Doc. 9683 – AN/950

MANUAL DE INSTRUCCIÓN SOBRE FACTORES HUMANOS

PRIMERA EDICIÓN – 1998

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

PREÁMBULO

La seguridad de la aviación es el objetivo más importante de la Organización de Aviación Civil Internacional. En este sentido se ha logrado un gran progreso, pero son necesarias otras mejoras que también pueden alcanzarse. Se sabe desde hace mucho tiempo que de cada cuatro accidentes, tres son el resultado de un comportamiento humano imperfecto, por lo cual cabe esperar que cualquier adelanto en este sentido aportará una contribución importantísima al mejoramiento de la seguridad de vuelo.

Así lo reconoció la Asamblea de la OACI, la cual adoptó en 1986 la Resolución A26-9 sobre la seguridad de vuelo y los factores humanos. En virtud de dicha resolución de la Asamblea, la Comisión de Aeronavegación formuló el siguiente objetivo para la tarea en cuestión:

> " Aumentar la seguridad de la aviación instando a los Estados a que se muestren más conscientes y atentos a la importancia del factor humano en las operaciones de aviación civil, adoptando textos y medidas prácticas en relación con el factor humano, elaborados a partir de la experiencia adquirida por los Estados y elaborando y recomendando enmiendas apropiadas a los textos existentes de los Anexos y otros documentos en lo que respecta al papel de los factores humanos en los entornos operacionales actuales y futuros. Se hará especial hincapié en los aspectos relacionados con los factores humanos que puedan influir en el diseño, la transición y el uso en servicio de los [futuros] sistemas CNS/ATM de la OACI.".

Uno de los métodos escogidos para poner en ejecución la Resolución A26-9 de la Asamblea fue la publicación de una serie de compendios que trataban de los diversos aspectos de los factores humanos y su impacto en la seguridad de los vuelos. Estos compendios estaban destinados esencialmente

a su uso por los Estados para aumentar el conocimiento de su personal sobre la influencia del comportamiento humano en la seguridad.

Los compendios estaban destinados a los gestores tanto de las administraciones de aviación civil como de la industria aeronáutica, incluso los gerentes de operaciones y de instrucción de las líneas aéreas. Otros destinatarios también incluían a los órganos normativos y las dependencias de seguridad e investigación, los establecimientos de instrucción, así como al personal principal e intermedio no operativo de la administración de las líneas aéreas.

El presente manual es esencialmente una recopilación editada de la serie de compendios de la OACI sobre los factores humanos. Está destinado al personal principal de capacitación operacional y de seguridad de vuelo de la industria y los órganos normativos. Está dividido en dos partes:

Parte 1—Generalidades, que introduce el concepto de los factores humanos en aviación, presenta una visión sistémica y moderna de la seguridad operacional de la aviación, reseña los principios básicos del diseño de los puestos de trabajo y examina las cuestiones fundamentales de los factores humanos en las diversas esferas de la aviación, lo cual comprende el control de tránsito aéreo y el mantenimiento.

Parte 2 —Programas de instrucción para el personal operacional, que reseña las cuestiones relativas a la capacitación en materia de factores humanos y propone el contenido de modelos de programas de estudio en la instrucción de pilotos, controladores de tránsito aéreo e investigadores de accidentes.

Existe el propósito de mantener actualizado este manual mediante enmiendas periódicas a medida que se disponga del resultado de nuevas investigaciones que reflejen los mayores conocimientos en la capacitación relativa a factores humanos del personal operacional.

PARTE 1
GENERALIDADES

CAPÍTULO 1
CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE FACTORES HUMANOS

1.1 INTRODUCCION

Se atribuye al desempeño humano ser el factor causante en la mayoría de los accidentes de aviación. Si se quiere lograr que disminuya el índice de accidentes, es necesario comprender mejor el tema de los factores humanos y aplicar dicho conocimiento más ampliamente y de modo activo. Se quiere significar con esto que el conocimiento en materia de factores humanos debe aplicarse e integrarse durante las etapas de diseño y certificación de los sistemas, así como durante el proceso de certificación del personal de operaciones, antes de que los sistemas y las personas entren en el ciclo operacional. La ampliación del conocimiento sobre factores humanos presenta a la comunidad de la aviación civil la oportunidad más importante y exclusiva de hacer de dicho elemento una actividad más segura y eficiente. El propósito de este capítulo es presentar un resumen de los diversos componentes que constituyen los factores humanos y aclarar su significado.

1.1.2 Desde que miles de años atrás el ser humano comenzó a construir herramientas la aplicación de aspectos ergonómicos elementales ha mejorado la eficiencia de su trabajo. Pero solamente durante el último siglo se ha iniciado la evolución moderna de los aspectos ergonómicos o de los factores humanos.

1.1.3 Durante la primera guerra mundial, la necesidad de llevar a un óptimo grado la producción de las fábricas y de asignar más eficientemente miles de reclutas a las tareas militares, así como el hecho, durante la segunda guerra mundial, de que los complicados equipos sobrepasaban la capacidad humana de manejarlos con máxima eficiencia, aportaron nuevos estímulos al progreso del conocimiento de los factores humanos. También la selección y el adiestramiento de personal comenzaron a realizarse de modo más científico. Pero se podría sostener que el renovado interés en la contribución de los factores humanos a la seguridad operacional de la aviación constituyó una reacción a las limitaciones tecnológicas imperantes en el momento. Por lo tanto, se extendió la capacidad humana a su máximo mediante la aplicación del conocimiento de los factores humanos, a veces con el riesgo de ignorar las limitaciones humanas.

1.1.4 La institucionalización del concepto de los factores humanos se llevó a cabo con la fundación de varias organizaciones tales como la Sociedad de Investigación Ergonómica en 1949, la Sociedad de Factores Humanos (ahora la Sociedad de Factores Humanos y Ergonomía) en 1957 y la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) en 1959.

1.1.5 El reconocimiento de que se requería educación básica sobre factores humanos en toda la industria condujo al empleo de diversos métodos de instrucción regular en varias fases. Este reconocimiento, trágicamente subrayado por la investigación de varios accidentes provocados casi enteramente por deficiencias en la aplicación de los factores humanos, indujo a la OACI a implantar el requisito de la capacitación en materia de factores humanos en los requisitos relativos a la instrucción y el otorgamiento de licencias que figuraban en el Anexo 1 (1989) y en el Anexo 6 (1995), así como en el proceso de investigación de accidentes que figuraba en el Anexo 13 (1994).

1.1.6 El acuerdo de 1976 entre la Administración Federal de Aviación (FAA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos, para establecer un sistema voluntario, no punitivo y confidencial de notificación sobre seguridad de la aviación (ASRS) constituyó un reconocimiento oficial de que la mejor forma de obtener información adecuada para el análisis del comportamiento humano y de los errores en su desempeño consiste en eliminar la amenaza de medidas

punitivas en contra de la persona que hace la notificación. Se establecieron más tarde planes similares en el Reino Unido (CHIRP), en Canadá (CASRP) y en Australia (CAIR).

1.1.7 Este capitulo reseña:

1) el significado y definición de los factores humanos, un modelo conceptual de los mismos, y la aclaración de equívocos frecuentes;

2) la necesidad de los factores humanos en la industria; y

3) la aplicación de los factores humanos en las operaciones de vuelo.

1.2 EL SIGNIFICADO DE LOS FACTORES HUMANOS

1.2.1 "Factores humanos" es una expresión que ha de definirse claramente, dado que cuando estas palabras se utilizan en el lenguaje ordinario suelen aplicarse a cualquier factor relacionado con los seres humanos. El elemento humano es la parte más flexible, adaptable y valiosa del sistema aeronáutico, pero es también la más vulnerable a influencias que pueden afectar negativamente su comportamiento. A través de los años, tres de cada cuatro accidentes han sido el resultado de comportamientos humanos considerados menos que óptimos. Esto se ha catalogado comúnmente como error humano.

1.2.2 La expresión "error humano" no constituye ayuda alguna para la prevención de accidentes, dado que aunque puede indicar DÓNDE se produce un colapso del sistema no ofrece ninguna orientación en cuanto a POR QUÉ ocurre eso. Un error atribuido a los seres humanos en el sistema puede haberse producido por características del diseño o haber sido alentado por un adiestramiento inadecuado, procedimientos mal concebidos o por una concepción o disposición general deficiente de las listas de verificación o de los manuales. Es más, la expresión "error humano" permite encubrir factores subyacentes que deben ponerse en evidencia si se quieren evitar accidentes. En realidad, la filosofía moderna en materia de seguridad sostiene que el error humano debería ser el punto de partida más bien que el punto final en la investigación y la prevención de accidentes.

1.2.3 La comprensión de las capacidades y limitaciones humanas previsibles y la aplicación de dicha comprensión constituye el tema fundamental del estudio de los factores humanos. Dicho estudio se ha desarrollado, refinado e institucionalizado progresivamente, desde fines del siglo pasado, y cuenta ahora con el respaldo de un amplio caudal de conocimientos que pueden utilizar quienes se interesen por mejorar la seguridad del complejo sistema que constituye hoy día la aviación civil. En todo este manual, la expresión "factores humanos" se utiliza como denominación de una disciplina particular. Las expresiones "aspectos humanos" y "elementos humanos" en su uso corriente, constituyen valiosas alternativas que ayudan a evitar la ambigüedad y facilitan la comprensión.

Las disciplinas de los factores humanos

1.2.4 Muchas de las primeras preocupaciones en la aviación se relacionaban con los efectos del ruido, la vibración, el calor, el frío y las fuerzas de aceleración sobre las personas. Por regla general, la persona más cercana a mano con conocimientos de fisiología era un médico; puede ser que ello sea causa de uno de los más persistentes equívocos acerca de los factores humanos, la creencia de que de un modo u otro es una rama de la medicina. No obstante, la labor que se realizaba hace medio siglo ampliaba los aspectos más cognoscitivos de las tareas de vuelo, y esta tendencia, que ha continuado, está fuera del campo de la medicina. El llevar a su óptima expresión la función de las personas en este complejo ambiente de trabajo significa ocuparse de todos los aspectos del desempeño humano: la toma de decisiones y otros procesos cognoscitivos; el diseño de los instrumentos de presentación y mando y "la disposición general del puesto

de pilotaje y la cabina; las comunicaciones y los programas de computadoras; mapas y cartas y toda la serie de documentos, tal como manuales de operación de aeronaves, listas de verificación, etc. Los conocimientos sobre factores humanos se utilizan también cada vez más en la selección, instrucción y verificación de personal, y en la investigación de accidentes.

1.2.5 Los factores humanos son una materia multidisciplinaria por naturaleza. Por ejemplo, se extrae información de la psicología para comprender cómo tramitan la información y toman decisiones las personas. De la psicología y la fisiología se obtiene una comprensión de los procedimientos sensorios como medios para detectar y transmitir información sobre el mundo en tomo nuestro. Las medidas y movimientos del cuerpo -esenciales para llevar a un grado óptimo el diseño y disposición general de los mandos y otras características del puesto de pilotaje y la cabina como ámbitos de trabajo -hacen uso de la antropometría y la biomecánica. La biología y su subdisciplina cada vez más importante, la cronobiología, son necesarias para comprender la naturaleza de los ritmos del organismo y del sueño, y sus efectos en los vuelos nocturnos y en los cambios de husos horarios. No es posible lograr un análisis o presentación correctos de los datos recogidos en encuestas o estudios sin conocimientos básicos de estadística. Los factores humanos, si bien utilizan estas fuentes académicas de conocimiento, se ocupan esencialmente de resolver problemas prácticos en el mundo real. Los factores humanos son un estudio de naturaleza práctica, que se orienta a partir de problemas, más que centralizarse en una disciplina.

1.2.6 Los factores humanos se refieren a las personas en sus situaciones de vida y de trabajo; a su relación con las máquinas, con los procedimientos y con los ambientes que los rodean; y se refieren también a sus relaciones con los demás. Una definición de los factores humanos, propuesta por el profesor Edwards, estipula que: "Los factores humanos tratan de llevar a su óptimo nivel la relación entre las personas y sus actividades, mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integrada dentro del marco de la ingeniería de sistemas". Sus objetivos pueden apreciarse como la eficacia del sistema, lo cual incluye seguridad y eficiencia, y el bienestar del individuo. El profesor Edwards puntualiza además que "actividades" indica un interés en las comunicaciones entre individuos y en el comportamiento de individuos y grupos. Más recientemente se ha ampliado, incluyéndose ahora la interacción entre las personas y grupos y la organización a la que pertenecen y a las interacciones entre las organizaciones que constituyen el sistema aeronáutico. Las ciencias humanas estudian la estructura y la naturaleza de los seres humanos, sus capacidades y limitaciones, y sus comportamientos tanto individualmente como en grupos. La noción de integración dentro de la ingeniería de sistemas se refiere a los intentos del practicante de los factores humanos por comprender los objetivos y métodos, así como también las dificultades y restricciones, a partir de los cuales deben tomar decisiones las personas que trabajan en las esferas interrelacionadas de la ingeniería. Los factores humanos utilizan esta información basándose en su pertinencia para resolver problemas prácticos.

1.2.7 El término "ergonomía" se deriva de las palabras griegas "ergon" (trabajo) y "nomos" (ley natural). Se define como el "estudio de la eficiencia de las personas en sus ambientes de trabajo". En algunos Estados, el término "ergonomía" se usa estrictamente para referirse al estudio de aspectos relativos al diseño del sistema ser humano-máquina. El Capítulo 4 presenta un análisis de la ergonomía.

Un modelo conceptual de los factores humanos

1.2.8 Resulta útil emplear un modelo como ayuda para la comprensión de los factores humanos, ya que ello permite un acercamiento gradual a dicha comprensión. Un diagrama práctico para ilustrar este modelo conceptual utiliza bloques para representar los diversos elementos componentes de los factores humanos. El modelo puede entonces construirse bloque por bloque, ofreciéndose una impresión gráfica de la necesidad de hacer corresponder los elementos. El concepto SHELL [cuyo nombre se derive de las letras iniciales de sus componentes en ingles: soporte lógico (Software), equipo (Hardware), ambiente

(Environment), elemento humano (Liveware)] fue concebido inicialmente por Edwards en 1972, y un diagrama modificado ilustra el modelo formulado por Hawkins en 1975. Se sugieren las siguientes interpretaciones: elemento humano (ser humano), equipo (máquina) y soporte lógico (procedimientos, simbología, etc.), ambiente (la situación en la cual debe funcionar el sistema L-H-S). Este diagrama de bloques no abarca las interfaces que se encuentran fuera de los factores humanos (equipo-equipo; equipo-ambiente; soporte lógico-equipo) y sólo se presenta como una ayuda básica para comprender los factores humanos.

1.2.9 "Elemento humano" (Liveware). En el centro del modelo se encuentra una persona, el componente más crítico y más flexible del sistema. Pero las personas están sujetas a considerables variaciones en su desempeño y sufren muchas limitaciones, la mayoría de las cuales son actualmente previsibles en términos generales. Los bordes de este bloque no son sencillos y rectos, de modo que los demás componentes del sistema deben ajustarse cuidadosamente a ellos si se quieren evitar tensiones en el sistema y su eventual ruptura.

S = Software = soporte lógico (procedimientos, simbología, etc.)
H = Hardware = equipo (máquina)
E = Environment = Ambiente
L = liveware (human) = Elemento humano

El que los bloques (interfaz) de este modelo encajen o no, reviste tanta importancia como las características de los propios bloques. El hecho

1.2.10 A fin de lograr esta correspondencia, es indispensable comprender las características de este componente central. He aquí algunos de sus rasgos más importantes:

a) Tamaño y forma físicos. En la concepción de cualquier lugar de trabajo y de la mayor parte de los equipos, desempeñan una función vital las medidas y movimientos del cuerpo. Que variarán de acuerdo con la edad, los grupos étnicos y el sexo. Las decisiones deben tomarse al principio del

proyecto, y los datos requeridos para tomar esas decisiones pueden derivarse de la antropometría y la biomecánica.

El que los bloques (interfaz) de este modelo encajen 0 no. Reviste tanta importancia como las características de los propios bloques. El hecho de que no encajen puede dar lugar a errores humanos.

b) Necesidades físicas. Las necesidades de alimento, agua y oxigeno que tienen las personas son estudiadas por la fisiología y la biología.

c) Características aportadas. Los seres humanos están dotados de un sistema sensorial que les permite recopilar información del mundo que los rodea, y los faculta para responder a los hechos externos y para llevar a cabo las tareas necesarias. Pero todos sus sentidos están sujetos a degradación por una razón u otra, y en este case las fuentes de conocimiento son la fisiología, la psicología sensorial y la biología.

d) Tratamiento de la información. Esta capacidad humana tiene graves limitaciones. Frecuentemente, la concepción deficiente de instrumentos y sistemas de advertencia ha sido el resultado de no haber tomado en cuenta la capacidad y limitaciones del sistema humano de tratamiento de la información. En este aspecto se ven involucradas la memoria a corto y largo plazo, así como la motivación y el estrés. La psicología es la fuente de conocimientos básicos al respecto.

e) Características salientes. Una vez que se ha detectado y procesado la información, sé envía mensajes a los músculos para iniciar la respuesta deseada, ya sea un movimiento de control físico o el principio de alguna forma de comunicación. Es necesario conocer las fuerzas de control aceptables y la dirección del movimiento, para lo cual la biomecánica, la fisiología y la psicología suministran los conocimientos requeridos.

f) Tolerancias ambientales. La temperatura, la presión, la humedad, el ruido, el momento del día, la luz y la oscuridad, son elementos que pueden reflejarse en el comportamiento y en el bienestar de las personas. También cabe prever que las alturas, los espacios encerrados y un ambiente de trabajo aburrido o lleno de tensión influyan sobre el desempeño. Esta vez, la información se obtiene de la fisiología, la biología y la psicología.

El elemento humano es el núcleo de actividad del modelo SHELL sobre los factores humanos. Los componentes restantes deben adaptarse y hacer corresponder a este componente central.

1.2.11 Elemento humano-equipo. Esta interfaz es la que más corrientemente sé considera cuando hablamos de sistemas ser humano-máquina: el diseño de los asientos para ajustarlos a las características de l cuerpo humano sentado, de pantallas que se ajusten a las características sensoriales y a las del procesamiento de información del usuario, de con troles dotados de movimiento, codificación y ubicación apropiados. Puede ser que el usuario no se dé nunca cuenta de una deficiencia L-H, aun cuando finalmente pueda provocar un desastre, porque la característica humano natural de adaptarse a los desajustes del L-H encubrirá esa deficiencia, pero no eliminará su existencia. Esto constituye un peligro potencial, del cual deben estar advertidos los proyectistas. Con la introducción de las computadoras y los sistemas avanzados de automatización, esta interfaz se ha puesto al frente de los problemas que el estudio de los factores humanos habrá de resolver.

