaplan, publicado en *Aeronautical Engineering Review*.)

El objeto de este artículo es dar un punto de partida para posteriores estudios y experimentación de los sistemas de indicación de la cabina. Una lista de control diseñada inteligentemente y usada correctamente ayuda a compenetrar al hombre con el mecanismo, contribuyendo a evitar accidentes debidos a errores de pilotaje o instalaciones defectuosas de cabina.

El proyectista tiende a mirar al piloto como a un hombre dotado de cualidades sobresalientes y al que es imposible el error humano. Su perspectiva, limitada a pilotos de cualidades tan excepcionales como lo son los de pruebas, acaba adquiriendo una falsa impresión de lo acertado de su diseño desde un punto de vista operacional. Así, es corriente en las oficinas de proyectos oír la expresión: "si hiciese esa falta no debería volar". El proyectista, pensando así, no modifica paneles, conmutadores o controles, que permiten operaciones incorrectas o para las que hace falta una concentración mental excesiva.

Esta actitud ha contribuido a exigir considerables requerimientos para las tripulaciones de pruebas; y ha cargado en sus espaldas una responsabilidad excesiva. Hay que admitir que un piloto no puede recordar todo lo que sabe, y la lista de control le servirá de recordatorio (como lo es para el ama de casa la nota para la salida de compras).

Sin embargo la mera presencia de las listas de control no es suficiente para evitar errores de pilotaje. Algunos pilotos miran el uso de las mismas, como una ayuda innecesaria, un signo de debilidad o una indicación de la incompetencia del piloto. Esto se da en gran escala en aviones de turismo, en los que pilotos inexpertos creen que el uso de listas de control llevará a los pasajeros a la convicción de que no conocen el

manejo del avión. Los pilotos de transporte toman, en general, una actitud más objetiva. Así, las listas de control acaban siendo consideradas como un servicio para ser usado únicamente por los pilotos que vuelan en aviones desconocidos. Los pilotos privados emplean las listas de control sólo en casos de emergencia. Respecto a los aviones militares, aunque todos ellos llevan listas de control, su garantía es escasa, sobre todo, en aviones monoplazas.

Un objeto de la lista de control es, efectivamente, familiarizar al alumno o al piloto con el manejo de equipos no familiares; pero otra misión aún más importante es evitar la posibilidad de operaciones erróneas, facilitando un constante recordatorio de las etapas necesarias en cada operación. Su concepción debe obedecer a la idea de que puede llegar en el vuelo un momento en que, por enfermedad, fatiga, preocupación y aún por placer, haya una falta de atención que dé lugar a una situación peligrosa, que el uso de la lista hubiera evitado.

Un recordatorio constante tal vez no sea necesario para las maniobras ordinarias de un avión sencillo, cuando la atención del piloto está concentrada totalmente en operaciones familiares. Sin embargo, durante un largo vuelo, o en etapas de esfuerzo y fatiga, es de vital importancia que el piloto se provea de una guía precisa en forma de lista de control; y el único camino para que en los momentos que sea precisa se esté acostumbrado a su uso, es manejarla de una forma continuada durante la rutina de vuelo.

Lo acertado del diseño de una lista viene en gran parte asociado con presentarla de forma que se adivine la maniobra, en lugar de tener que pensar en ella. Esto es asimismo aplicable a la presentación de instrumentos, en los que constituye con fre-

cuencia una causa de error lo inadecuado de su diseño. Ejemplos de esto lo constituyen las lecturas equivocadas de altímetros y llaves de combustible. Muchos pilotos recuerdan, en efecto, haber pensado en abrir el combustible, y en su lugar lo han cerrado. El "lapsus" es debido a la preocupación por otros problemas o al hábito de considerar que la lectura es normal.

#### **Algunas consideraciones fundamentales.**

Sobre la forma de presentar las listas de control hay que hacer varias consideraciones fundamentales, las cuales determinan su diseño básico. Tales son:

1. El equipo ¿Está diseñado para ser manejado por uno, dos o tres hombres?
2. Los tripulantes ¿Tendrán alguna resistencia a usar la lista de control?
3. ¿Qué distinciones han de hacerse entre las listas de control para uso normal y las de emergencia?