1.2.12 Elemento humano-soporte lógico. Esto abarca al ser humano y a los aspectos no físicos del sistema, tales como los procedimientos, la presentación general de manuales y listas de verificación, la simbología

y los programas de computadora. Los problemas de elemento humano-soporte lógico aparecen en los informes de accidentes pero a menudo son difíciles de percibir y, en consecuencia, más difíciles de resolver (por ejemplo, la mala interpretación de listas de verificación o de la simbología, el no cumplimiento de los procedimientos, etc.).

1.2.13 Elemento humano-ambiente. La interfaz ser humano-ambiente fue una de las que primero se reconocieron en la aviación. Inicialmente, todas las medidas tomadas tenían por objeto adaptar al ser humano para afrontar el ambiente (cascos, trajes de vuelo, máscaras de oxigeno, trajes antigravitatorios). Más tarde, la tendencia fue invertir este procedimiento, adaptando el ambiente a las necesidades humanas (presionización y sistemas de aire acondicionado, insonorización). Nuevos desafíos han surgido hoy, sobre todo, el peligro de la concentración del ozone y la radiación a altos niveles de vuelo y los problemas relacionados con la perturbación de los ritmos biológicos y los correspondientes trastornos por la falta de sueño, como consecuencia de la mayor velocidad en los viajes transmeridianos. Dado que las ilusiones y la desorientación constituyen la raíz de muchos accidentes de aviación, la interfaz L-E debe tomar en consideración los errores perceptivos provocados por las condiciones ambientales, por ejemplo, las ilusiones experimentadas durante las fases de aproximación y aterrizaje. El sistema de la aviación funciona dentro del contexto de amplias restricciones políticas y económicas, y esos aspectos del ambiente interactuarán en esta interfaz. Aunque la posibilidad de modificar estas influencias está fuera del alcance de los profesionales de los factores humanos, su incidencia es fundamental y deberían tenerse debidamente en cuenta y ocuparse de ellas los dirigentes que están facultados para hacerlo. Este tema se aborda en detalle en el Capítulo 2.

1.2.14 Elemento humano-elemento humano. Se trata de la interfaz entre personas. La instrucción y la verificación de idoneidad se han realizado tradicionalmente en forma individual. Si cada miembro del equipo era idóneo, se suponía que el grupo constituido por estas personas también era idóneo y eficiente. Sin embargo, no siempre ha sido así, y durante muchos años se ha dedicado una creciente atención al fracaso del trabajo en equipo. Las tripulaciones de vuelo, los controladores de tránsito aéreo, los técnicos de mantenimiento y otros miembros del personal operacional funcionan como grupos y las influencias de grupo ejercen una función importante para determinar el comportamiento y el desempeño. En esta interfaz nos ocupamos de liderazgo, la cooperación de la tripulación, el trabajo en equipo y las interacciones de personalidades. las relaciones personal/administración se encuentran también dentro del alcance de esta interfaz, ya que el ámbito empresarial y las presiones derivadas de la explotación en la compañía pueden afectar considerablemente el comportamiento humano. La Parte 2 del presente manual describe los enfoques actuales de la industria en materia de programas de capacitación relativa a los factores humanos para el personal operacional.

1.3 LA NECESIDAD DE CONSIDERAR LOS FACTORES HUMANOS EN LA INDUSTRIA

1.3.1 El almirante Donald Engen, ex administrador de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos dijo lo siguiente en 1986: "Hemos empleado más de cincuenta años para el equipo, que ahora es bastante fiable. Ya es hora de que nos ocupemos de las personas". Esta declaración establece en cierto modo las bases que permiten evaluar la necesidad de los factores humanos en la industria. Es curioso que aunque recurrimos al consejo de un abogado calificado cuando tenemos algún litigio, contratamos un arquitecto idóneo para construir una casa o consultamos a un medico para resolver un problema de salud, cuando se trata de resolver problemas que son del ámbito de los factores humanos, hemos adoptado el método intuitivo, y en muchos cases superficial, a pesar de que muchas vidas puedan depender del resultado de nuestra acción. Tener muchos años de experiencia en la industria o miles de horas de vuelo pueden tener poca o ninguna importancia para encontrar la solución de problemas que solo pueden resolverse si hay una profunda comprensión de la influencia de los factores humanos.

1.3.2 Esto es de suma importancia pues, como ya se ha mencionado, sabemos desde hace bastante tiempo que tres de cada cuatro accidentes son el resultado de errores de comportamiento cometidos por personas aparentemente sanas y debidamente calificadas. Las fuentes de algunos de esos errores pueden atribuirse a equipos deficientes o a males diseños de procedimientos, a una formación inadecuada o a instrucciones de utilización insuficientes. Sea cual fuere su origen, el problema de la capacidad y las limitaciones en el desempeño y el comportamiento humano es esenciales a la tecnología de los factores humanos. El costo, tanto en términos humanos como financieros, de un comportamiento humano imperfecto es tan considerable, que ya no resulta apropiado proceder con métodos improvisados o intuitivos en materia de factores humanos. Siendo la seguridad el objetivo final de todos los que se dedican a la aviación, su consecuencia lógica es asegurarse de que exista un nivel apropiado de conocimientos acerca de los factores humanos en toda la industria.

1.3.3 La necesidad de los factores humanos en la industria se basa en su repercusión sobre dos aspectos amplios, que se encuentran tan estrechamente interrelacionados que en muchos casos su influencia es única, de modo que los factores que afectan a uno pueden afectar también al otro. Dichos aspectos son:

- La eficacia del sistema
  — seguridad operacional
  —eficiencia
- El bienestar del personal operacional

La eficacia del sistema

Seguridad operacional

1.3.4 La mejor forma de ilustrar los efectos de los problemas relativos a los factores humanos sobre la seguridad de vuelo es mediante ejemplos de accidentes. Aquí se describen algunos accidentes en los cuales ciertos aspectos relativos a los factores humanos provocaron la atención de la comunidad de la aviación y abrieron el camino a la proliferación de los esfuerzos relacionados con los factores humanos.

1) En un mismo mes — diciembre de 1979 — se estrellaron un L1011 en las Everglades, región pantanosa de Florida (NTSB/AAR 73-14) y un B-737 en el aeropuerto Midway de Chicago (NTSB/AAR 73-16). En el primer caso, no se habían asignado debidamente las funciones y toda la tripulación de vuelo estaba preocupada por un bombillo indicador del tren de aterrizaje. En el segundo caso, el capitán—en su calidad de líder—no hizo uso apropiado de los recursos de que disponía.

2) En 1974, un B-707 se estrelló durante la aproximación a Pago-Pago (Samoa), y 96 personas perdieron la vida. Uno de los factores causantes del accidente fue una ilusión óptica relacionada con el fenómeno del agujero negro" (NTSB/AAR 74-15).

3) En 1974, un DC-10 se estrelló después del despegue por un defecto en una puerta de cargo, que se abrió y se rompió. En este case, se citaron como factores la fuerza aplicada al cerrar la puerta por el empleado encargado de manipular la cargo, así como el diseño de la puerta y una utilización deficiente de un boletín de servicio (Circular 132-AN/93 de la OACI).

4) En 1974, un B-727 que se aproximaba al aeropuerto Dulles de Washington, se estrelló contra el monte Weather, causando la pérdida de 92 vidas. La falta de claridad y deficiencias en los procedimientos y reglamentos de control de tránsito aéreo provocaron el accidente. También se citó como factor la falta de medidas oportunas por parte del organismo normativo para resolver un problema conocido relativa a la terminología del tránsito aéreo (NTSB/AAR 716).

5) En 1977, dos B-747 chocaron mientras se encontraban en la pista en Tenerife, ocasionando 583 muertes. Una falla en los procedimientos normales de comunicación y la mala interpretación de mensajes verbales se consideraron factores causantes (Circular 153-AN/98 de la OACI).

En 1979, un DC-10 se estrelló contra el monte Erebus en la Antártida. Ciertos errores en la transferencia de información y en la entrada de datos tuvieron que ver en el accidente (Informe sobre accidentes Núm. 79/139, Nueva Zelandia).

7) En 1982, un B-737 se estrelló después de despegar, en condic iones de engelamiento, en Washington. Lecturas erróneas del empuje de los motores (superiores a las reales), y la falta de firmeza del copiloto al comunicar su preocupación y sus comentarios acerca de la performance de la aeronave durante el despegue figuraron entre los factores citados (NTSB/AAR 82-08).

8) El informe sobre el accidente de un A300 en 1983, en Kuala Lumpur, sugiere que la diferente disposición general del tablero de instrumentos en las aeronaves de la flota había afectado negativamente el desempeño de la tripulación (La aeronave habla sido arrendada sin tripulación) (Informe sobre accidentes Núm. 2/83, Malasia).

9) En 1984, un DC- 10 se salió de la pista en el aeropuerto John F. Kennedy en Nueva York. En el informe sobre el accidente pudo observarse un exceso de confianza en la automatización (NTSB/AAR 84-15). También se citó la misma actitud como factor, en un incidente de perdida de control en 1985, en el cual un B-747 experimentó una caída de 20 000 ft en menús de dos minutos y sufrió daños estructurales (NTSB/A.\R 86-03).

10) En 1987, un MD-80 se estrelló durante el despegue en Detroit. Los pilotos no habían hecho el reglaje de flaps, violando así procedimientos normales de operación. Por razones no determinadas, la alarma de configuración de despegue no sonó (NTSB/AAR88-05).

La eficiencia

1.3.5 La necesidad de que se aplique el concepto de los factores humanos no se limita a la seguridad del vuelo. También la eficiencia se ve radicalmente afectada por la aplicación o no de conocimientos sobre los factores humanos. Por ejemplo, puede esperarse que el descuido de ciertos factores humanos en las operaciones de vuelo sea una causa de rendimiento imperfecto en el desempeño de las tareas los siguientes párrafos tienen por objeto presentar una reseña general de aplicaciones específicas de conocimientos sobre los factores humanos en relación con la eficiencia.

1.3.6 Puede considerarse que la motivación refleja la diferencia entre lo que una persona puede hacer y lo que realmente hará; las personas motivadas se desempeñan con mayor eficacia que aquellas que no lo están. El error humano y sus consecuencias en la aviación pueden controlarse mediante la tecnología sobre factores humanos, mejorando así la eficacia.

I.3.7 La disposición general apropiada de las pantallas y de los mandos en el puesto de pilotaje fomenta y mejora la eficacia. Con toda probabilidad, los miembros de la tripulación que hayan recibido adiestramiento apropiado y supervisión idónea se desempeñarán más eficazmente. Desde el punto de vista de la eficiencia, los procedimientos normalizados de operación (PNO), que se han elaborado a fin de suministrar los métodos más eficaces para las operaciones, deben considerarse como un medía de medir el comportamiento de los tripulantes.

1.3.8 La aplicación de principios de interacción de grupo refuerza la posición de mando del capitán, cuya función de líder es esencial a la integración del grupo, para obtener así un desempeño más eficiente. La relación entre los auxiliares de cabina y los pasajeros también es importante. los miembros de la tripulación de cabina deben ser capaces de comprender el comportamiento de los pasajeros y las emociones con que se pueden encontrar a bordo, y también deben saber cómo encarar las situaciones emocionales.

El bienestar del personal operacional

1.3.9 Tres de los muchos factores que pueden influir sobre el bienestar del personal de operaciones son la fatiga. La perturbación de los ritmos del organismo y la falta o perturbación del sueño. Estos se explican brevemente a continuación. Entre otros factores que afectan el bienestar fisiológico y psicológico, cabe citar la temperatura, el ruido. La humedad, la luz, la vibración, el diseño del puesto de trabajo y la comodidad de los asientos.

La fatiga

1.3.10 La fatiga puede considerarse como una condición que refleja un descanso insuficiente, así como una serie de síntomas relacionados con el desplazamiento o la alteración de los ritmos biológicos. La fatiga aguda es producida por largos periodos de servicio o por una sucesión de tareas muy exigentes realizadas en un Corto lapso. La fatiga crónica es producida por los efectos acumulativos de la fatiga a largo plazo. La fatiga mental puede ser resultado de un estrés emocional, aun con un descanso físico normal. Al igual que la alteración de los ritmos del organismo, la fatiga puede conducir a situaciones potencialmente peligrosas y a un deterioro de la eficiencia y el bienestar. La hipoxia y el ruido son factores contribuyentes.

La perturbación de los ritmos del organismo

1.3.1.1 El ritmo del cuerpo más comúnmente reconocido es el circadiano o ritmo de las 24 horas, que guarda relación con el tiempo de rotación de la tierra. Este ciclo se mantiene por intervención de varios elementos: los más poderosos son la luz y la oscuridad, pero las comidas y las actividades físicas y sociales también ejercen influencia en el funcionamiento de los sistemas orgánicos. La seguridad, la eficiencia y el bienestar se ven afectados por la alteración del patrón de los ritmos biológicos, típica de los vuelos actuales a largas distancias. El impacto de la alteración del ritmo circadiano no se manifiesta solamente con respecto a los vuelos transmeridianos de larga distancia: los tripulantes de los servicios de corta distancia (transporte de correo y cargo, por ejemplo), que efectúan sus vuelos en horarios irregulares o nocturnos, pueden ver reducido su rendimiento debido a dicha alteración circadiano. Los controladores de tránsito aéreo que cambian frecuentemente sus horarios de servicio pueden sufrir un deterioro similar en su desempeño.

1.3.12 Desincronosis o desfase ("jet lag") son los términos utilizados para describir la alteración o desincronización de los ritmos del organismo, y se refieren a la falta de bienestar que se experimenta después de viajes aéreos transmeridianos sobre largas distancias. Los síntomas incluyen la perturbación del sueño y trastornos en los hábitos de alimentación y evacuación, así como languidez, ansiedad, irritabilidad y depresión. Evidencias objetivas muestran aumentos en los tiempos de reacción y de toma de decisiones, pérdidas de la memoria o recuerdos imprecisos con respecto a hechos recientes, errores de computación y una tendencia a aceptar normas inferiores de rendimiento operativo.

El sueño

1.3.13 los síntomas que se reconocen más comúnmente en relación con los vuelos a larga distancia resultan de la alteración del ritmo normal del sueño, que en algunos casos entraña la pérdida total del

sueño. Los adultos suelen dormir un solo periodo prolongado por día; una vez establecido este patrón, se convierte en un ritmo natural del cerebro, aún cuando se imponga una vigilia prolongada. Pueden apreciarse grandes diferencias entre las personas con respecto a su capacidad para dormir desfasados con sus ritmos biológicos. La tolerancia a las alteraciones del sueño varía de un tripulante a otro y puede atribuirse esencialmente a la química del cuerpo y, en algunos casos, a factores de estrés emocional.

1.3.14 El insomnio define una condición en la cual la persona tiene dificultad para dormirse o no duerme bien. Cuando ocurre en condiciones normales y en relación con los ritmos del organismo, se le conoce como insomnio primario. La dificultad para dormir en determinadas situaciones en las que se alteran los ritmos biológicos, es la que nos interesa en el caso de los vuelos transmeridianos de larga distancia.

1.3.15 El uso de drogas como, p.ej., los hipnóticos, sedantes (incluidos los antihistamínicos de efecto sedativo) y tranquilizantes utilizados para inducir el sueño, al ingerirse en dosis terapéuticas suelen ser inapropiados, ya que tienen efectos negativos sobre el comportamiento hasta 36 horas después de su administración. El alcohol es un sedante del sistema nervioso. Tiene efecto soporífero, pero trastorna los patrones normales del sueño y entraña un sueño alterado. Sus efectos persisten después de haber desaparecido de la sangre ("tener resaca"). La ingestión de hipnóticos en combinación con bebidas alcohólicas puede producir consecuencias extrañas. La cafeína que contienen el café, el té y diversas bebidas gaseosas aumentan la agudeza de los sentidos y normalmente reduce los tiempos de reacción, pero también es probable que perturbe el sueño. Las anfetaminas, cuando se utilizan para mantener el nivel de rendimiento durante la carencia de sueño, sólo posponen los efectos de la perdida de sueño.

1.3.16 El sueño tiene una función restauradora y es indispensable para el funcionamiento mental. La falta y la perturbación del sueño pueden reducir el estado de alerta y la atención. Cuando se reconoce este fenómeno, el estado de alerta y la atención pueden restaurarse, por lo menos parcialmente, mediante la aplicación de un esfuerzo adicional. La importancia de este fenómeno para la seguridad es obvia.

1.3.17 La solución del problema que constituye la perturbación o falta de sueño incluye:

—establecer los horarios de servicio de la tripulación considerando debidamente los ritmos circadianos y la fatiga resultantes de la falta y trastorno del sueño;

—adaptar la dieta comprendiendo la importancia de las horas de comida y adoptar otras medidas en relación con la luz o la oscuridad. Los horarios de descanso y de actividad y la interacción social;

—reconocer el efecto negativo a largo plazo de las drogas (incluso de la cafeína y del alcohol);

—hacer lo más propicio posible el ambiente para dormir; y

—aprender técnicas de relajamiento.

La salud y el desempeño

1.3.18 Ciertas condiciones patológicas—malestares gastrointestinales, ataques cardíacos, etc. —han causado repentinamente la incapacitación de pilotos y en algunos raros cases han contribuido a provocar accidentes. Aunque la incapacitación total suele ser detectada rápidamente por otros miembros de la tripulación, una disminución de la capacidad o incapacitación parcial—producidas por la fatiga, el estrés, el sueño, trastornos de los ritmos, el uso de medicamentos, ciertas dolencias menores pueden pasar inadvertidas, aún para la propia persona afectada.

1.3.19 Aunque no se dispone de pruebas concluyentes, la aptitud física puede tener una relación directa con el desempeño y la salud. Un mejor estado físico reduce la tensión y la ansiedad y aumenta el amor propio. Tiene efectos favorables en las emociones, lo cual afecta la motivación, y se cree que aumenta la resistencia a la fatiga. Entre los factores que ejercen influencia notoria sobre la aptitud psicofísica cabe señalar la dieta, el ejercicio, los niveles de estrés y el consumo de tabaco, alcohol o drogas.

El estrés

1.3.20 El estrés puede manifestarse en muchas ocupaciones, y el ambiente aeronáutico es especialmente rico en factores potenciales de tensión. Es de especial interés el efecto del estrés en el comportamiento. En los primeros tiempos de la aviación, los factores de tensión psíquica eran provocados por el entorno físico: el ruido, la vibración, la temperatura, la humedad, las fuerzas de aceleración, etc., y eran de carácter esencialmente fisiológico. En la actualidad, algunos de ellos han sido sustituidos por nuevas fuentes de estrés: los periodos irregulares de trabajo y de descanso y la correspondiente alteración de los ritmos circadianos en los vuelos de larga distancia, irregulares o nocturnos.