#### *Operador único.*

En los aviones proyectados para ser manejados por un sólo piloto es de gran importancia la colocación de la lista, y disponerla en forma que sea natural su uso. Para ello lo ideal sería no tener que efectuar ningún movimiento o giro de cabeza para efectuar la lectura, para lo cual debería estar colocada en el tablero de instrumentos. Esto, al mismo tiempo, ayuda a vencer la resistencia psicológica al uso de la lista de control, como demostrativa de la incompetencia del piloto (especialmente en aviones privados, donde los pasajeros pueden observar al piloto). Lo más eficaz en este caso es el empleo de palabras aisladas.

#### *Dos operadores.*

Cuando hay presentes dos o más hombres en la cabina, puede evitarse la omisión de maniobras, por el uso de un sistema de preguntas y respuestas. El copiloto lee cada maniobra y el piloto responde con la colocación del control o conmutador (por ejemplo, se lee "flaps", y se responde "calados"). Esto facilita un doble control de cada maniobra, permitiendo una contrastación instantánea de las distracciones y faltas de atención.

#### *Quién debe diseñar las listas de control.*

Las listas de control serán diseñadas por especialistas en proyectos de cabinas. El proyectista de cabinas es, en efecto, el que coordina la instalación de los controles y equipo para lograr una seguridad óptima, y facilidad de maniobra. Este trabajo puede ser realizado, o bien por un ingeniero con gran experiencia como piloto, o bien en estrecha colaboración con pilotos. La disposición de la cabina se atenderá a los requerimientos de la lista de control.

El decidir la forma, rotulación, iluminación, redacción y colocación se hará después de un cuidadoso estudio de los elementos psicológicos que intervienen. Con este informe se pretende dar una recopilación de aquellos elementos que puedan facilitar el diseño inteligente de las listas de control.

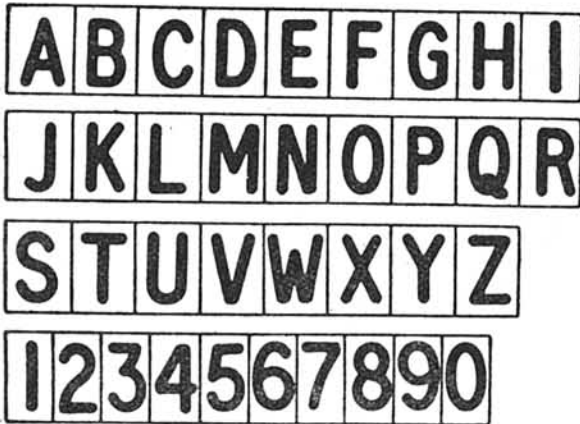
Estas investigaciones no han sido concluyentes en algunos extremos, pero en otros se han marcado direcciones que facilitan una inapreciable ayuda al proyectista. Algunas de ellas podrán aparecer, a los ojos de pilotos experimentados, tan obvias que resulten innecesarias, sin embargo facilitan la labor de los ingenieros proyectistas, con escasa experiencia de vuelo.

#### **Datos y requerimientos.**

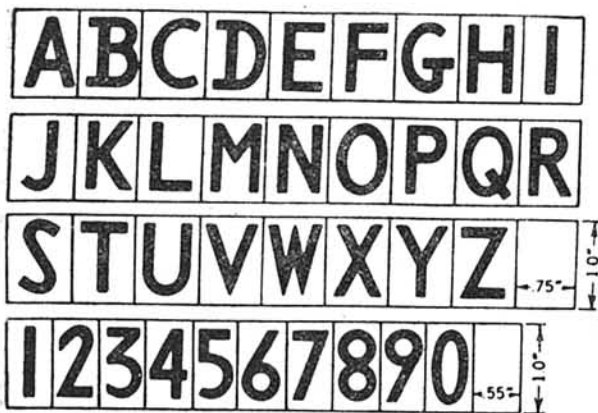
Fundamentalmente, la lista de control no es un manual de instrucción. Su tipo rutinario no describe al piloto la maniobra del avión. Esta es la tarea del instructor o de un manual de vuelo. La lista de control será una guía rígida a seguir, al realizar una serie de operaciones. Será muy legible, es decir, segura de leer; las palabras serán pocas. Un símbolo puede sustituir ventajosamente, en muchos casos, a una palabra. Su misión es dar un recordatorio para que no olvide funciones necesarias tales como bajar el tren de aterrizaje, calentar el carburador, bajar los flaps, etc. El tipo de lista de control para emergencia, variará algo de estos moldes, conteniendo frases descriptivas que muestran lo que debe hacerse en cada caso. En este caso interesa la legibilidad y rápida lectura.