1.3.21 El estrés se relaciona también con hechos de la vida, tales como la separación familiar y con situaciones como los periódicos exámenes médicos y de idoneidad. Aun los hechos positivos de la vida, como un matrimonio o el nacimiento de un hijo pueden producir estrés en la existencia ordinaria. Del mismo modo, en situaciones en que el recargo de trabajo mental es muy elevado, como durante el despegue, el aterrizaje o una emergencia en vuelo, puede aparecer el estrés mental.

1.3.22 Cada persona responde en forma diferente al estrés. Por ejemplo, volar en una zona de tormenta puede ser estimulante para una persona, pero para otra puede producir una gran tensión. El mismo factor de tensión (la tormenta) produce diversas reacciones en diferentes personas, los daños resultantes deberían atribuirse a la respuesta personal más que al factor incidental.

1.4 LA APLICACION DEL CONCEPTO DE LOS FACTORES HUMANOS EN LAS OPERACIONES DE AVIACIÓN

El control de los errores humanos

1.4.1 Para refrenar y controlar el error humano, debemos entender primeramente su carácter. Existen conceptos básicos correspondientes a la naturaleza del error humano: los orígenes de los errores pueden ser fundamentalmente diferentes; las consecuencias de errores similares también pueden ser muy diferentes. Aunque algunos errores se deben al descuido, la negligencia o la falta de criterio, otros pueden producirse debido a defectos de diseño del instrumental o ser resultado de la reacción normal de una persona ante una situación concreta. Es probable que esta última clase de error se repita y cabe prever que así ocurra.

Los errores en las interfaces del modelo

1.4.2 Cada una de las interfaces del modelo SHELL tiene un potencial de error cuando existe desajuste entre sus componentes. Por ejemplo:

—La interfaz entre el elemento humano y el equipo (ser humano y máquina) es una fuente frecuente de error: los botones y las palancas mal ubicados o que carecen de codificación adecuada provocan desajustes en esta interfaz.

—En la interfaz elemento humano-soporte lógico, puede producirse errores al buscar información vital, debido a que la documentación y las cartas son contusas, engañosas o excesivamente recargadas de elementos.

—Los errores correspondientes a la interfaz elemento humano-ambiente se originan en los factores ambientales (el ruido, el color, la luz y la vibración), y en la alteración de los ritmos biológicos en los vuelos de larga distancia, resultante de patrones irregulares de trabajo, y de sueño.

—En la interfaz elemento humano-elemento humano, el enfoque reside en la interacción entre personas, dado a que este proceso afecta la eficiencia de la tripulación. Esta interacción incluye también la dirección y el mando. y los defectos en esta interfaz reducen la eficiencia operacional y son causa de equivocaciones y errores.

Tratamiento de la información

1.4.3. Antes de que una persona pueda reaccionar ante una información debe primero sentirla; allí hay una posibilidad de error, ya que los sistemas sensoriales funcionan dentro de una estrecha gama. Una vez captada la información, ésta se dirige al cerebro, órgano en el cual es procesada, sacándose luego una conclusión acerca de la naturaleza y significado del mensaje recibido. Esta actividad interpretativa se denomina percepción y es terreno fértil para cometer errores. La expectativa, la experiencia, la actitud, la motivación y la excitación tienen una clara influencia en la percepción y todas ellas constituyen posibles fuentes de errores.

1.4.4 Después de haberse sacado conclusiones acerca del significado de un mensaje, comienza la toma de decisiones. Muchos factores pueden conducir a decisiones erróneas: la instrucción o la experiencia anterior; consideraciones emocionales o comerciales; la fatiga, la medicación, la motivación y trastornos físicos o psicológicos. La adopción o no-adopción de medidas sigue a la decisión. Esta es otra etapa con potencial para cometer errores, dada que si el equipo está diseñado en forma tal que pueda hacerse funcionar incorrectamente, tarde o temprano así se hará. Una vez tomadas las medidas, comienza a trabajar un mecanismo de retroalimentación. Las deficiencias en este mecanismo también pueden ocasionar errores.

Cómo controlar los errores humanos

1.4.5 El control de los errores humanos exige dos enfoques diferentes. En primer lugar, es necesario reducir a un mínimo el que se cometan errores, asegurándose de que el personal posea elevados niveles de competencia, diseñando los mandos de modo que se ajusten a las características humanas, suministrando listas de verificación, procedimientos, manuales, mapas, cartas, PNO, etc., y reduciendo el ruido, la vibración, los extremos de temperatura y otras condiciones causantes de estrés. Los programas de instrucción que tengan por objeto aumentar la cooperación y la comunicación entre los miembros de la tripulación reducirán el número de errores (la supresión total de los errores humanos constituye un objetivo difícil, ya que el error es parte normal del comportamiento humano). El segundo medía para controlar los errores humanos es reducir las consecuencias de los errores restantes mediante la supervisión mutua y cooperación de la tripulación. El diseño de equipos que permitan enmendar los errores y los equipos que pueden supervisar o complementar y apoyar el desempeño humano contribuyen también a limitar los errores o sus consecuencias.

Instrucción y evaluación

1.4.6 En esta sección se pretende ilustrar como se aplican los factores humanos para proyectar métodos de instrucción operacional.

1.4.7 La educación y el adiestramiento sé consideran aquí como dos aspectos diferentes en el proceso de la enseñanza. La educación abarca un conjunto general de conocimientos, valores, actitudes y pericias necesarios como antecedentes a base de los cuales puede adquirirse posteriormente la capacidad para trabajos más específicos. El adiestramiento es un procedimiento encaminado a desarrollar pericias, conocimientos o actitudes específicos para un trabajo o tarea. No puede llevarse a cabo un adiestramiento apropiado y efectivo a menús que la educación previa haya establecido las bases para desarrollar dichas pericias, conocimientos o actitudes.

LENGUAJE SENCILLO

Dado el elevado precio de la gasolina de aviación, un piloto privado se dirigió a la dirección de aeronáutica de su país para preguntar si podía mezclar keroseno con el combustible que utilizaba, y recibió la siguiente respuesta:

"La utilización de kerosene supone grandes incertidumbres o probabilidades desde el punto de vista de la potencia en el eje y la vida útil del metal, si su aplicación se relacióna con grupos motores aeronáuticos de combustión interna."

El piloto contestó a su vez con un telegrama

"Gracias por la información. Empezaré a utilizar keroseno la semana entrante."
Y recibió en contestación la siguiente carta urgente:

Lamentablemente la adopción de una decisión a este respecto da lugar a cierta incertidumbre. Las consecuencias de la utilización de keroseno son dudosas por lo que respecta a los componentes metaloferrosos y a la producción de energía.

A lo cual el piloto contestó con otro telegrama:

"Gracias de nuevo. Es indudable que me permitirá reducir los gastos de combustible."

EL mismo día recibió, por fin, un mensaje claro:

"NO UTILIZE KEROSENE. PUEDE HACER QUE EL MOTOR SE PARE Y MATARLO A USTED DE PASO."

1.4.8 La pericia es un patrón organizado y coordinado de actividad psicomotriz, social, lingüística e intelectual. La enseñanza es una pericia por derecho propio, y el poseer una pericia en una actividad específica no indica necesariamente la capacidad para enseñar dicha actividad a los demás. Esta es una consideración importante en la selección de instructores de vuelo, pilotos inspectores o cualquier otra persona relacionada con una actividad docente.

1.4.9 Las pericias, el conocimiento o las actitudes adquiridos en una situación dada pueden utilizarse a menudo en otras. Esto se conoce como transferencia positiva. La transferencia negativa se produce cuando el aprendizaje anterior interfiere con el nuevo. Es importante identificar los elementos del adiestramiento que pueden ser causa de transferencia negativa, dada que en condiciones de estrés puede volverse a aplicar métodos anteriormente aprendidos.

1.4.10 El aprendizaje es un procedimiento interno y el adiestramiento es el control de dicho proceso. El éxito o fracaso del adiestramiento ha de determinarse por los cambios en el desempeño o el comportamiento producidos por el aprendizaje. Dado que el aprendizaje es una realización del estudiante y no del maestro, el estudiante debe ser un participante activo y no pasivo. La memoria es pertinente para el aprendizaje: la memoria a corto plazo (MCP) se refiere al acopio de información que se almacenará y olvidará rápidamente, mientras que la memoria a largo plazo (MLP) permite el almacenamiento de información por largos periodos de tiempo. La MCP se limita a unos pocos elementos de información durante unos pocos segundos. Mediante la repetición, la información se transfiere a la MLP. Aún cuando la MLP posee una gran capacidad y presenta menús problemas de almacenaje, ciertamente hay problemas de recuperación, como lo demuestran las dificultades que plantea a los testigos el recordar sucesos pasados.

1.4.11 Hay varios factores que pueden interferir con el éxito de un programa de instrucción: algunos obvios, como la enfermedad, la fatiga o la incomodidad; otros como la ansiedad, la escasa motivación, la instrucción deficiente, un instructor inadecuado, técnicas de aprendizaje incorrectas o la comunicación insuficiente.

1.4.12 Es rentable adoptar un enfoque sistemático para la capacitación. El primer paso consiste en determinar las necesidades de instrucción, posiblemente mediante un análisis de las tareas del trabajo. El segundo paso ofrece una clara descripción y análisis del trabajo. Entonces puede formularse el objetivo de la instrucción y establecerse criterios para la selección de los candidatos. Seguidamente se determine el contenido del curso, que se pone luego en aplicación. Los diversos métodos incluyen: conferencias, lecciones, discusiones, clases particulares, medios audiovisuales, instrucción programada e instrucción por computadora.

1.4.13 Existen dos tipos principales de dispositivos para la instrucción: las ayudas didácticas (diapositivas, videogramas, pizarrón, cartas murales) que facilitan al maestro la presentación de un tema y los equipos de instrucción (como los simuladores de vuelo) que permiten la participación activa y práctica del estudiante. La elaboración de simuladores se basa en la necesidad de suministrar instrucción práctica en un ambiente lo más realista posible, con bajo costo y riesgo y un alto grado de eficacia. Para obtener la aprobación de las autoridades responsables de la certificación, la fidelidad del simulador debe ser lo suficientemente elevada como para desarrollar la competencia y desempeño que se esperan en situaciones de la vida real.

1.4.14 Se supone a menudo que para lograr los mejores resultados en materia de instrucción es necesario incorporar él más alto grado de fidelidad en la situación didáctica. La fidelidad, sin embargo, resulta cara, por lo cual ha de ser rentable. El movimiento, la inserción de controles, los sistemas de sonido y visión, y los equipos específicos de simulación (radar—equipo de pruebas integrado—computadoras de gestión de vuelo, etc.) entrañan gastos considerables. En los limites superiores de la simulación, un pequeño aumento en la fidelidad resulta muy cara: esto es especialmente pertinente, ya que la evidencia de que disponemos apoya el hecho de que con frecuencia se obtienen buenos resultados en la transferencia de instrucción a partir de niveles moderados de fidelidad. Corresponde al especialista determinar el grado de fidelidad necesario para satisfacer los requisitos concretos de la instrucción en una situación dada. Se requiere alta fidelidad en un dispositivo de instrucción cuando el estudiante debe aprender a distinguir cuándo ha de seleccionar conmutadores o mandos, y cuándo las respuestas requeridas son difíciles de lograr o resultan criticas para la operación. La baja fidelidad del equipo es aceptable cuando se empiezan a aprender los procedimientos, a fin de evitar la contusión y no recargar el estudiante que se inicia. A medida que progresa el adiestramiento, se requiere generalmente una mayor fidelidad para obtener la aceptación del usuario.

El liderazgo

1.4.15 Un líder es una persona cuyas ideas y acciones influyen sobre el pensamiento y el comportamiento de los demás. Mediante el uso del ejemplo y la persuasión, así como una comprensión de las metas y deseos del grupo, el líder se convierte en un instrumento de cambio y de influencia.

1.4.16 Es importante establecer la diferencia entre el liderazgo, que se adquiere, y el liderato (la autoridad), que se asigna. Existe una situación óptima cuando ambas se combinan. El liderazgo entraña un trabajo de equipo, y la calidad de un líder depende del éxito en su relación con el equipo. La pericia de liderazgo debería desarrollarse para todos mediante una instrucción apropiada; esa instrucción es esencial en la operación de aeronaves, en las que los miembros menos experimentados de la tripulación se ven obligados a veces a asumir funciones de liderato durante el desempeño normal de sus obligaciones. Esto puede ocurrir cuando el copiloto debe relevar a un capitán ausente o incapacitado, o cuando un auxiliar de cabina de menor jerarquía debe controlar a los pasajeros en un sector de la cabina.

1.4.17 Puede requerirse una dirección experta para comprender y resolver diversas situaciones. Por ejemplo, los choques de personalidad y actitud dentro de una tripulación complican la tarea de un líder y pueden influir tanto en la seguridad como en la eficiencia. Las investigaciones de accidentes e incidentes de aviación han demostrado que las diferencias de personalidad inciden en el comportamiento y el desempeño de los miembros de la tripulación. Otros problemas, que requieren un liderazgo competente, pueden deberse a las frustraciones de los primeros oficiales ante la lentitud de los ascensos o a las de los pilotos contratados como mecánicos de a bordo.

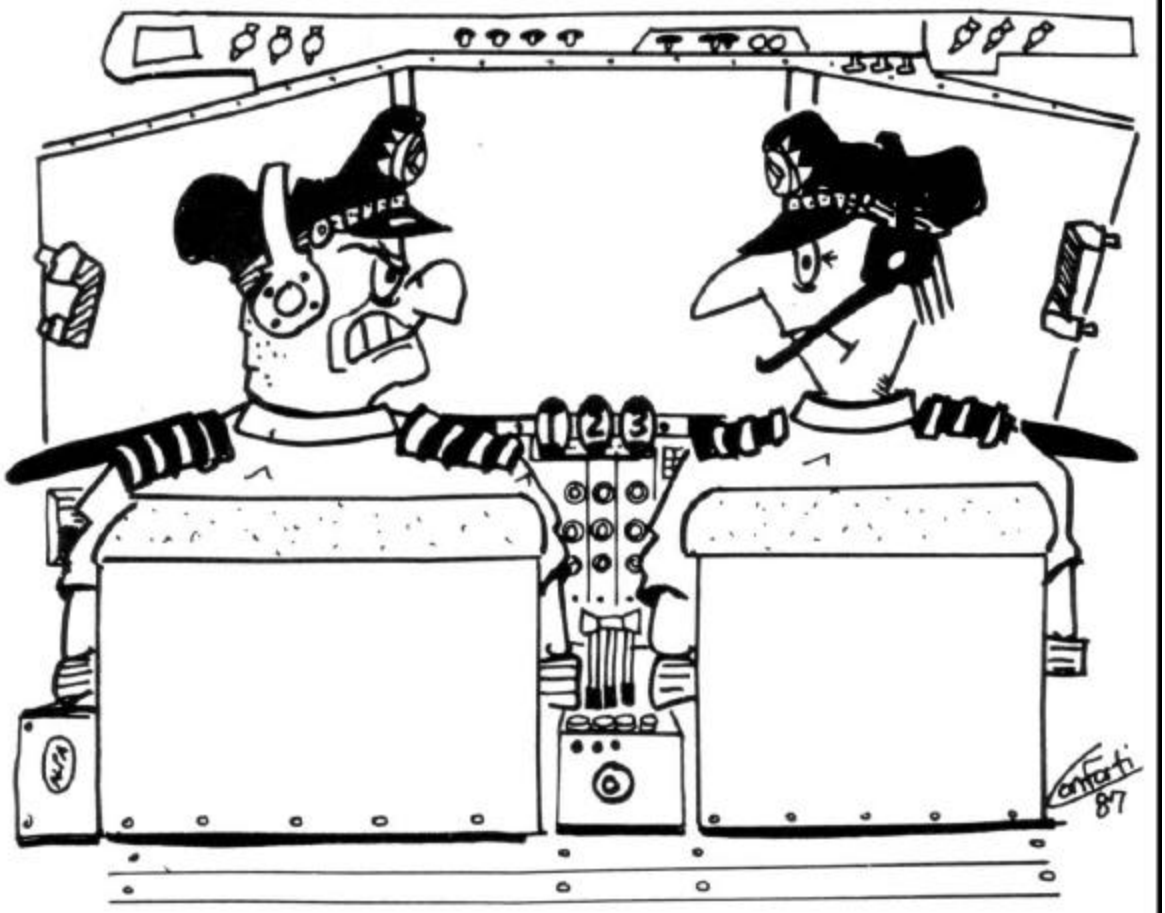
La personalidad y las actitudes

1.4.18 Los rasgos de personalidad y las actitudes ejercen influencia en la forma en que nos conducimos en la vida diaria, en nuestra casa y en el trabajo. Los rasgos de personalidad son innatos o se adquieren durante las primeras etapas de la vida. Son características arraigadas que definen a una persona, y son muy estables y resistentes al cambio. Rasgos tales como la agresividad, la ambición y el carácter dominante pueden considerarse reflejos de la personalidad.

1.4.19 Las actitudes son tendencias o predisposiciones adquiridas y duraderas, más o menos previsibles, para responder favorable o desfavorablemente ante personas, organizaciones, decisiones, etc. La actitud es una predisposición a responder en cierta forma: la respuesta es el comportamiento propiamente dicho. Se cree que las actitudes nos proporcionan una especie de organización cognoscitiva del mundo en el cual vivimos, permitiéndonos tomar decisiones rápidas acerca de qué debemos hacer cuando confrontamos ciertas situaciones.

1.4.20 Se han producido accidentes por el comportamiento inadecuado de personas que tenían la capacidad de desempeñarse eficientemente y sin embargo no lo hicieron así. Informes provenientes del Programa confidencial de notificación de incidentes relacionados con factores humanos (CHIRP) y del Sistema de notificación sobre seguridad de la aviación (ASRS) respaldan el punto de vista de que las actitudes y el comportamiento tienen un papel importante en la seguridad de los vuelos. Esto indica la necesidad de que se investiguen más las características de personalidad deseables e indeseables en los tripulantes y la importancia de una evaluación efectiva de la personalidad durante la selección de tripulantes. Si se han citado como causa de accidentes e incidentes las diferencias de personalidad o de actitud en el puesto de pilotaje, deberíamos entonces tratar de influir en el mayor grado posible sobre las actitudes mediante el adiestramiento.

1.4.21 La diferencia entre la personalidad y las actitudes es pertinente, ya que no es realista esperar que se logre un cambio de personalidad mediante la instrucción ordinaria o en la formación para la gestión o la capitanía. El proceso inicial de admisión y selección es el lugar y el momento para tomar las medidas apropiadas. En cambio, las actitudes son más susceptibles de modificarse a través de la instrucción. La eficacia de la instrucción depende de la firmeza de la actitud o actitudes que se deben modificar. Con este fin, algunos Estados han demostrado los beneficios que representan para la seguridad (en particular en el caso de los vue los con un solo piloto) los programas destinados a mejorar los procedimientos de toma de decisiones de los pilotos identificando los esquemas de pensamiento peligrosos. Modificar las actitudes o los patrones de comportamiento mediante la persuasión también tiene una pertinencia directa para la seguridad y la eficiencia. Los boletines a la tripulación y los avisos y anuncios al personal son ejemplos de persuasión.



"Desde luego, creo en la administración de recursos... ¡tú como recurso y yo como administrador!"

Air Line Pilot, abril de 1988

Comunicación

1.4.22 Una comunicación eficaz, que comprende toda transferencia de información, es indispensable para la operación de vuelo sin riesgos. El mensaje puede ser transmitido oralmente, por escrito, mediante diversos símbolos y representaciones gráficas (p. ej. instrumentos, pantallas de presentación visual, mapas) o por medios no verbales, como los gestos y el lenguaje corporal. La calidad y eficacia de la comunicación están determinadas por su inteligibilidad: el grado en que el mensaje que se pretende transmitir es comprendido por el receptor.

1.4.23 Existen varios riesgos que reducen la calidad de las comunicaciones:

— las fallas durante el proceso de transmisión (p. ej., cuando se envían mensajes confusos o ambiguos, o por problemas de idiomas);

— las dificultades provocadas por el medio de transmisión (p. ej., los ruidos de fondo o la distorsión de la información);

— las fallas durante la recepción (p. ej., cuando se espera recibir otro mensaje, cuando se interpreta mal el mensaje captado, o incluso cuando se desestima);

— las fallas debidas a la interferencia entre los niveles racional y emocional de la comunicación (p. ej.. discusiones);

— los problemas físicos al escuchar o al hablar (p. ej. cuando se experimentan trastornos auditivos o se está usando la máscara de oxígeno);
—el empleo del inglés con personas que no son de habla inglesa; y

—la codificación y decodificación, el ruido.

1.4.24 La tarea de la instrucción en factores humanos consiste en evitar los errores en la comunicación. Esta tarea comprende la explicación de los problemas comunes de comunicación y el refuerzo de una norma lingüística, para garantizar la transmisión sin errores de un mensaje y su interpretación correcta. La comunicación ambigua, engañosa, inapropiada o deficientemente estructurada, combinada con las expectativas, se han citado como elementos determinantes de muchos accidentes, siendo el más notable el desastre de los dos B747 en Tenerife (marzo de 1977).

La coordinación entre los tripulantes

1.4.25 La coordinación entre los tripulantes es la ventaja que aporta el trabajo en equipo con respecto a un conjunto de personas muy calificadas. Sus beneficios más destacados son:

— un aumento de la seguridad, merced a la redundancia para detectar y solucionar errores individuales; y

—un aumento de la eficiencia por el empleo organizado de todos los recursos existentes, que enriquece la gestión durante el vuelo.

1.4.26 las variables básicas para determinar el grado de coordinación entre los tripulantes son las actitudes, la motivación y el entrenamiento de los miembros del equipo. Especialmente bajo condiciones de estrés (físico, emocional o gerencial), existe un alto riesgo de que la coordinación entre los tripulantes se desintegre. Las consecuencias son una reducción de la comunicación (intercambio marginal o nulo de información), un aumento de los errores (p. ej. decisiones equivocadas) y una menor probabilidad de

corregir las desviaciones con respecto a los procedimientos normales de operación o a la trayectoria de vuelo deseada. Además, pueden producirse conflictos emocionales en el puesto de pilotaje.

1.4.27 Los altos riesgos vinculados con el desajuste de la coordinación entre los tripulantes muestran la urgente necesidad de instrucción en materia de gestión de recursos de la tripulación, que se presenta en la Parte 2 de este manual. Este tipo de instrucción asegura que:

—el piloto tenga la máxima capacidad para la tarea primordial de pilotaje de la aeronave y adoptar decisiones;

—la carga de trabajo esté equitativamente distribuida entre los miembros de la tripulación, a fin de evitar todo recargo excesivo para determinada persona; y

—se mantenga una colaboración coordinada, tanto en condiciones normales como anormales, que comprenda el intercambio de información, el apoyo de los colegas tripulantes y la supervisión mutua del cumplimiento de las partes.

La motivación

1.4.28 La motivación refleja la diferencia entre lo que una persona puede hacer y lo que realmente hará y es lo que impulsa o induce a una persona a comportarse de una manera determinada. Por supuesto, cada persona es diferente y está impulsada por diversas fuerzas motivadoras. Aún cuando la selección, la instrucción y la verificación aseguran la capacidad para ejecutar una tarea, es la motivación lo que determina si una persona hará tal cosa en una situación dada.

1.4.29 Existe una relación entre la expectativa y la recompensa como motivadores, dado que la utilidad de una recompensa y la probabilidad subjetiva de lograrla determinan el nivel de esfuerzo que se aplicará para conseguir la recompensa. Este esfuerzo debe estar acompañado de las pericias apropiadas. Es importante que los buenos ejecutantes se den cuenta de que se encuentran en mejor posición que los malos ejecutantes para lograr una recompensa, ya que de no ser así la motivación puede verse reducida. La satisfacción en el trabajo motiva a las personas para superar su rendimiento.

1.4.30 El modificar el comportamiento y el desempeño mediante recompensas se denomina refuerzo positivo: el desalentar un comportamiento indeseable utilizando sanciones o castigos se denomina refuerzo negativo. Aún cuando el refuerzo positivo puede ser más eficaz para mejorar el desempeño, ambos deben encontrarse a disposición del superior. Cabe esperar diferentes reacciones de diferentes personas, en relación con los refuerzos positivos y negativos. Debe tenerse cuidado de no producir un efecto contrario al que se desea.

Documentación

1.4.31 Las deficiencias en la documentación de suelo tienen un doble impacto: existe un aspecto monetario, vinculado con el mayor tiempo o la imposibilidad de ejecutar una tarea determinada, y existe igualmente un aspecto de seguridad. Con referencia a la documentación—lo cual incluye la documentación electrónica de vuelo, que aparece en la pantalla—algunos aspectos básicos exigen llevar aun grado óptimo los factores humanos:

a) el lenguaje escrito, que entraña no sólo el vocabulario y la gramática, sino también la forma en que se utilizan;

b) la tipografía, incluso la forma de las letras y su impresión, así como la disposición del texto, tienen una repercusión importante sobre la comprensión de los textos escritos;

c) el uso de diagramas fotográficos, cartas o tablas en vez de textos descriptivos es ventajoso para facilitar la comprensión y mantener el interés. El uso de colores en las ilustraciones reduce el esfuerzo de discernimiento y tiene un efecto motivador;

d) debe considerarse el ambiente de trabajo en el cual se utilizará el documento cuando se determine el tamaño de los caracteres y de la página (p. ej., un plano de aeropuerto muy pequeño puede inducir a errores durante el rodaje).

Diseño del puesto de trabajo

1.4.32 Para fines de diseño, el puesto de pilotaje debe considerarse como un sistema, y no como un conjunto de aspectos o sistemas específicos, tales como el hidráulico, el eléctrico o el de presionización. Deben aplicarse conocimientos expertos para ajustar las características de dichos sistemas a las del ser humano, con la debida consideración al trabajo que ha de ejecutarse. Es importante el ajuste debido de las zonas de trabajo a las dimensiones y características humanas; p. ej., el tamaño, la forma y los movimientos del cuerpo suministran datos utilizados para asegurarse de que haya suficiente visibilidad en el puesto de pilotaje y que la ubicación y diseño de los mandos y pantallas, así como el diseño de los asientos, sean apropiados.

1.4.33 La importancia de normalizar la disposición general del tablero de instrumentos guarda relación con la seguridad, ya que existen numerosos informes sobre errores debidos a variantes en la disposición general del tablero, que han provocado el retroceso involuntario a métodos de operación apropiados para una aeronave en la cual se había volado anteriormente. Las consideraciones en cuanto al diseño de los asientos incluye los mandos para regularlos, los apoyacabezas, los cojines y tapizados, el soporte lumbar, el soporte de muslos, etc.

1.4.34 La presentación es todo medio de presentar información directamente al operador. Las presentaciones utilizan los sentidos visual, auditivo o del tacto. La transferencia de información de la pantalla de un instrumento al cerebro exige que se filtre, almacene y procese la información, requisito que puede causar problemas. Esta es una consideración de importancia en la concepción de las presentaciones en el puesto de pilotaje. La información debe presentarse en forma tal que facilite la tarea de procesarla, no sólo en circunstancias normales, sino también cuando el desempeño se ve afectado por el estrés o la fatiga.

1.4.35 Una consideración fundamental al proyectar la presentación es la de determinar cómo, en qué circunstancias y por quién será utilizada la presentación. Otras consideraciones incluyen las características de las presentaciones visuales y de las señales auditivas; los requisitos de iluminación; la selección de alternativas analógicas o digitales; la aplicabilidad de los LED (diodos emisores de luz), las LCD (presentaciones de cristal liquido) y los CRT (tubos de rayos catódicos); el ángulo en el cual ha de verse la presentación y su correspondiente paralaje; la distancia de visión, y la posible ambigüedad de la información.

1.4.36 Tres objetivos operacionales fundamentales se aplican al diseño de los sistemas de advertencia, de alerta y de asesoramiento: deben poner sobre aviso a la tripulación y atraer su atención, notificar la naturaleza del problema y, siempre que sea posible, dar orientación para las medidas correctivas apropiadas. La fiabilidad del sistema es vital, ya que sé perdería la credibilidad si se multiplican las falsas advertencias, como fue el caso con generaciones anteriores de sistemas de advertencia de proximidad del terreno. En el caso de una falla técnica del sistema de presentación, no debería presentarse al usuario

información que no sea digna de confianza. Dicha información debe eliminarse de la vista o señalarse claramente. Por ejemplo, las barras de mando de un dispositivo director de vuelo no fiable deberían desaparecer. El hecho de mantener en pantalla información de orientación que ya no era válida ha constituido un factor de accidentes.

1.4.37 Un mando es un medio de transmitir información o energía discreta o continua del operador a algún dispositivo o sistema. Entre los dispositivos de mando, existen los botones que hay que empujar, los conmutadores de palanca o rotativas, las palancas de retén, las perillas rotativas, las ruedecillas moleteadas, las palancas o manivelas pequeñas. El tipo de dispositivo que se utilizará depende de los requisitos funcionales y de la fuerza necesaria para su manipulación. Varias características de diseño se aplican a los mandos:

a) su ubicación;

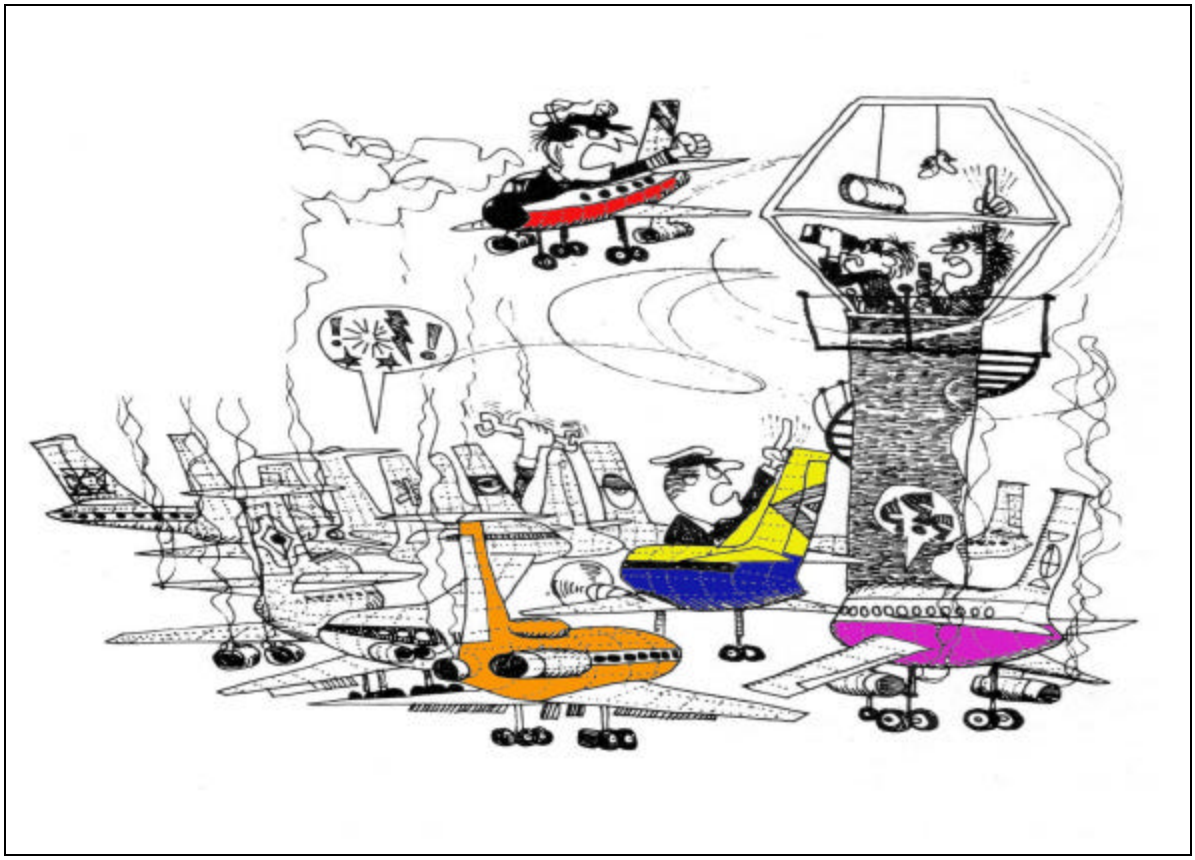
b) la relación mando-presentación (el movimiento del mando correspondiente al del elemento móvil de la presentación conexa);

c) la dirección del movimiento del mando con relación a la presentación;

d) la resistencia del mando;

e) la codificación de los mandos por su forma, tamaño, color, rotulación y ubicación; y

f) la protección contra su activación inadvertida.



1.4.38 La aplicación de la automatización a las presentaciones y mandos del puesto de pilotaje puede crear complacencia y exceso de confianza en los sistemas automáticos, lo cual se ha sugerido como factores causantes de accidentes e incidentes. Si se tratan debidamente los asuntos relacionados con los factores humanos (p. ej., el desempeño limitado del ser humano como supervisor y sus efectos sobre la motivación), puede haber una justificación para introducir la automatización. Ésta podría contribuir a mejorar la performance de las aeronaves y los sistemas y la eficiencia general de su explotación. También podría aliviar a la tripulación de ciertas tareas, a fin de reducir la carga de trabajo en las fases del vuelo en las que se llega al límite de aceptabilidad para las operaciones.

La disposición general de la cabina

1.4.39 Las consideraciones sobre los factores humanos relativos al diseño de la cabina incluyen aspectos relativos al espacio de trabajo y a la disposición general, así como también información sobre el comportamiento y el desempeño humanos.

1.4.40 El tamaño y forma del ser humano son pertinentes para el diseño del equipo de la cabina (lavabos, cocinas, carritos para la comida y compartimientos arriba de los asientos para el equipaje de mano); para la concepción del equipo de emergencia (chalecos salvavidas, balsas salvavidas, salidas de emergencia, máscaras de oxígeno); para los asientos y accesorios (incluso los entretenimientos durante el vuelo); para los asientos plegables y los dispuestos en sentido contrario a la marcha. El conocimiento de la altura y el alcance del usuario determinan la ubicación de equipos y mandos. En los compartimientos de carga debe proporcionarse acceso apropiado y espacio suficiente para trabajar. La estimación de la fuerza humana requerida para hacer funcionar las puertas, escotillas y el equipo de carga debe ser realista. La antropometría (el estudio de las dimensiones humanas) y la biomecánica (el estudio del movimiento de los miembros del cuerpo y de las fuerzas que pueden aplicar) constituyen las fuentes de la información necesaria con estos fines.

1.4.41 Ha de darse debida consideración a la atención que hay que prestar a los pasajeros especiales: los físicamente incapacitados, los ebrios y los aprensivos. El comportamiento de los pasajeros, incluso las influencias gregarias y el comportamiento humano previsible frente a una crisis, son pertinentes en este caso.

1.4.42 Algunos accidentes e incidentes recientes han demostrado la necesidad de proporcionar información sobre los factores humanos a las personas involucradas en las operaciones en tierra. Tales como los gerentes de mantenimiento y de inspección, los supervisores de vuelo de línea y otros. En forma similar, las personas dedicadas a proyectar los sistemas aeronáuticos deberían reconocer los límites humanos en las tareas de mantenimiento, inspección y servicio a las aeronaves. Deben considerarse factores tales como la instrucción, el ambiente de trabajo, los métodos de comunicación, las limitaciones fisiológicas y la ingeniería humana de los equipos.

El ejercicio de la visión y los aspectos anticolisión

1.4.43 Una comprensión adecuada de cómo funciona el sistema visual ayuda a determinar las condiciones óptimas de trabajo. En esta esfera, son pertinentes las características y medición de la luz, la percepción de los colores, la fisiología de los ojos y la forma en que funciona el sistema visual. Igualmente importantes son los factores relativos a la capacidad para detectar otras aeronaves a distancia, de día o de noche, o para identificar objetos externos en presencia de lluvia u otra contaminación en el parabrisas.

1.4.44 Las ilusiones ópticas y la desorientación en las operaciones de vuelo pueden relacionarse directamente con la seguridad. Durante todas las fases del vuelo, pero en particular durante la aproximación y el aterrizaje, se estima que las ilusiones ópticas han tenido un papel importante en

accidentes para los cuales es difícil encontrar otra explicación. En este caso, los factores que hay que considerar específicamente incluyen el terreno en declive, la anchura de la pista, la intensidad de la iluminación, el fenómeno del "agujero negro" (black-hole) y la falta de textura de la pista. Un medio efectivo para reducir los riesgos correspondientes a las ilusiones visuales en las operaciones de vuelo consiste en reconocer, merced a la instrucción, que las ilusiones visuales son un fenómeno natural. La instrucción debería ayudar también a comprender que las circunstancias en las que se producen son a menudo previsibles. El uso de fuentes adicionales de información para complementar las referencias visuales (radar, presentaciones de actitud, radioaltímetros, VASIS, DME, etc.) es la medida más eficaz de protección contra la desorientación y las ilusiones. Hasta cierto punto, el riesgo proveniente de las ilusiones puede disminuirse empleando características de diseño tales como un vidrio para el parabrisas de alto calidad óptica, visibilidad adecuada, guía de posición a la altura de los ojos, una protección efectiva del parabrisas contra la lluvia y el hielo, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones periódicas

Ergonomics; Reino Unido; Taylor y Francis; publicación mensual; revista oficial de la International Ergonomics Association and Ergonomics Society.