#### *Colocación.*

La colocación ideal para la lista de control es frente al piloto, de forma que sea



Diseño antiguo.



Diseño moderno.

fácil usar visión dividida; es decir, con un ojo a la lista de control y con otro al exterior. El panel de instrumentos es el lugar más indicado, siempre que haya espacio disponible para ello; facilitando simultáneamente el problema de la iluminación. Un tipo satisfactorio de lista de control para el despegue y aterrizaje ha sido usado por los cazas monoplazas de la Marina. Consiste en una pequeña placa montada en una caja de instrumento convencional, provista de un botón similar al de puesta a punto de un altímetro. En un lado de la placa están las instrucciones de despegue, y en el otro, las de aterrizaje. El piloto gira el botón para poner la lista adecuada. Esta se encuentra colocada entre los instrumentos y por ello no puede ser fácilmente olvidada. Tiene el inconveniente de que para su uso hay que girar el botón, y hacer esto supone ver que el piloto usa la lista, lo que puede precaver a éste contra su empleo, sobre todo en aviones civiles. Algunas veces se hace común la lista para el despegue y aterrizaje. Un ejemplo:

*Despegue - Aterrizaje:* Dosificación, Calefacción, Flaps, Frenos, Mandos del tren de aterrizaje.

Esta lista no responde a un importante requerimiento, pues no da una pauta sobre el orden en que deben realizarse las operaciones, y esto es tan importante como mencionarlas.

Si la situación no requiere cambios, un rápido escrutinio de los instrumentos o controles es suficiente; en cambio, si se requiere un cambio en la colocación, la lista indicará la colocación adecuada que a los mismos debe darse.

*Legibilidad.*

Uno de los más importantes requerimientos de la lista de control, cuando está colocada en el tablero de instrumentos, es la legibilidad. En efecto, va a ser leída a cierta distancia, mayor desde luego que la lista manual; estará sometida a las vibraciones y tipo de iluminación de los instrumentos. Por tanto, deberá reunir todos los requerimientos necesarios para una buena legibilidad, si bien algunos de éstos no podrán ser satisfechos totalmente.

La legibilidad está estrechamente vinculada a la agudeza visual, quedando afectadas cada una de ellas por los factores que afectan a la otra.

Los siguientes factores son los que primordialmente afectan a la agudeza visual:

1. Brillo.—Interviene el brillo del color con respecto a su fondo. Respecto a éste, debe señalarse que existen combinaciones de colores que dan óptimas condiciones de contraste con luz diurna, y en cambio no resaltan con visión nocturna.

2. Angulo visual.—Este depende del tamaño y distancia. Por tanto, las dimensiones de los elementos de la lista de control deberán calcularse en función de la distancia a que hayan de estar colocados. Por otra parte, la distancia debe ser lo suficientemente grande para que el piloto no tenga necesidad de acomodar el cristalino, cuando la visión se desplaza desde el exterior a la lista de control. La distancia a la que esté situada la lista de control será, aproximadamente, la misma a que estén los instrumentos.

3. Tiempo.—Es decir la longitud del intervalo de observación. Cuanto más distante observa el ojo un objeto, más tarda en efectuar su acomodación, resolver y recordar lo que ha visto. Interesa que las condiciones sean tales que este tiempo sea lo más breve posible.