Human Factors; Estados Unidos; Human Factors and Ergonomics Society; publicación trimestral; revista de la Human Factors and Ergonomies Society.

The International Journal of Aviación Psychology; Estados Unidos; publicación trimestral; Lawrenee Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva York.

Boletines

Cabin Crew Safety Bulletin; Flight Safety Foundation; Estados Unidos; publicación bimensual.

Human Factors Bulletin: Flight Safety Foundation; Estados Unidos; publicación periódica.

Sistemas de notificación de incidentes

Callback; Estados Unidos; NASA-Ames; publicación mensual; boletín de la ASKS.

ARSR Quarterly Reports; Estados Unidos; NASA-Ames; publicación trimestral; resúmenes y análisis.

ASKS Contractor Reports; Estados Unidos; NASA-Ames; f

publicación periódica; análisis de datos ASRS.

Feedback; Reino Unido; Institute of Aviación Medicine; publicación trimestral; boletín de CHIRP.

Libros -Lectura recomendada

Campbell, R.D. & Bagshaw, M). *Human performance and limitations in ariation*; BSP Professional Books.

Green, R.G., Muir, H., James, M., Gradwell, D. & Green, R.L. *Human Factorsfor Pilots.* Averbury Technic al.

Hawkins, Frank H. *Human Factors in Flight.* Gower.

Hurst, R. & Hurst, L.R., (eds.) *Pilot Error* (2a. edición). Granada.

Jensen, R.S., (ed.) *Aviación Psychology*. Gower.

Jensen, R.S. Pilot *Judgement and Crew Resource Management.* Averbury Aviación.

Johnston, A.N., McDonald, N. &: Fuller, R. (eds.) *Aviation Psychology in Practice*. Averbury Technical.

Johnston, A.N., McDonald, N. & Fuller, R. (eds.) *Applications of Psychology to the Aviation Selection.*Averbury Aviación.

Johnston, A.N., McDonald, N. &: Fuller, R. (eds.) *Aviation Psychology: Training and Selection.* Averbury Aviation.

Johnston, A.N., McDonald, N. &¿ Fuller, R. (eds.) *Human Factors in Aviation Operations*. Averbury Aviación.

Maurino, D., Reason, J., lohnston, N. & Lee, R. *Beyond Aviation Human Factors.* Averbury Aviación.

Nance J.J. Blind Trust: *The Human Factors of Air line Accidents.* Morrow.

O'Hare, D. & Roscoe, S. Flightdeck periormance: *The Human Factors*. Iowa State University Press.

Reason, J. Human error. Cambridge University Press.

Reason. J. & Mycielska, K. *Absent Minded*. Prentice Hall.

Sloan, S.J. & Cooper C.L. Pilots under stress. Routiedge & Kegan Paul.

Telfer. R.A. *Aviation Instruction and Training*. Ashgate.

Trollip, S.R. & Jensen, R.S. *Human Factors for general aviation*. Jeppesen Sanderson Inc.

Wiener, E.L., Kanki, B.G. c§: Helmreich, R.L. (eds.) Cockpit *Resource Management.* Academic Press.

Wiener, E & Nagel, D.C. *Human Factors in Aviation.* Academic.

CAPÍTULO 2
FACTORES HUMANOS, GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN

2.1 INTRODUCCION

2.1.1 Desde los comienzos de la aviación se ha considerado al error humano como factor principal de accidentes e incidentes. Sin lugar a dudas, uno de los mayores desafíos para la aviación ha sido—y continuará siendo—evitar el error humano y poder controlar su incidencia. Tradicionalmente, el error humano en aviación ha sido vinculado estrechamente al personal de operaciones como, por ejemplo, pilotos, controladores, mecánicos, despachadores, etc. Las opiniones actuales en materia de seguridad plantean una perspectiva más amplia que hace hincapié en las deficiencias del sistema más bien que en el desempeño individual. Las constataciones que se pueden hacer mediante el análisis según dicha perspectiva han permitido identificar las deficiencias a nivel de la dirección en todas las fases de operación del sistema aeronáutico como factores importantes que contribuyen a los accidentes e incidentes.

2.1.2 Durante los años iniciales, los esfuerzos relacionados con la seguridad de la aviación se orientaban hacia el perfeccionamiento de la tecnología, concentrándose principalmente en los métodos operacionales y de ingeniería para poder combatir el peligro. Con admirable éxito, esto permitió mantener los accidentes a un nivel bajo. Cuando se hizo evidente que el error humano podía neutralizar aún los dispositivos de seguridad más avanzados, los esfuerzos se orientaron entonces hacia el aspecto del elemento humano en el sistema. Los finales del decenio del 70 y del 80 se recordarán, sin lugar a dudas, por el entusiasmo predominante en la consideración de los factores humanos en la aviación. Se han multiplicado los programas de instrucción de la tripulación de vuelo relativos a la gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM) y de instrucción de vuelo orientada a la línea aérea (LOFI), los de factores humanos, los de preparación de actitud y otros esfuerzos similares y se ha iniciado una campaña sostenida de sensibilización a la omnipresencia del error humano en la seguridad aeronáutica. A pesar de esto, el error humano sigue estando a la cabecera de las estadísticas de accidentes.

2.1.3 Las estadísticas pueden despistar la comprensión del carácter de los accidentes y la concepción de las medidas de prevención. En las estadísticas los accidentes se representan como una serie de relaciones de causa y efecto agrupadas en categorías separadas (tripulación de vuelo, mantenimiento, condiciones meteorológicas, ATC, etc.). Los errores no se catalogan como tales pero sí algunos de sus efectos: impacto contra el suelo sin pérdida de control, despegue interrumpido con rodaje más allá del extremo de pista, etc. las estadísticas proporcionan entonces las respuestas cuando ya es demasiado tarde. No presentan los accidentes como procesos con múltiples eslabones que actúan los unos sobre los otros, que a menudo vienen de mucho tiempo atrás y entrañan muchos y diferentes componentes del sistema general.

2.1.4 La investigación de las catástrofes de mayor importancia en sistemas de gran envergadura y de alta tecnología ha revelado que dichos accidentes fueron provocados por una combinación de muchos factores cuyos orígenes podrían atribuirse a la ausencia de consideraciones en materia de factores humanos durante las fases de concepción y operación del sistema más bien que a errores del personal de operaciones. Ejemplos de estas catástrofes comprenden a los accidentes acaecidos en las plantas de energía nuclear de Three Mile Islands (Pensilvania, EUA,28 de mano de 1979) y Chernobyl (Ucrania, URSS,26 de abril de 1986), el transbordador especial Challenger (Florida, EUA, 28 de enero de 1986), el doble desastre de B-747 en Tenerife (Islas Canarias, España, 27 de mano de 1977) y el de la planta de productos químicos de Bhopal (India, 3 de diciembre de 1984). los sistemas de alta tecnología y de gran envergadura como la producción de energía nuclear y la aviación han sido calificados *sistemas sociotécnicos* haciéndose así referencia a las complejas interacciones entre sus componentes humanos y tecnológicos. *los factores*

vinculados a la dirección y los accidentes relacionados con la organización constituyen conceptos claves en la seguridad de los *sistemas sociotécnicos*. Las expresiones *accidente del sistema y accidente de la organización* reflejan el hecho de que ciertas características propias de los *sistemas sociotécnicos* como, por ejemplo, su complejidad y la interacción inesperada de fallas múltiples. Producirán, inevitablemente, desajustes de la seguridad. En estos sistemas, las medidas correctivas basadas en las constataciones relacionadas con la seguridad van más allá de las últimas personas que hayan tenido la oportunidad de impedir el accidente, o sea, el personal de operaciones, e incluyen el papel de los proyectistas y directores, así como la estructura o arquitectura del sistema. El objetivo de este enfoque es descubrir *qué* es lo que está mal, en vez de *quién* cometió un error.

2.1.5 Considérese la declaración de causa probable en el informe del accidente aéreo relativo a un birreactor de línea que se estrelló al intentar un despegue en condiciones meteorológicas de engelamiento:

> "La Junta Nacional de Seguridad del Transporte determinó que las causas probables de este accidente se debieron a que ni las empresas aéreas ni la Administración Federal de Aviación habían establecido para las tripulaciones de vuelo, procedimientos, requisitos y criterios compatibles con las demoras en las salidas al haber condiciones conducentes a la formación de hielo en la célula, así como a la decisión de la tripulación de vuelo de despegar sin cerciorarse antes, concretamente, de que no hubiera hielo acumulado en las alas del avión al haber estado expuestas a precipitaciones durante 35 minutos después de su desengelamiento. La formación de hielo en las alas produjo la pérdida de la sustentación aerodinámica y de los mandos después del despegue. Entre los elementos que contribuyeron a que se produjera el accidente se pueden incluir los procedimientos inapropiados que empleó la tripulación de vuelo y la coordinación inadecuada entre sus miembros, lo cual dio lugar a que la velocidad de encabritamiento inicial fuera inferior a la velocidad aerodinámica prescrita."

Aun cuando el análisis del accidente reconoce el papel desempeñado por el personal operacional en el desencadenamiento del mismo, busca las deficiencias del sistema y reconoce que las causas profundas del accidente se pueden imputar a las imperfecciones de la concepción y de la operación del sistema aeronáutico.

2.1.6 Este capítulo, por lo tanto, trata del influjo que ejercen los factores relacionados con la gestión en la seguridad aeronáutica, desde el punto de vista de los accidentes vinculados a la organización. Su materia, como todo cambio o nuevo enfoque relacionado con la aviación, es fruto de la evolución más bien que de cambios radicales. Los factores relacionados con la gestión en materia de prevención de accidentes se remontan a cuarenta o mas años atrás, figuran en algunos de los primeros textos que tratan de seguridad industrial y han sido el tema de cursos de prevención por más de treinta años (Advanced Safety Managementand System Safety Factors, C.O. Miller, University of Southern California, 1965). El objetivo del presente capítulo es proporcionar a quienes participan en el proceso de adopción de decisiones de la industria aeronáutica—lo cual comprende a la dirección de las empresas, a las autoridades normativas, a los fabricantes y a las asociaciones profesionales—una toma de conciencia en cuanto a las repercusiones de sus decisiones o indecisiones en materia de seguridad aeronáutica. Figuran, a todo lo largo del capitulo, numerosos ejemplos aclaratorios que se han extraído de los informes preparados por algunos Estados sobre la investigación de accidentes y su inclusión no debería considerarse, de ninguna manera, como una reflexión negativa respecto al nivel de seguridad de dichos Estados o una critica injustificada dirigida a sus administraciones o sistemas de aviación. Por el contrario, constituye el reconocimiento implícito de una actitud progresista en materia de seguridad, dada que en virtud de ser pioneros en la aplicación de la perspectiva de avanzada de este capitulo, dichos Estados van a la vanguardia de los esfuerzos de la comunidad intencional en materia de seguridad.

2.1.7 Este capítulo comprende lo siguiente:

— una introducción a las ideas actuales en materia de seguridad, que, en vez de estar orientadas al desempeño de las personas, giran en torno a la influencia de las organizaciones;
ejemplos de la manera en que las deficiencias del sistema, cuyas raíces pueden estar muy lejos del lugar de un accidente, contribuyen al mismo, e introduce el concepto de las organizaciones seguras y organizaciones que no lo son;

—el "cómo hacer" para ayudar a los encargados de tomar decisiones a que reconozcan por qué deben tomar medidas en materia de seguridad; proporciona detalles y ejemplos sobre lo que deben hacer para contribuir a la seguridad.

2.2 DE LAS PERSONAS A LAS ORGANIZACIONES

"A la 1:24 del sábado 26 de abril de 1986, dos explosiones hicieron saltar la cubierta hermética de hormigón de 1000 toneladas que cerraba el reactor número 4 de Chemobyl. Liberando fragmentos fundidos del núcleo en la proximidad inmediata y productos de la fisión en la atmósfera. Este accidente fue el peor de la historia de la producción comercial de energía nuclear. Hasta ahora ha costado la vida a más de 30 personas, ha contaminado unas 400 millas cuadradas de terrenos alrededor de la planta en Ucrania y ha aumentado de manera considerable el riesgo de muertes por cáncer en una vasta zona de Escandinavia y Europa Occidental... Se plantean inmediatamente dos preguntas: 1) ¿Cómo y por que un grupo de operadores altamente motivados y competentes (al menos, según otros elementos de juicio) cometió la perfecta combinación de errores y violaciones de la seguridad necesarios para hacer explotar este reactor aparentemente seguro? 2) ¿Podría suceder algo parecido aquí?"[2]

2.2.1 Lo primero al responder a estas preguntas es reconocer que el personal operacional no actúa de manera aislada sino que planifica y pone en acción sus decisiones dentro de un medio social. Forma parte de una organización y funcionando sobre una base permanente y mediante una distribución del trabajo y una jerarquía de autoridades, procura alcanzar un objetivo o un conjunto de objetivos.[3] El personal operacional está *organizado*, lo cual implica una distribución de tareas coordinación, sincronización, objetivos compartidos y la aceptación de una autoridad común. Además, el personal operacional no funciona en el vacío: sus decisiones y actitudes son reflejo de quienes los emplean y representan. Por ejemplo una actitud de falta de respeto a la aplicación disciplinada de procedimientos no se produce de la noche a la mañana; se va gestando después de una prolongada exposición a una atmósfera de indiferencia.[4]

2.2.2 La segunda etapa entraña el reconocimiento de que en la segunda mitad del siglo veinte, han quedado firmemente establecidos sistemas y organizaciones de gran envergadura basados en la técnica, durante lo que algunas veces se denomina la "segunda revolución industrial" 5. La expresión *sistemas sociotécnicos*, acuñada en 1960, se refiere a organizaciones que utilizan la alta tecnología en una amplia escala. La industria aerospacial, la producción de energía nuclear, el transporte marítimo y ferroviario y la industria del tratamiento de productos químicos constituyen ejemplos de *sistemas sociotécnicos*. Las organizaciones en dichos sistemas aúnan dos componentes para alcanzar sus objetivos: el componente técnico (la tecnología) y el componente humano (las personas). Estos dos componentes actúan el uno sobre el otro en cada interfaz ser humano-máquina. Ambos componentes tienen una elevada interdependencia y funcionan bajo el efecto de *causas conjuntas*; es decir, que tanto los seres humanos como las máquinas están afectadas por los mismos eventos causales en el medio ambiente que los rodea.[6] Las organizaciones en los sistemas sociotécnicos tienen *objetivos de producción*: el transporte de personas y bienes en los sistemas aerospaciales, marítimos y ferroviarios; la producción de energía eléctrica en la

generación de energía nuclear, etc. Un aspecto característico de las consecuencias de las fallas de seguridad en las organizaciones de los *sistemas sociotécnicos* es que son catastróficas en cuanto a perdidas de vida y de bienes, dada que entrañan actividades de gran riesgo y peligro. Análogamente, en los sistemas tecnológicos de gran escala los peligros potenciales se concentran en lugares únicos bajo el control centralizado de un personal operacional relativamente poco numeroso: operadores de la sala de control en una planta de energía nuclear; la tripulación de vuelo en una aeronave, etc.' En el sistema aeronáutico, las organizaciones comprenden a las líneas aéreas y otros explotadores de servicios, a los fabricantes, a los aeropuertos, al control de tránsito aéreo, a los servicios meteorológicos, a las autoridades de aviación civil, a los organismos de investigación en materia de seguridad, a los organismos internacionales (OACI, JAA, EUROCONTROL, etc.) y a asociaciones profesionales (IATA, IFALPA, IFATCA, ISASI, etc.).

2.2.3 Como consecuencia de la estrecha interdependencia entre las personas y la tecnología, con el paso del tiempo pueden ocurrir cambios complejos, y a menudo desapercibidos, en los *sistemas sociotécnicos.* Por lo tanto, cuando sé consideran los aspectos relativos a la seguridad en dichos sistemas, es estrecho y limitativo procurar explicaciones de los accidentes o de las deficiencias en materia de seguridad en términos exclusivamente técnicos o puramente desde la perspectiva de las ciencias del comportamiento, es decir, del error humano. El análisis de los accidentes importantes en los sistemas técnicos ha indicado claramente que las condiciones previas a los desastres pueden remontarse a deficiencias de organización identificables. Es típico constatar que muchos eventos no deseables, todos los cuales pueden contribuir a que se produzca un accidente, constituyen un "periodo de incubación", que a menudo se puede establecer en términos de años, hasta que un hecho desencadenaste como, por ejemplo, una condición operacional anormal, precipita el desastre. Asimismo, en las actividades de prevención de accidentes en los *sistemas sociotécnicos* se reconoce que los problemas principales relacionados con la seguridad no pertenecen de manera exclusiva al componente humano o al componente técnico. Surgen, por el contrario, como interacciones todavía mal comprendidas entre las personas y la tecnología. El medio ambiente en el que se producen dichas interacciones influye aun más en su complejidad.

2.2.4 Apoyándonos en este concepto básico, tratemos de conjugar teoría con práctica y responder a las preguntas de 1.1. Cuando se examine desde el punto de vista de la seguridad de los sistemas sociotécnicos, es evidente que los ingredientes del desastre de Chemobyl estaban presentes a muchos niveles. Había una *sociedad* empeñada en la producción de energía mediante centrales eléctricas de gran envergadura; había un sistema que era complejo (o sea, con muchos parámetros de control que podían potencialmente actuar mutuamente), potencialmente peligroso, estrechamente acoplado (o sea, con relativamente pocas maneras de alcanzar determinados objetivos), opaco (o sea, con muchas conexiones de retornos de información no familiares ni previstos) y que funcionaba dentro de condiciones cercanas a los límites; había una *estructura gerencial* que era monolítica, distante y lenta para reaccionar; y había *operadores* que poseían apenas una limitada comprensión de las interdependencias del sistema que estaban controlando y que, en todo caso, se les había asignado un cometido que hacia inevitables las violaciones .[9] Estos factores no son exclusivos ni de un Estado en particular ni de la generación de energía nuclear. Si se cambian algunos términos, la descripción adquiere un encuadre aplicable a los accidentes aéreos en cualquier lugar de la comunidad mundial de la aviación, como lo ilustra el ejemplo siguiente.

2.2.5 El 1 de febrero de 1991 un Boeing 737 chocó con un Fairchild Metroliner SA-227-AC mientras el 737 estaba aterrizando en la pista 24 izquierda del Aeropuerto internacional de los Ángeles (*una sociedad dedicada a la producción de transporte en gran escala y de alta tecnología*). El Metroliner estaba ubicado en la pista, en una intersección, esperando la autorización para despegar. El resplandor de la iluminación de la plataforma hacia que la aeronave no resaltara y fuera difícil de ver desde la torre de control (sistema que funcionaba en condiciones cercanas a los límites). Ambas aeronaves quedaron destruidas y 34 personas sufrieron lesiones fatales. La declaración de causa probable dice lo siguiente (el texto en bastardilla ha sido añadido):

> "La Junta Nacional de Seguridad del Transporte determina que la causa probable del accidente fue que la Dirección de las instalaciones y servicios de tránsito de aéreo de los Ángeles no puso en aplicación procedimientos que proporcionasen una redundancia comparable a la exigida por los requisitos que figuran en las normas nacionales de posición operacional y que el Servicio de tránsito aéreo de la FAA no proporcionó instrucciones en materia de criterios ni supervisión adecuadas a sus gerentes de instalaciones y servicios de control de tránsito aéreo [*la estructura gerencial fue lenta en reaccionar*]. Estas fallas crearon unas condiciones en la torre de control de tránsito aéreo de los Ángeles que dieron lugar. En última instancia, a que la controladora local 2 (LC2) no estuviera plenamente al tanto de la situación del transito, lo cual culminó en autorizaciones inapropiadas y el subsiguiente choque... [*operadora que poseía una limitada comprensión del sistema que estaba controlando y que tenia un cometido que hacia inevitables las violaciones; el sistema era opaco*]. Contribuyó a que se produjera el accidente el hecho de que la FAA no proporcionase una garantía de calidad eficaz del sistema ATC [*estructura gerencial lenta para reaccionar; sistema de poca autonomía, peligroso, complejo*]".[10]

2.2.6 El presente análisis toma en consideración todos los componentes descritos en los párrafos anteriores. Examina los elementos humanos y técnicos reconociendo su interdependencia e interacción, observando así el principio de las causas conjuntas. Va mas allá de las decisiones (pero sin ignorarlas) del personal operacional (la controladora de tránsito aéreo y los pilotos). Reconoce que el personal operacional no actúa de manera aislada y examina las deficiencias de organización y los factores vinculados a la dirección involucrados en el "periodo de incubación" del accidente. En esta visión ampliada, las deficiencias en la seguridad del sistema son clarísimas y también lo son las medidas correctivas necesarias para remediarlas. Lo más importante es que, al determinar *porqué* ocurrió el accidente, indica cuál era la falla del sistema y *qué* debería rectificarse, en vez de *quién* cometió un error y debería ser sancionado. Como instrumentos de prevención, culpar y sancionar, son por sí mismos de limitada utilidad.

2.2.7 El 10 de marzo de 1989 un Fokker F-28 Mk-l000 se estrelló después de despegar del Aeropuerto municipal de Dryden, Ontario, Canadá. El número de personas que perecieron en el accidente e incendio subsiguiente se elevó a 24. El informe final de la Comisión investigadora reconoce que se intentó el despegue estando las alas contaminadas de nieve y hielo, hecho que, en última instancia, dio lugar al accidente. No obstante, según un análisis del sistema, el informe formula una pregunta fundamental: ¿Qué es lo que causó o incitó al piloto al mando a tomar la decisión de despegar y qué salvaguardias del sistema deberían haber impedido o alterado dicha decisión? Dice además:

> "... El piloto al mando tomó una decisión imperfecta pero dicha decisión no se tomó de manera aislada. Se tomó en el contexto de un sistema integrado de transporte aéreo que, si hubiera estado funcionando de manera debida, debería haber impedido la decisión de despegar... hubo fallas importantes, muchas de las cuales escapaban al control del comandante, que habían tenido repercusiones operacionales sobre los sucesos de Dryden... deberán examinarse los componentes normativos, de organización, físicos y de la tripulación a fin de determinar cómo cada uno puede haber influido en la decisión del comandante."

Los resultados de dicho examen se resumen en el informe como sigue:

> "... es al comandante, como piloto al mando, que debe imputarse la responsabilidad de la decisión de aterrizar en Dryden y despegar en el día de que se trata. No obstante, es igualmente evidente que el sistema de transporte aéreo no le proporcionó apoyo al colocarlo en una situación en que no disponía de todos los elementos necesarios con que debía haber contado para tomar la decisión debida."

2.2.8 Nuevamente, se han considerado todos los elementos. Este enfoque también pone en perspectiva quién está en mejor posición de tomar las medidas correctivas, o sea, quién puede aportar la mayor contribución a la seguridad. Si hubiera sobrevivido, la tripulación podría haber mejorado su desempeño futuro como la ultima válvula de seguridad del sistema, mediante un mayor adiestramiento, la rectificación y él perfeccionamiento personal, etc. Concentrar las medidas correctivas en el desempeño mejorado de esta tripulación en particular aumentaría la seguridad al nivel individual, es decir, únicamente dentro del alcance relacionado con esta tripulación. No obstante, la puerta quedaría abierta para que muchas otras tripulaciones de vuelo que actúan en el mismo sistema no mejorado cometieran errores inducidos por el diseño imperfecto del sistema. La contribución de importancia debe, por lo tanto, provenir de los niveles en que se toman las decisiones, de los que tienen el poder decisivo de introducir cambios radicales y modificar, a todo lo ancho del sistema, su arquitectura, diseño y funcionamiento.

2.2.9 En términos generales, hay tres niveles de acción que quienes toman las decisiones pueden elegir al cumplimentar las recomendaciones sobre seguridad derivadas de los análisis como los que se presentan en calidad de ejemplos en los párrafos anteriores:[12]

- El primer nivel de medidas consiste en eliminar el peligro y así prevenir un accidente futuro. En el caso del accidente por choque en la pista, por ejemplo, podría tomarse la decisión de que en aeropuertos que poseen pistas paralelas, una de ellas se utilice para despegues y la otra para aterrizajes. En el ejemplo del engelamiento, podría decidirse prohibir de manera categórica las operaciones cuando las condiciones sean conducentes a la formación de hielo sobre la célula. Estas decisiones son las más seguras pero es posible que no sean las más eficientes.

- El segundo nivel de medidas es aceptar el peligro identificado y ajustar el sistema a tolerar el error humano y reducir la posibilidad de un suceso. En este contexto, las decisiones subsiguientes al accidente de los Ángeles podrían incluir la eliminación de despegues desde intersecciones o autorizaciones que entrañen el rodaje hacia la posición en una pista activa y la espera para la autorización de despegue. En el ejemplo de Dryden. La decisión podría eliminar los vuelos a puntos carentes de las debidas instalaciones para desengelamiento, o cuando el equipo relacionado con la protección de los aviones contra el engelamiento no esté utilizable y las condiciones ambientales sean conducentes a la formación de hielo. Aunque estas medidas no son tan seguras como las de primer nivel, estas opciones son más realistas y eficaces y funcionan.

- El tercer nivel de medidas entraña aceptar que el peligro ni puede eliminarse (nivel uno) ni controlarse (nivel dos) y enseñar al personal operacional a soportarlo. Las medidas típicas incluyen cambios en la selección, instrucción, supervisión, dotación y evaluación del personal; en aumentar o añadir advertencias y en toda otra modificación que pueda impedir al personal operacional cometer un error similar.

Las medidas de tercer nivel no deberían preferirse a las de primer o segundo nivel, dada que es imposible prever todas las futuras clases de error humano. Tratar de eliminar todos los errores humanos constituye una meta inalcanzable dada que el error es parte normal del comportamiento humano. El sistema en su totalidad (lo cual incluye a la aeronave, a la tripulación, a los aeropuertos y al ATC) debería determinar, tolerar y remediar el error humano.- Tolerar es la palabra clave; mientras el ser humano forma parte del sistema, este debe concebirse de manera que pueda tolerar toda la gama del comportamiento humano "normal", incluidas las flaquezas humanas. Debe poseer tolerancia para errores.

2.2.10 El lunes 12 de diciembre de 1988, un tren de pasajeros interurbano se estaba aproximando a la estación de Clapham Junction (Inglaterra) cuando cruzó una señal que repentinamente pasó a roja. El maquinista, de conformidad con los procedimientos operacionales normales, detuvo el tren y fue a

telefonear a la caja de señales para notificar que había cruzado una señal en posición de "peligro". Durante su ausencia, la señal pasó de roja a amarilla, debido a un trabajo defectuoso de recableado que había efectuado un técnico dos semanas antes. Esto hizo que otro tren interurbano pudiese entrar en la misma vía y chocar contra la parte trasera del tren que estaba estacionado. Murieron 35 personas y cerca de 500 sufrieron lesiones, 69 de ellas de gravedad. El informe de la investigación del accidente ferroviario de Clapham junction expresa:

> "La importancia vital del concepto de seguridad absoluta fue reconocida repetidamente en el testimonio que rindió al Tribunal la dirección de la empresa ferroviaria. El problema de dichas expresiones de preocupación por la seguridad es que el resto del testimonio demostró sin lugar a objeción dos cosas:
>
> i) que había total sinceridad por parte de todos los que hablaron de seguridad de esta manera pero que, a pesar de ello,
>
> ii) no se pusieron en práctica dichas opiniones pasando de las ideas a la acción.
>
> Las apariencias no correspondían a la realidad. Sé permitía a la preocupación por la seguridad coexistir con métodos de trabajo que... eran ciertamente peligrosos. Esta desafortunada coexistencia nunca fue detecta da por la dirección y por lo tanto los males métodos nunca fueron erradicados. Se permitió a las mejores intenciones en materia de métodos de trabajo seguros ir a la par de la peor inacción en cuanto a poner en vigencia esos métodos.
>
> El testimonio demostró por lo tanto la sinceridad de la preocupación por la seguridad pero, lamentablemente, también demostró la realidad de no haber materializado dicha preocupación mediante actos. Se ha dicho que la preocupación por la seguridad que se manifiesta sinceramente y se reitera expresamente pero que, a pesar de esto, no se materializan en actos, constituye tanta protección contra el peligro como si no hubiera ninguna preocupación en absoluto por tenerla."
>
> Haciendo suya la noción de las causas de accidentes en sistemas sociotécnicos, el informe llega a la conclusión de que:
>
> "Es inequívoca la dedicación a la seguridad que manifiesta la dirección de la empresa ferroviaria. El accidente y sus causas han demostrado que la mala calidad del trabajo, la supervisión insuficiente y una gestión deficiente se combinaron para socavar dicha dedicación".[13]

2.2.11 El mensaje subyacente en lo que antecede tiene un doble carácter. En primer lugar, tendría que ser evidente que las intenciones que se expresan con la frase "la seguridad es algo que concierne a todos" no son suficientes; los responsables de las decisiones tienen que adoptar una postura activa en el fomento de las medidas de seguridad.14 En efecto, se afirma que la participación de la dirección en la prevención de deficiencias en la seguridad exige una dedicación constante y el fomento de la seguridad por parte de los responsables de las decisiones exige una participación tan activa como la del personal operacional. En segundo lugar, seria erróneo y totalmente injusto plantear que a los responsables de tomar decisiones no les interesa fomentar la seguridad o que son indiferentes. El informe de Clapham constituye un ejemplo de que, más allá de toda duda razonable, la preocupación por la seguridad ocupa un lugar prominente en las preocupaciones de los responsables de las decisiones. ¿Por qué entonces la falla en la materialización de la preocupación en actos, como lo prueban las investigaciones del accidente desde el punto de vista de la organización? Una respuesta podría ser: *por no estar al tanto*. Es posible que las personas responsables de tomar decisiones no sepan cómo y por qué sus decisiones o indecisiones pueden afectar a la seguridad; e incluso si tuvieran conciencia de ello, podría ser que no supieran qué hacer para participar activamente en los esfuerzos de fomento de la seguridad. Si uno no está al tanto de un problema, dicho problema, desde

un punto de vista práctico, no existe para uno. Si esta observación en cuanto al no estar al tanto de algo es válida, se puede deducir que los responsables de tomar decisiones necesitan los instrumentos y los conocimientos para dar cumplimiento a sus obligaciones. Este capítulo constituye uno de los esfuerzos en este sentido.

2.2.12 Al hacer constar su opinión contraria en cuanto a la causa probable indicada en el informe del accidente relativo al choque en la pista entre un Boeing 727 y un Beechcratt King Air A100, uno de los miembros del organismo investigador afirmó:

> 'Estoy igualmente en desacuerdo con la idea de que los organismos pueden ser la causa de accidentes. Son las fallas de las personas y las del equipo lo que causa accidentes. Trasladar la causa de las personas a los organismos desvanece y hace difusa la responsabilidad individual que considero críticamente importante en el funcionamiento y el mantenimiento del sistema de transporte".[13]

2.2.13 Esta afirmación recoge una preocupación real y válida así como un error de concepto un tanto ampliamente generalizado. Hay quienes temen que al explorarse la relación entre los factores humanos, la dirección y la organización—y cómo influyen en la seguridad y eficacia de la aviación—se puede perder el concepto de responsabilidad individual. Otros sostienen que ésta también puede ser una manera sutil de "hacer pagar el pato" de la seguridad aeronáutica totalmente a la dirección. En realidad, el concepto de los accidentes motivados por la organización representa una perspectiva ampliada de la seguridad del sistema, lo cual no entraña la intención de trasladar del personal operacional al de dirección la responsabilidad o culpa ni eliminar la responsabilidad individual. En primer lugar, como ya se indicó, imputar culpas es un proceso social y psicológico que entraña la autodefensa y el rechazo y tiene un valor limitado en materia de seguridad o de prevención. En segundo lugar, no se sugiere que el personal operacional no comete errores injustificables; no hay ninguna duda de que a veces los comete. La reserva que se plantea es que la posibilidad de que se cometan dichos errores es sabida desde hace tiempo y que las medidas para mitigar sus efectos son razonablemente bien conocidas. Lo que, más bien, han descuidado quienes forman parte de los niveles de toma de decisiones en el sistema aeronáutico, es la adopción de medidas dirigidas a que el sistema pueda superar las fallas humanas, vista que los intervenientes son seres humanos y, por lo tanto, sujetos a las preferencias y limitaciones humanas. En el pasado, limitar los esfuerzos de prevención al puesto de pilotaje, al puesto de trabajo del ATC, al taller de mantenimiento o a cualquiera de las demás interfaces ser humano-sistema ha demostrado ser satisfactorio para hacer de la aviación el modo más seguro del transporte de mesas. Ahora y en el futuro, esa solución puede resultar de limitado valor para la seguridad y, tal vez, infructuosa.

2.3 ORGANIZACIONES SEGURAS Y ORGANIZACIONES QUE NO LO SON

Con el tiempo, los investigadores y académicos que estudian las organizaciones han recurrido a una metáfora que les ayuda en sus esfuerzos: han comparado las organizaciones a organismos vivos, especialmente al ser humano. Sé considera a las organizaciones como complejas estructuras vivas, con un cerebro, cuerpo, personalidad y objetivos. Al igual que los seres humanos, las organizaciones luchan por sobrevivir dentro de un medio en constante evolución.[16] Dentro de la literatura relacionada con las organizaciones existe la premisa fundamental de que... las organizaciones piensan. Al igual que los individuos, manifiestan un estado de conciencia, una memoria, la capacidad de crear y resolver problemas. Sus ideas influyen fuertemente en la generación y eliminación de peligros. "[17] En esta analogía, los dirigentes y los responsables de tomar decisiones se convierten en el cerebro; los escalones jerárquicos, los departamentos y otras estructuras permanentes (lo cual comprende al personal) se convierten en el cuerpo; y la cultura de la empresa se convierte en la personalidad. Los esfuerzos tradicionales en materia de factores humanos se han concentrado en el cerebro, el cuerpo y la personalidad de los seres humanos y

en las interrelaciones respectivas con el medio ambiente circundante. La finalidad de esto es fomentar los comportamientos que ofrecen seguridad o desalentar los que no la ofrecen y de ese modo mejorar la seguridad y la eficiencia, así como el bienestar de los que integran el sistema de la aviación. Las ideas y las técnicas relativas a los factores humanos se pueden aplicar igualmente a las organizaciones. En este capítulo se hace uso de la metáfora del organismo y se analizan los componentes análogos de cerebro, cuerpo, personalidad y objetivos que se aplican a las organizaciones. De esta manera, las características de las organizaciones y del comportamiento de las organizaciones que son seguras o que entrañan peligro pueden considerarse como otra contribución más cuyo objetivo es procurar la seguridad, la eficiencia y el bienestar de las personas dentro del sistema aeronáutico. El estudio mundial llevado a cabo en 1986 por uno de los principales fabricantes de aeronaves (que se analiza en 2.5.1 y 2.5.2) testimonia la pertinencia del concepto de organizaciones seguras y de organizaciones que no lo son.

2.3.2 Las organizaciones tienen *objetivos*, que habitualmente se vinculan a la producción: fabricación de aeronaves o de otro equipo, el transporte de pasajeros, el transporte de mercancías, etc. Producir beneficios para los accionistas es una de las metas de muchas organizaciones. Las organizaciones dentro de la industria aeronáutica han sido constituidas, en su mayoría, para alcanzar una meta o finalidad práctica, *y la seguridad no es la finalidad principal.* La seguridad encaja dentro de los objetivos de las organizaciones, pero como una función accesoria, a fin de alcanzar los objetivos de producción de manera segura, o sea sin perjudicar a las vidas humanas ni causar daño a los bienes."[18] Por lo tanto, antes de debatir sobre organizaciones que ofrecen seguridad y organizaciones que no la ofrecen, es indispensable poner en perspectiva la seguridad y determinar si encaja dentro de los objetivos de las organizaciones aeronáuticas. Desde el punto de vista de organización. La seguridad debería considerarse un método de preservación de toda forma de recursos, lo cual incluye controlar los costos. La seguridad permite a las organizaciones perseguir sus objetivos de producción con mínimo perjuicio para el equipo o daño físico para el personal. Ayuda a la dirección a lograr dicho objetivo con el mínimo riesgo."[19] Existe un elemento de riesgo en aviación que no puede eliminarse pero que puede controlarse satisfactoriamente mediante programas de gestión de riesgos orientados a rectificar las deficiencias en materia de seguridad antes de que ocurra un accidente. Estos programas constituyen una herramienta indispensable para los responsables de tomar decisiones al formular las relacionadas con los riesgos y a contribuir a la seguridad mientras procuran, al mismo tiempo, alcanzar las metas de producción de sus organizaciones.[20] Los conceptos básicos en materia de gestión de riesgos figuran en el Manual de prevención de accidentes (Doc 9422) y se analizan así mismo en 2.5.5.