Al estudiar los problemas de la agudeza visual, se observarán hechos significativos cuando se leen instrumentos y listas de control. La misma naturaleza de la visión es, en sí misma, excesivamente compleja. Pero deben señalarse ciertas peculiaridades que ayudan al proyectista a evitar errores de observación visual.

Una característica importante del mecanismo visual es la ineptitud del ojo para observar objetos en movimiento. El ojo pasa de un punto del espacio a otro, pero sólo ve cuando está en reposo. La lectura normal consiste en una serie de movimientos espasmódicos, mientras el cerebro ordena las series de observaciones breves en un cuadro mental de la palabra, frase y sentencia.

El tiempo requerido por el ojo para buscar un modelo visual sencillo es, en el caso que consideramos, del orden de 0,50 a 0,84 segundos. Considerando las velocidades a las cuales se mueven los modernos aviones, ninguna de las observaciones que se hagan en la cabina requerirá más tiempo que el anteriormente mencionado, pues, de no ser así, existiría el riesgo de colisión, así como peligro en los aterrizajes y despegues.

Partiendo del hecho de que, por las razones citadas, las listas de control se componen de series de simples palabras, la velocidad de lectura tiene menos importancia que la legibilidad.

En las listas de control de simples palabras o frases sencillas, es aconsejable el empleo de letras mayúsculas, por su superior legibilidad a la misma distancia. Desde este punto de vista la solución ideal serían signos negros sobre fondo blanco; pero esto resulta inadecuado para operación nocturna.

La rotulación de las listas de control de tipo corto se ha realizado hasta la fecha por máquinas grabadoras de tipo convencional, o usando mecanismos de rotulación del tipo de Leroy Guide o similar. Producen rotula-

ción uniforme y de aspecto neto, pero no siempre están diseñadas para obtener la legibilidad óptima. Los estudios realizados han plasmado en tipos de nuevo diseño, conforme se ve en la figura. La legibilidad se ha mejorado por ligeros cambios en las letras en que se han observado frecuentes confusiones, tales son la O y la Q; la C y la G; la B y la R, etc. El alfabeto mostrado tiene las proporciones adecuadas, teniendo en cuenta la anchura y el tamaño de letra. La anchura de línea tiene gran importancia en la legibilidad con visión nocturna.

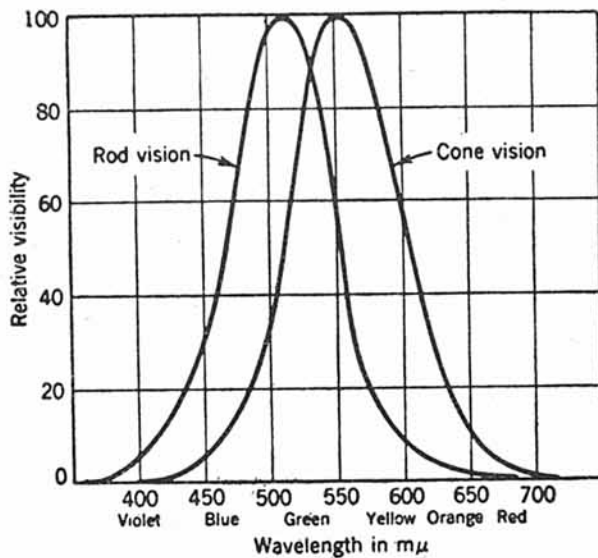
#### *Visión nocturna.*

Para hacerse cargo de los problemas de iluminación de listas de control, instrumentos y placas, el proyectista deberá conocer la mecánica de la visión nocturna. Esta es extraordinariamente compleja, pero ciertos fundamentos sencillos pueden comprenderse fácilmente, y el conocimiento de los mismos ayudará extraordinariamente a diseñar la cabina, de forma que resulte óptima en funcionamiento diurno y nocturno.

En el ojo hay dos grupos de células nerviosas: conos y bastoncitos. Estos últimos son los que operan en la visión nocturna. El cambio de uno a otro tipo de visión acontece, aproximadamente, para 0,01 bujías-pie, que es el nivel de la luz con luna llena. Los conos predominan hacia el centro de la retina, mientras los bastoncitos se encuentran hacia los bordes. Esto constituye una de las diferencias esenciales entre ambos tipos de visión. Por otra parte, en visión diurna los colores más visibles son el verde y el amarillo; mientras que en visión nocturna la máxima sensibilidad es para los azules y verdes. Como consecuencia de ello, se deduce que el empleo de cualquier tipo de color para indicaciones de cabina resulta inadecuado. En esencia, existe poca seguridad en la distinción de colores con visión nocturna, lo cual puede dar lugar a errores y accidentes.

El punto siguiente a considerar es la adaptación del ojo a la oscuridad; es decir, el intervalo de tiempo requerido para pasar de un estado de visión diurna a otro de visión nocturna. En los primeros ocho o nueve minutos el umbral visual cae rápidamente, lo cual es debido parcialmente a la dilata-

ción de la pupila; la caída se hace entonces más lenta. Pasados más de diez minutos, hay otra rápida caída, debido a que entran en acción los bastoncitos. No existe una frontera definida entre los dos tipos de visión, ya que los conos intervienen en la visión nocturna y los bastoncitos en la diurna. El cambio agudo de sensibilidad es debido a un general predominio y activación de los bastoncitos. Una vez que éstos están funcionando, el umbral visual continúa ba-



jando hasta los treinta minutos, habiendo crecido la sensibilidad alrededor de 10.000 veces, respecto a la visión diurna.

Normalmente, en vuelos nocturnos todo debe estar dispuesto de forma que se utilice en todos los casos la visión nocturna, para facilitar al piloto descifrar balizas, divisar contornos terrestres y, lo que es más importante, permitir ver aviones que se aproximen.

Los períodos inmediatamente anterior al aterrizaje y posterior al despegue exigen operar en visión diurna en gran parte del tiempo. Las luces de aterrizaje, balizas de aeropuerto, aerofaros y luces intensas de áreas pobladas (en las proximidades de los terminales aéreos), impiden que el piloto permanezca en visión nocturna. Por tanto, se hace necesario un ajuste de la luz de los instrumentos, el cual impida que durante el resto del vuelo el umbral de visibilidad quede reducido por exceso de iluminación del tablero. El piloto debe manejar dicho ajuste de forma que oscurezca continua-

mente sus luces de manera que mantenga la visión nocturna en tanto como sea posible, y recuperarla lo más rápidamente posible. La lista de control será iluminada con el mismo circuito que los instrumentos y su intensidad será regulada por el ajuste de aquéllos. Esto indica que la rotulación oscura sobre fondo blanco es inadecuada, por dar lugar a un exceso de flujo luminoso incidiendo en los ojos. Sin embargo es este tipo de impresión el que permite mayor velocidad de lectura.

#### *Blanco sobre negro.*

En el caso de listas de control con series de palabras simples, la velocidad de lectura no es importante; sí lo es, en cambio, la legibilidad; y de la información previa se concluye que la solución más satisfactoria será el empleo de letras mayúsculas (con arreglo al nuevo diseño), blancas, sobre fondo negro e iluminadas por una luz roja de intensidad regulable. El tamaño será lo mayor posible. La razón del uso de luz roja está en el hecho de que la visión nocturna no permite la observación de pequeños detalles; por tanto el nivel de luz será bastante alto para permitir la visión con conos. Ahora bien, los conos presentan el máximo de sensibilidad a la longitud de onda del rojo claro. Por tanto, con esta longitud de onda se conseguirá la misma legibilidad con menor intensidad; por lo cual, y por ser además los bastoncitos poco sensibles a esta longitud de onda, se consigue que la lectura de la lista de control perturbe lo menos posible la visión nocturna.

#### *Diferentes tipos de listas de control.*

A veces la información no está contenida toda ella en la lista de control, sino que queda distribuida por los propios controles. Un ejemplo de esto lo constituye el reciente desarrollo de un panel de control de combustible, conteniendo un diagrama del mismo. Cada válvula y cada control está localizado en el correspondiente lugar del diagrama. Esto simplifica grandemente el trabajo del piloto en caso de emergencia, ya que le da un esquema de la maniobra correcta del control. En general todas las listas de emergencia deben estar inmediatas al control correspondiente. Así, por ejemplo,

en los extintores de incendio debe haber un esquema del encendido del motor.