Cultura de la empresa

La cultura de la empresa es tan pertinente al desempeño de una organización como lo es la personalidad al comportamiento humano. El 4 de marzo de 1987, un avión CASA C-212-C se estrelló justo dentro del umbral de la pista 21 R en el Aeropuerto metropolitano de Detroit, Michigan, EUA. muriendo 9 de las 19 personas que se hallaban a bordo. La declaración de causa probable indica que el comandante no pudo controlar el avión mientras estaba tratando de sacarlo de una condición de potencia asimétrica a baja velocidad, después de haber usado intencionalmente la inversión del empuje (modo beta) del funcionamiento de la hélice, a fin de hacer descender y desacelerar rápidamente el avión en aproximación final para el aterrizaje. Este procedimiento estaba prohibido estrictamente tanto por el manual de vuelo de la aeronave como por los procedimientos operacionales de la compañía. La investigación reveló también que no era esa la primera vez que el comandante en cuestión—- reconocido por todo lo demás como un piloto capaz y competente—había recurrido a este procedimiento. Esto plantea inmediatamente varias interrogantes:

- Si los procedimientos de la compañía estaban claramente expresados, ¿por qué este comandante no los observaba?

- Si el empleo del modo beta en vuelo estaba estrictamente prohibido y este comandante [frecuentemente] sé desentendía de esta instrucción. ¿Qué impedía a los demás pilotos que eran testigos de que su comandante ignoraba la orden, señalar el hecho a la atención de la compañía?

- Si el empleo del modo beta en vuelo estaba prohibido por el manual de vuelo, ¿por qué estaba disponible para las tripulaciones de vuelo?

- ¿Por que el desentendimiento del comandante por los procedimientos de la compañía y del manual del vuelo de la aeronave no quedo de manifiesto antes de que se descubriera como consecuencia de un accidente?

- Por último, si la compañía conocía los hábitos de vuelo de este comandante, ¿quería —y podía— haber tomado alguna medida?21

2.3.4 El informe final de la Comisión investigadora del accidente de Air Ontario en Dryden, Ontario, en su análisis detallado de cómo la cultura de la empresa desempeñó un papel importante en este accidente. Ofrece una respuesta a estas preguntas:

> " ... aun en organizaciones con fuerte dedicación a la normalización... las subculturas no formales toleran o alientan frecuentemente métodos que discrepan con las políticos o normas reglamentarias de la organización... En varios métodos notificados se constata la existencia de procedimientos distintos... que dan a pensar que la cultura [de la empresa] puede haber permitido a los tripulantes considerable margen en las decisiones que pueden tomar en cuanto a si pueden despegar con contaminación de superficies... práctica que, lamentablemente, no estaba proscrita de manera inequívoca por los reglamentos [de la autoridad de aeronáutica civil] vigentes en ese momento..."[22]

Se plantean así las inevitables preguntas: ¿Qué se entiende por "cultura"? ¿Pueden los responsables de tomar decisiones influir en la cultura de la empresa? De ser así, ¿qué pueden hacer los responsables de las decisiones para influir en la misma?

2.3.5 Se entiende por cultura el conjunto de creencias y valores que comporten todos o casi todos los miembros de un grupo. La cultura da forma al comportamiento y estructura la percepción del mundo que tiene una persona. En ese sentido, la cultura constituye una programación mental colectiva que distingue un grupo humano de otro. La cultura define los valores y predispone a actitudes, ejerciendo un influjo definitivo sobre el comportamiento de determinado grupo. Las normas son los patrones más comunes y aceptables de valores, actitudes y comportamiento para un grupo. Las normas se ponen en ejecución expresando desaprobación respecto a los contravinientes; el modo enérgico en que una cultura sanciona a los que violan las normas es índice de la importancia que se confiere a esas normas. Durante años se ha considerado que las organizaciones trascendían el influjo de la cultura y que sufrían únicamente la influencia de las tecnologías que utilizaban o de las tareas que les incumbía. La investigación ha demostrado, no obstante, que la cultura influye profundamente en el comportamiento de la organización.23.24 Si una organización trata de impartir valores o comportamientos que contrastan con la cultura de organización/empresa existente o que se los percibe como que contrastan los objetivos de la empresa, lograr que se impongan esos valores o comportamientos exigirá considerable tiempo y esfuerzos o será totalmente imposible. Una cultura de empresa puede asimismo permitir o impedir violaciones, dada que ocurren en situaciones en que los valores comunes de los individuos y del grupo favorecen ciertos comportamientos o actitudes. En los términos más simples, un grupo satisfará cualesquier normas que estén establecidas para una organización y hará cualquier cosa que *crea* que la dirección realmente desea o lo *perciba* así.

2.3.6 La explicación del comportamiento aparentemente indisciplinado del piloto del accidente de Detroit debe buscarse en la existencia de una cultura de empresa que toleraba esos métodos y en la ausencia de

normas que lo condenaban. Esto lo evidencia mejor el silencio que rodeaba a las desviaciones observadas de este comandante en lo que atañe a los procedimientos establecidos. Una actitud de desatención a los criterios o las normas reglamentarias de la organización entraña más que los factores humanos relacionados con el puesto de pilotaje, dada que no se desarrolla de la noche a la mañana. Soluciones rápidas, que acortan el tiempo, "eficientes"—recurriendo a cualquier medio necesario para lograrlas—deben, sin lugar a dudas, haber sido una norma aceptada en la subcultura de la organización. No puede haberse expresado una abierta desaprobación a las transgresiones observadas y, de esta manera, con el tiempo, dicho comportamiento llegó a ser una programación mental colectiva que fomentó estas actitudes de riesgo, y probablemente otras, al perseguir los objetivos de la organización. En última instancia, basándose en la experiencia adquirida durante su empleo, los pilotos llegaron a considerar tales actitudes y comportamientos como la norma que la dirección esperaba de ellos y obraron en consecuencia

Culturas de empresa seguras y culturas que no lo son

2.3.7 La cultura, igual que la personalidad, entraña rasgos profundamente asentados y es sumamente resistente a los cambios. Igual que con los rasgos de la personalidad, se puede lograr cambiar pero lentamente y en plazos prolongados. Al identificar qué constituye una buena cultura de empresa orientada hacia la seguridad y sus características, los encargados de la gestión pueden cambiar y mejorar la cultura de empresa existente estableciendo ejemplos que tienen compatibilidad con todo el sistema de valores. Una cultura de seguridad dentro de una organización puede considerarse como un conjunto de creencias, normas, actitudes, funciones y métodos sociales y técnicos que se preocupa de reducir a lo mínima la exposición de empleados, directores, clientes y miembros del público en general a condiciones que se estiman peligrosas o que pueden poner en peligro.[25] Es la que fomenta entre los participantes una actitud compartida de preocupación por las consecuencias de sus actos, actitud que abarcaría las consecuencias materiales así como los posibles efectos sobre las personas.[26]

2.3.8 En términos generales, las características que definen una cultura que ofrece seguridad y que los responsables de tomar decisiones deberían observar al modelar la cultura de seguridad de la empresa incluyen lo siguiente:

- la alta dirección hace hincapié en la seguridad como parte de la estrategia del control de riesgos;
- los responsables de tomar decisiones y el personal operacional tienen una visión realista de los peligros a corto y largo plazos que entrañan las actividades de la organización;
- quienes ocupan las posiciones más elevadas no usan su influencia para imponer sus opiniones o para evitar críticas;
- la personas que ocupan posiciones de mando implantan medidas que limitan las consecuencias de deficiencias de seguridad identificadas;
- quienes ocupan las posiciones más elevadas fomentan un clima en que hay una actitud positiva respecto a las críticas, los comentarios y los retornos de información de los niveles inferiores de la organización;
- hay conciencia de la importancia de comunicar informaciones pertinentes en materia de seguridad a todos los niveles de la organización (tanto dentro de la misma como a entidades externas);

- se fomentan las reglas apropiadas, realistas y aplicables en materia de peligros, de seguridad y de fuentes potenciales de darlo mediante disposiciones que tienen el apoyo y la ratificación de toda la organización; y

- el personal está bien capacitado y tiene una buena formación y comprende plenamente las consecuencias de actos que entrañan peligro.

2.3.9 E1 19 de octubre de 1984,un Piper PA-31 Navajo en vuelo nocturno IFR de Edmonton a Peace River se estrelló en terreno elevado a 20 millas al sudeste de High Prairie, Alberta, Canadá. Perecieron seis pasajeros, sobreviviendo el piloto y tres otros pasajeros. La investigación determinó que el piloto descendió entre nubes por debajo de la altitud mínima de franqueamiento de obstáculos, una violación que terminó por provocar el accidente. No obstante, un objetivo principal de la junta canadiense de seguridad aérea era "... descubrir las circunstancias que influyeron en que el piloto se desviase de los métodos operacionales seguros... *Aun cuando la decisión final en el puesto de pilotaje de una aeronave incumbe al comandante, dicha decisión sufre la influencia de factores sobre los que no tiene control directo…"* (la bastardilla ha sido añadida).

2.3.10 La Junta decidió seguidamente investigar el medio laboral de la compañía. Al hacerlo constató que:

> "A principios de 1984 la Subdirección de transportistas aéreos del Ministerio de Transporte de Canadá había observado la falta de comunicación adecuada entre los pilotos y la dirección. El piloto en jefe de la compañía había sido informado subsiguientemente del problema ..."
>
> "Se consideraba que... los tripulantes debían llevar a cabo las operaciones sin supervisión adicional y atenerse lo más ajustadamente posible a los horarios publicados... algunos pilotos trabajaban seis días por semana y a veces cabía esperar que fuera posible convocarlos en su día libre ..."
>
> "Algunos pilotos dijeron que habían percibido una presión sutil pero importante para que llevasen a cabo los vuelos en su totalidad... el piloto en jefe daba el ejemplo de no cumplir con las limitaciones prescritas en materia de condiciones meteorológicas...'
>
> "La dirección de la empresa alentaba... a los pilotos a declarar VFR aun cuando las condiciones meteorológicas fuesen marginales... los vuelos VFR demandaban menos tiempo y combustible y facilitaban las llegadas... los pilotos admitieron que anulaban los planes de vuelo IFR estando todavía en condiciones IMC... y que a menudo descendían por debajo de los mínimos meteorológicos prescritos tratando de aterrizar..."
>
> "... el personal tenia aprehensiones en cuanto a hacer algo que la dirección no considerase fuese lo mejor para los intereses de la empresa. Se dice que había a menudo enfrentamientos entre los pilotos y la dirección, culminando esto con la renuncia del empleado para evitar el despido inmediato... La empresa no consideraba que las discusiones tuvieran carácter de enfrentamiento..."

El informe concluye:

> "EI procedimiento de descenso que utilizaba el piloto era análogo al empleado durante su vuelo de inspección inicial de ruta a High Prairie seis semanas antes con un piloto principal de la empresa. Aunque el piloto sabia que este método era contrario a los reglamentos, lo consideraba seguro." (la bastardilla ha sido añadida)

Este procedimiento abreviado:

> "... habría permitido al piloto volver a estar en horario. Al poder cumplir con el horario establecido, esperaba evitar nuevos desacuerdos con la dirección y poder así mantener su empleo en la empresa."[27]

2.3.11 Puede verse fácilmente que estos extractos de la sección pertinente del informe oficial contrastan con las características de la cultura de empresa segura que se enumeran en 2.3.8. También proporcionan orientación en lo que atañe a los aspectos de las medidas correctivas en los que los responsables de las decisiones pueden influir para cambiar la cultura de la empresa.

La estructura de las organizaciones

2.3.12 *La concepción de la organización*, o sea, sus estructuras y escalones jerárquicos permanentes, se relaciona con el desempeño de la organización de manera análoga al modo en que el cuerpo se relaciona con el desempeño humano. El papel de la organización y de su estructura es facilitar las interfaces departamentales, conectando y aunando los departamentos.[28] El 18 de noviembre de 1987, la colilla o el fósforo sin apagar tirada por un fumador probablemente encendió basura sumamente inflamable que se había permitido acumular en el mecanismo de una escalera de la estación King s Cross del subterráneo de Londres, Inglaterra. Esto dio lugar a un incendio y 31 personas murieron y muchas otras sufrieron lesiones graves. El informe de la investigación del incendio del subterráneo en King's Cross determinó que:

> "... los mecanismos de la escalera no se limpiaban regularmente, debido en parte a cambios en la organización que hacían difusas las responsabilidades en materia de mantenimiento y limpieza... los especialistas en seguridad, distribuidos en tres direcciones departamentales centraban su atención en la seguridad ocupacional y operacional dejando descuidada la seguridad de los pasajeros... La instrucción que sé impartía al personal en materia de incendios y emergencias era inadecuada... No existía ningún plan de evacuación para la estación del subterráneo de King's Cross... los trenes no disponían de un sistema de altavoces y no había teléfonos públicos en la estación King's Cross."[29]

2.3.13 En realidad, mucho antes de que ocurriera este accidente, la comunidad profesional de investigadores ya había comenzado a escudriñar los métodos y el desarrollo de la estructura de las organizaciones. Había serias razones para estas investigaciones. La investigación de catástrofes de magnitud en *sistemas sociotécnicos* que atraían la atención del público sugería que era totalmente posible proyectar correctamente los componentes individuales de la estructura de la organización (departamentos, secciones, etc.) de manera que pudieran lograr los objetivos asignados de modo seguro y eficiente, sin poder, sin embargo, garantizar la seguridad y eficacia general de la organización debido a la inatención en cuanto al modo en que esos componentes individuales interactúan al integrarse. Si la estructura sé concibe de manera aleatoria, las organizaciones pueden derrumbarse al operar bajo presión (de modo muy parecido a los indicadores o mandos diseñados de manera incorrecta que inducirán al error humano y provocaran fallas de seguridad al producirse presiones operacionales).

2.3.14 Existen varios componentes que los responsables de tomar decisiones deberían considerar al definir la estructura de las organizaciones:

> *Complejidad.* Esto comprende la cantidad necesaria de niveles de dirección, la división del trabajo y la especialización de tareas requeridas (departamentos y secciones), el grado en el que el personal y las instalaciones operacionales deben estar geográficamente dispersados o centralizados y la magnitud en que se han establecido en la organización mecanismos que facilitan la comunicación entre los niveles.
>
> *Normalización*, que tiene relación con la complejidad del trabajo y el nivel de profesionalismo de los empleados. En términos generales, cuanto más simples los trabajos (p.ej., la fabricación en la

> producción en serie), tanto mayores las ventajas de una elevada normalización; cuanto más complejo el cometido (p. ej., tareas gerenciales que exigen elevados niveles de profesionalismo), tanto menor será el nivel conveniente de normalización. Las actividades operacionales de la aviación están sujetas, no obstante, a un alto grado de reglas, incluso cuando intervienen los más elevados niveles de profesionalismo. Las tareas complejas como, por ejemplo, la gestión en el puesto de pilotaje, exigen altos niveles tanto de profesionalismo como de normalización
>
> *Centralización* del proceso formal de toma de decisiones. Esto depende de la estabilidad y previsibilidad del medio circundante: un medio ambiente imprevisible exige un grado bajo de centralización para poder enfrentar los cambios inesperados rápidamente y viceversa.
>
> *Adaptabilidad al medio ambiente*.[30] Ésta es la clave del éxito y, en última instancia, de la supervivencia de la organización. La incertidumbre del medio ambiente es el más fuerte de todos los factores del sistema que afectan a la concepción de la organización. En medios ambientes altamente inciertos, las organizaciones deberían ser flexibles y capaces de responder al cambio. En medios sumamente estables, es conveniente proyectar la estabilidad y el control de manera que la eficacia sea máxima.[31]

2.3.15 Todos estos componentes de la organización ejercen una influencia sobre el desempeño humano, el cual a su vez afecta al modo como las organizaciones alcanzan sus objetivos, incluida la seguridad. La pertinencia de la estructura de la organización en lo que atañe a las deficiencias en materia de seguridad observadas en el incendio del subterráneo en King's Cross es evidente. Las organizaciones con estructuras innecesariamente complejas (demasiados niveles de dirección o excesiva departamentalización) promueven la dilución de responsabilidades y la falta de imputabilidad. También tienden a hacer más difíciles las comunicaciones interdepartamentales.

Las comunicaciones interdepartamentales lentas, especialmente en lo que respecta a la información pertinente en materia de seguridad, disminuyen los márgenes de seguridad y atraen las fallas de seguridad, como lo ilustra aún mas el informe de accidente que sigue.

2.3.16 El 17 de febrero de 1991 un avión de carga DC-9 de la serie 10 se estrelló al despegar del Aeropuerto internacional Cleveland-Hopkins, en Ohio, Estados Unidos. Ambos pilotos sufrieron lesiones mortales y la aeronave quedó destruida. La tripulación no había detectado ni eliminado la contaminación de hielo de las alas. Durante la investigación, la XTSB determinó que varias organizaciones dentro del sistema aeronáutico por años habían estado al tanto de la propensión de esta serie en particular a sufrir pérdidas de mando debidas a pequeñísimas cantidades de contaminación de las alas. El fabricante había publicado numerosos artículos sobre el tema y tres accidentes previos con tipos similares habían sido atribuidos a la misma causa. No obstante, el informe indica que, debido a la falta de una estructura de comunicaciones:

> "... no había un sistema que garantizara que las informaciones criticas llegaran a todos los pilotos de línea de estos aviones... la clave más critica que no se proporcionó a la tripulación en la noche del accidente era una información que aparentemente era fácil de obtener y sabida en la mayor parte de la comunidad aeronáutica, siendo la misma la sensibilidad y vulnerabilidad de las aeronaves DC-9 de la serie 10 a minúsculas cantidades de engelamiento en las superficies superiores de las alas del avión."