En la mayor parte de los aviones contemporáneos, debido a la escasez de espacio, es difícil la colocación de listas adicionales. En algunos casos es imposible su colocación en el tablero de instrumentos. Sin embargo, si desde el primer momento se presta atención a su colocación, es posible conseguir un diseño más inteligente.

Un sistema interesante consiste en imprimir la lista en una tira de papel, la cual va arrollada en unos tambores, accionados por un botón; la luz es interior. El sistema ha merecido comentarios favorables. Sin embargo, debiera ser probada. Sería además de desear el que la selección de la lista adecuada fuese realizado automáticamente. Para realizar esto de forma más sencilla el tambor se podría colocar en una caja de instrumentos, reduciéndose la lista a tres partes: arranque, despegue y aterrizaje, quedando conmutadas por "relais" en el circuito de presión de aceite y en el de la luz de aviso del tren de aterrizaje.

La conmutación no sería más complicada que los servicios de aviso de un tren de aterrizaje ordinario. Con la aeronave gravitando sobre las ruedas y el motor parado se mostrará la lista de control de arranque. Con el motor en marcha y la aeronave gravitando sobre las ruedas se mostrará la lista de despegue. Finalmente, con el motor girando y el tren oculto, se exhibirá la lista de aterrizaje.

#### *Maniobras pendientes.*

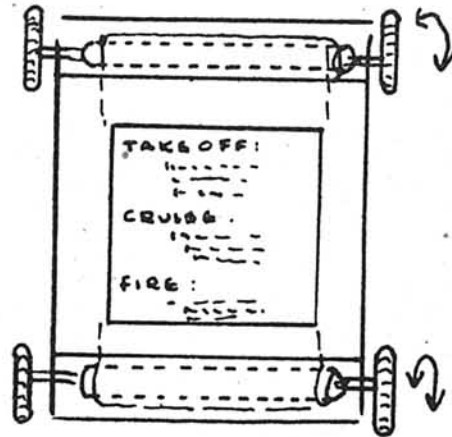
En el uso de las listas de control, en aviones con tripulación múltiple, existen posibilidades para destacar aquellas maniobras, que no han sido realizadas, usando a dicho fin las luces de cada partida, la cual es accionada por un conmutador movido por el piloto. Este sistema destaca el orden en que las operaciones deben ser realizadas, lo cual es de esencial interés en algunas maniobras, tales como bajar los flaps y el tren de aterrizaje cuando la velocidad aerodinámica es demasiado elevada.

#### *Listas de control de emergencia en el panel de instrumentos.*

Es imposible colocar todas las listas de emergencia en el panel de instrumentos, so-

bre todo en complejos aviones de gran tamaño, y por ello se recurre a hacerlas en forma manual. Para su rápida búsqueda se recurre a un sistema de índice telefónico.

Ha habido otras sugerencias para la colocación de las listas de control de tipo no rutinario, que varían entre el tipo de selección de punzón-carta a pequeñas vistas del avión, destacando los diferentes componentes, en su posición correcta. Estos esquemas son interesantes, pero los problemas de la iluminación nocturna dificultan su aplicación.



#### *Manuales.*

Los manuales usados en cabinas, o por ingenieros de vuelo, navegantes, etc., son mucho más largos y contienen considerable materia escrita. Aparte de la legibilidad, es necesaria una gran velocidad de lectura. Las listas de tipo manual seguirán ciertas reglas de presentación, fundadas en extensas pruebas psicológicas, realizadas por el Laboratorio Médico Aeronáutico. La presentación obedecerá las siguientes reglas:

1) Cuando debe ser presentada una relación entre variables será realizada por medio de tablas en lugar de gráficos. Se darán suficientes valores para evitar la necesidad de interpolación, ya que esto constituye la principal causa de error. Las tablas son superiores a los gráficos, desde el punto de vista de la seguridad y velocidad.

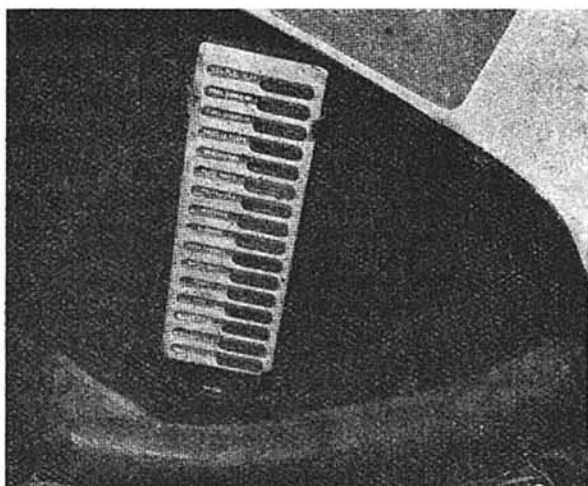
2) Si hay demasiada literatura, para ser presentada en forma escrita es conveniente usar letras de tipo antiguo, Cheltenham o viejo estilo, con preferencia al Cloister blank, Kabel light, Scotch Roman o Bodoni,

leyéndose el primer grupo con mayor seguridad que el segundo.

3) El tamaño del tipo será de diez puntos, aunque pueden ser usados ocho o doce puntos sin efecto aparente en la velocidad de la lectura.

4) Las líneas serán de 80 mm. (19 picas) para conseguir una óptima velocidad de lectura. Una pica es un sexto de una pulgada. En una pica hay doce puntos.

5) Deben usarse letras blancas mayúsculas sobre fondo negro, para una mayor legibilidad, con un mínimo de iluminación. Para mayor velocidad de lectura deben usarse letras negras sobre fondo blanco y de caja más baja.



6) Las luces de mapas o lámparas de navegante estarán dotadas de 10 a 15 bujías-pie, para leer tipos de diez puntos, y 15 a 20 bujías-pie para leer tipos de siete puntos.

### Conclusiones.

Los datos estadísticos conocidos y la consideración de los diversos métodos de presentar la información de la lista de control lleva a diversas conclusiones:

1) Las listas de control pueden impedir accidentes, por evitar errores humanos, si su diseño está realizado de forma que su uso sea fácil, y si se acepta su uso por las tripulaciones, como una parte regular de los procedimientos de cabina.

2) Las listas de control deben ser dise-

ñadas con vistas a vencer todo bloque psicológico contra su uso.

3) Las principales limitaciones sobre el modo de presentar los datos vienen determinadas por los requerimientos de la visión nocturna.

### Recomendaciones.

Se recomienda:

1) Que las listas de control y placas existentes sean examinadas para determinar si un nuevo diseño puede mejorar su utilidad y seguridad.

2) Las listas de control y manuales serán impresos teniendo en cuenta la necesaria legibilidad, accesibilidad, requerimientos de la visión nocturna y los demás factores.

3) Se realizarán trabajos experimentales para obtener datos sobre la utilidad de los métodos descritos en este artículo y explorar nuevos métodos para presentar los datos de la lista de control.

4) Ya que el tamaño de una lista de control es proporcionado a la complejidad de las maniobras del avión, los problemas inherentes a la colocación de la lista de control quedan simplificados al diseñar aquél con sencillez.

5) Diseñar la lista de control para los requerimientos de la visión nocturna.

6) Debe trabajarse en diseñar medios positivos para recordar las partidas pendientes, es decir, de aquellas partidas de una lista de control que implique riesgo posponerlas a otras posteriores.

7) El diseño de listas de control será realizado por especialistas en diseño de cabinas, los cuales, a su vez, colaborarán con los proyectistas de todos los sistemas de control del avión, para conseguir la máxima eficiencia funcional en el diseño de las listas de control.

Este trabajo es un primer paso en este campo, y por tanto las conclusiones no pueden considerarse como definitivas. Muchas de ellas representan meras opiniones del autor y de otras personas interesadas en el asunto.

Si dichas opiniones crean un interés y dan lugar a controversias sobre las listas de control habrán servido a su objeto admirablemente.