El informe concluye:

> "La junta Nacional de Seguridad del Transporte determino que la causa probable de este accidente fue que la tripulación de vuelo no detectó ni eliminó el engelamiento en las alas del avión, lo cual

> era la consecuencia, en gran parte, de una falta de respuesta apropiada por parte de la Administration Federal de Aeronáutica, de la empresa Douglas Aircraft de la Ryan International Airlines al efecto crítico conocido que una minúscula cantidad de contaminación tiene sobre las características de entrada en pérdida del avión DC-9 de la serie 10..."[32]

Cumplimiento de los reglamentos

2.3.17 Cuando las responsabilidades internas en materia de seguridad no están claramente definidas, las organizaciones tienden a confiar en fuentes externas para cumplir con las mismas, es decir, las autoridades normativas. Los reglamentos tienen una finalidad, o sea que no se utilice ningún procedimiento ni equipo relacionado con la seguridad sin atenerse a ellos. No obstante, los reglamentos habitualmente entrañan niveles *mínimos* de cumplimiento en materia de seguridad; además, si los reglamentos se aplican desde el punto de vista de la forma pero se pierde su espíritu, la razón original de haberlos introducido cae en el olvido rápidamente. De ahí que, en el mejor de los casos, la legislación constituye un modo limitado de influir en el comportamiento humano. Los reglamentos no pueden cubrir todos los riesgos involucrados en la aviación dado que cada accidente tiene un carácter único: de ahí la importancia de los programas de gestión de riesgos que, explican en 2.5.5. Las organizaciones que se apoyan fuertemente en la reglamentación para alcanzar los objetivos de seguridad habitualmente no comportan una estructura de gestión de riesgos. El peligro de una excesiva confianza en los reglamentos en vez de la utilización de estructuras de gestión de riesgos debidamente organizadas lo ilustra mejor la declaración inicial en las constataciones de la mayoría de los informes de accidentes: *"... el avión estaba certificado, equipado y mantenido de conformidad con los reglamentos y procedimientos aprobados en vigor... la tripulación poseía los certificados, la competencia y la experiencia necesaria para e/ cumplimiento de sus cometidos..."* Pero el accidente se produjo.

2.3.18 El lunes 14 de noviembre de 1988, una aeronave Embraer 110 Bandeirante en un vuelo regular de pasajeros se estrelló cerca del Aeropuerto de Ilmajoki, en Finlandia. La Comisión investigadora finlandesa llegó a la conclusión de que la causa inmediata del accidente fue la decisión [de la tripulación de vuelo] de continuar la aproximación NDB por debajo de la altitud mínima de descenso sin tener el contacto visual necesario. La Comisión también determinó que un factor que contribuyó al suceso fue la presión en materia de desempeño que dimanaba de la cultura deficiente de la empresa en materia de seguridad. Al indagar las cuestiones de organización que pudieron haber contribuido al accidente, la investigación reveló:

"... graves deficiencias en la explotación de la línea aérea así como en las actividades del explotador y de las autoridades del aeropuerto. También se constato que la legislación era anticuada e insuficiente, especialmente en lo que atañe a las operaciones de vuelo comerciales.

El informe es un ejemplo sobresaliente de enfoque sistémico en la investigación de accidentes y en ese sentido es sumamente rico en lecciones en materia de prevención. El análisis del cumplimiento de los reglamentos se aplica de manera especial a este capítulo. El informe analiza en primer lugar la contribución muy importante del cumplimiento de los reglamentos a la seguridad en los siguientes términos:

> "... La seguridad del vuelo se ve afectada también por la eficacia de la supervisión de las autoridades y por las medidas que se adoptan en respuesta a lo que se descubre mediante la supervisión. Si las autoridades no pueden o no quieren intervenir cuando los reglamentos de seguridad han sido violados o si esas violaciones ni siquiera se reconocen debido a una supervisión ineficaz, probablemente se comenzará a considerar dichas violaciones como asuntos de poca importancia..."

Habiendo establecido la importancia del cumplimiento de los reglamentos, el informe pasa a considerar una importante limitación de los reglamentos, o sea el cumplimiento por la forma, como sigue:

> "... Si las autoridades no pueden justipreciar las condiciones indispensables para explotar una línea aérea, o no disponen de suficiente autoridad para hacerlo, la supervisión y las medidas consecuentes deben llevarse a cabo puramente sobre los principios de la forma. En vez de una determinación amplia, esto conduce simplemente a juzgar las violaciones cometidas por las personas y no es posible enfrentar los factores fundamentales en el medio ambiente orgánico y operacional que ponen en peligro la seguridad..."

La conclusión del informe sobre el propósito y el alcance del cumplimiento de los reglamentos como instrumento al servicio de la seguridad, que se aplica no sólo al accidente que se está investigando sino también a la totalidad del sistema aeronáutico, no da lugar a ninguna ambigüedad:

> "... en el transcurso de la investigación, no se manifestó ninguna razón de poner en tela de juicio de manera general la suficiente competencia de los pilotos o del personal de operaciones. Lo que es fundamentalmente objetable es la deficiente cultura de la empresa en materia de seguridad... Debido a esto, las medidas de la Junta Nacional de Aeronáutica relacionadas con las licencias y las habilitaciones de los pilotos tendrían ínfimo efecto sobre la seguridad de las operaciones de vuelo de la compañía a menos que, al mismo tiempo, se pueda garantizar que la dirección de la compañía adopta la debida actitud y posee la suficiente competencia para cumplir con sus funciones."[33]

2.4 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

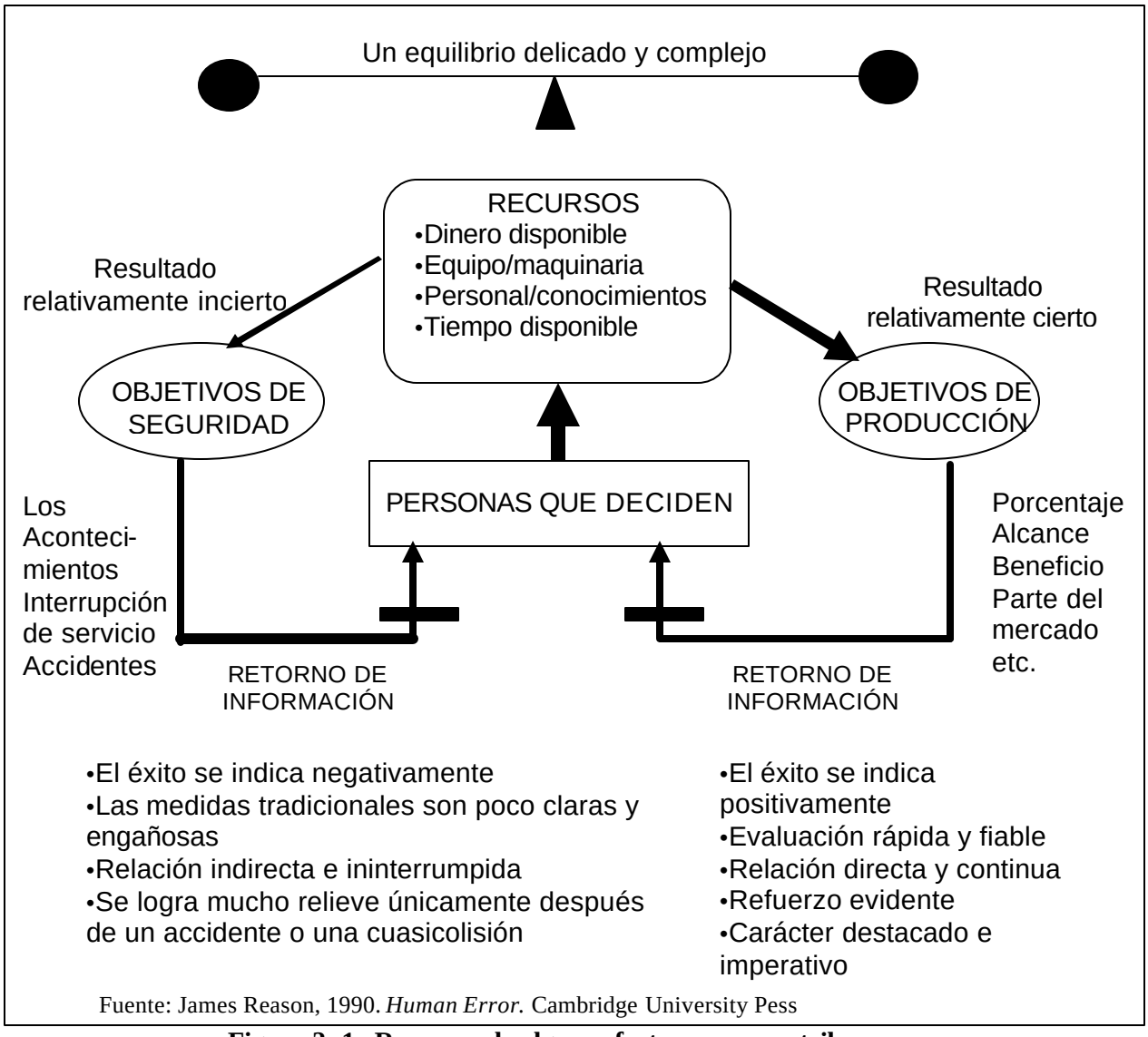
2.4.1 Las organizaciones en los *sistemas sociotécnicos* tienen que asignar recursos a dos objetivos distintos: producción y seguridad. A largo plazo, estos objetivos son claramente compatibles; pero dado que los recursos tienen un carácter finito, podrá haber probablemente muchas ocasiones en que sé plantearán conflictos de intereses de corto plazo. Los recursos asignados para cumplir con la producción (Figura 2-1) podrían disminuir los que hay disponibles para la seguridad y viceversa.[34] Al enfrentar este dilema, es posible que las organizaciones dotadas de estructuras inadecuadas hagan hincapié en la gestión de la producción en vez de la gestión de la seguridad o de los riesgos. Aunque se trate de una reacción comprensible, no es atinada y contribuye a deficiencias adicionales de seguridad. El informe del incendio del subterráneo de King's Cross dice:

> "... El Presidente de la Comisión de transporte regional de Londres... me dijo que si bien los asuntos financieros se supervisaban de manera estricta, no era así en cuanto a la seguridad... no se instalaban detectores de humo por no considerarse que fuesen un gusto justificado; el equipo de nebulización de agua había sido instalado en 1948 y no podía utilizarse debido a problemas de herrumbre... En mi opinión, estaba equivocado en cuanto a sus responsabilidades."

El dilema de la asignación de recursos puede complicarse más por la percepción local de qué cosa constituye un riesgo y por consideraciones culturales en cuanto al valor que tiene la seguridad a los ojos de una sociedad. Se ha sostenido que el número de accidentes que ocurren en un país representa generalmente el porcentaje de accidentes que su población está dispuesta a tolerar; en términos de seguridad, se invierte solamente lo necesario para mantener dicho porcentaje. El índice de tolerancia y la consiguiente asignación de recursos en procura de seguridad varían considerablemente dentro de la comunidad.

Los accidentes en los sistemas tecnológicos complejos

2.4.2 Concluyendo esta analogía entre los seres humanos y las organizaciones consideremos ahora el tema del cerebro o dirección. A fin de entender como la acción o inacción de los encargados en tomar decisiones influyen en la seguridad, es necesario introducir una opinión moderna sobre las causas de accidentes.[35] Como *sistema sociotécnico* complejo, la aviación demanda una coordinación precisa de un gran número de elementos humanos y mecánicos para su funcionamiento. También posee complejas defensas en materia de seguridad. Los accidentes en un sistema tal son el producto de varios factores coadyuvantes y posibilitantes, cada uno necesario pero insuficiente por si mismo para quebrantar las defensas del sistema. Debido al constante progreso tecnológico, las fallas del equipo mayor o los errores del personal operacional raramente son la causa fundamental de los desperfectos en las defensas relativas a la seguridad del sistema. En cambio, dichos desperfectos son consecuencia de fallas en la toma de decisión humana que se produce principalmente en las esferas de la dirección.



Fuente: James Reason, 1990. *Human Error.* Cambridge University Pess

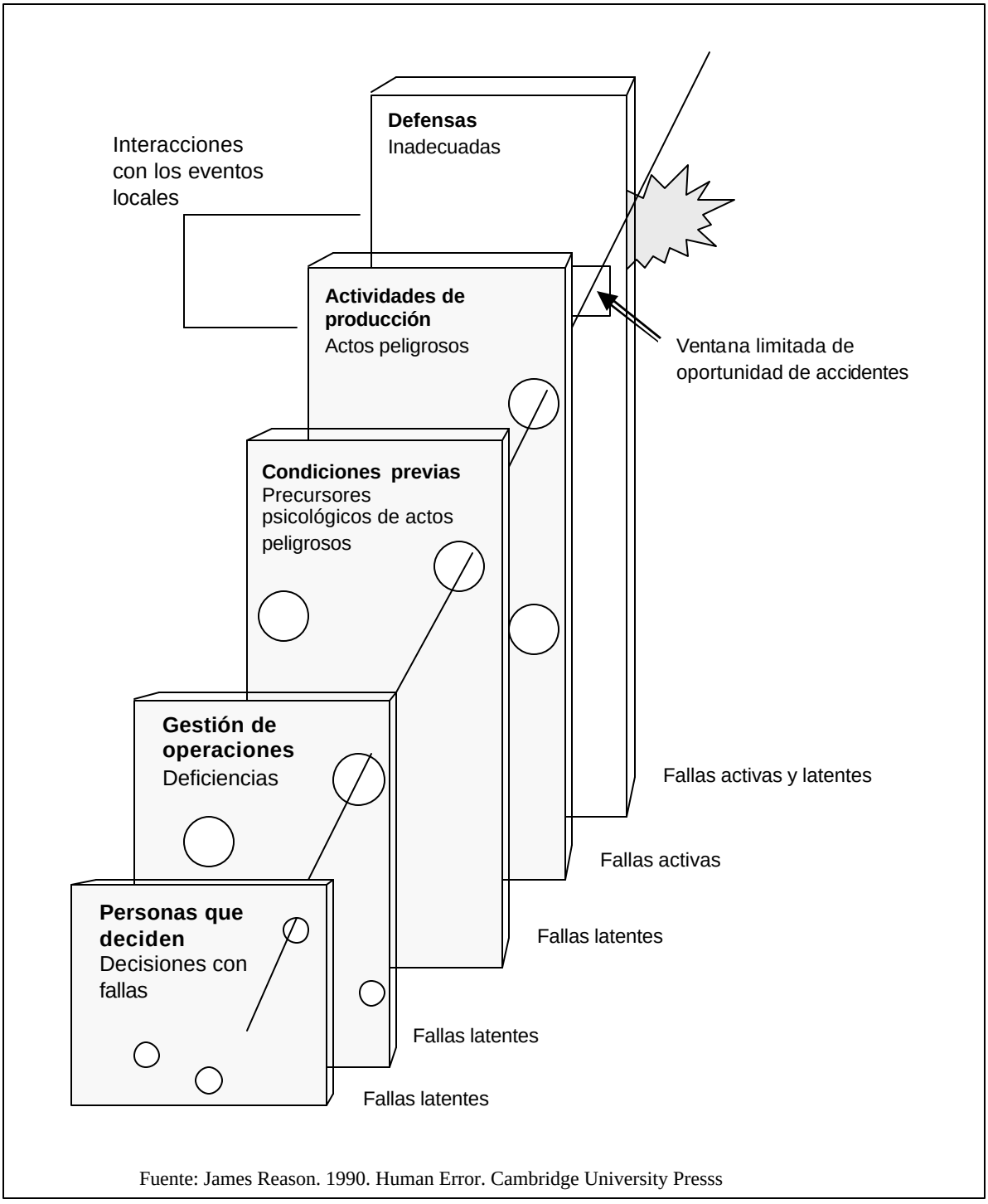
Figura 2- 1. Resumen de algunos factores que contribuyen a decisiones de alto nivel con fallas

2.4.3 Según sus repercusiones inmediatas, se puede considerar a las fallas ***como fallas activas***, que son los errores y violaciones que, tienen un efecto adverso inmediato, relacionado generalmente con el personal operacional (piloto, controlador, mecánico, etc.); o ***fallas latentes***, que son las decisiones o medidas cuyas consecuencias pueden permanecer latentes durante largo tiempo. Las fallas latentes se hacen evidentes cuando las desencadenan las fallas activas, los problemas técnicos o las condiciones negativas del sistema, quebrantando las defensas de éste. Las fallas latentes están presentes en el sistema mucho antes de un accidente, y las alimentan probablemente los responsables de tomar decisiones, de establecer los reglamentos y otras personas muy alejadas del suceso tanto en el tiempo como en el espacio. Los que están en el punto de interfaz ser humano-máquina, o sea el personal operacional, son los herederos de los defectos del sistema como, por ejemplo, el diseño deficiente, los objetivos que se oponen mutuamente, las organizaciones defectuosas y las decisiones erróneas de la dirección. Crean simplemente las condiciones bajo las cuales las fallas latentes pueden revelarse. Los esfuerzos en materia de seguridad deberían dirigirse hacia el descubrimiento y la resolución de estas fallas latentes en vez de ser esfuerzos localizados para disminuir las fallas activas a su mínima expresión. Las fallas activas son apenas la proverbial punta del iceberg.

2.4.4 Las contribuciones del ser humano a los accidentes se ilustran en las Figuras 2-2,y 2-3. La mayoría de las fallas latentes tienen su origen principal en los errores cometidos por los responsables de tomar decisiones. Aun en las organizaciones mejor administradas, varias decisiones importantes tendrán algún aspecto imperfecto en virtud de haber sido tomadas por los seres humanos, los cuales están sujetos a las preferencias y limitaciones humanas así como a limitaciones contextuales. Dado que algunas de estas decisiones carentes de seguridad no pueden impedirse, hay que adoptar medidas para detectarlas y reducir sus consecuencias negativas. Las decisiones con fallas en la gestión jerárquica pueden tomar la forma de procedimientos inadecuados, programación deficiente o descuido en cuanto a peligros reconocibles. Pueden conducir a competencias inadecuadas, reglas inapropiadas o conocimientos deficientes o pueden manifestarse por una planificación mediocre o un trabajo deficiente. Las decisiones con fallas pueden ser causadas también por la falta de recursos.

2.4.5 La respuesta de la dirección a la información relacionada con la seguridad es vital, dada que no puede aumentarse la seguridad a menús que las medidas correctivas sean oportunas y eficaces. Esta respuesta puede variar desde las ***medidas de rechazo***, en virtud de las cuales se rechaza el planteo de los "infractores" o se pone en tela de juicio la validez de sus observaciones; a ***medidas de reparación***, que entrañan sanciones o reasignación de tareas para los "infractores" y la modificación de los elementos peligrosos del equipo a fin de impedir la repetición concreta de una falla observada; o a ***medidas de reforma***, en las que se reconoce el problema y se toman medidas generales que dan lugar a una reevaluación a fondo y, por último, a la reforma del sistema en su totalidad.[36] Estas medidas guardan relación con los tres niveles de respuesta que se analizan en 1.10.

2.4.6 E1 26 de septiembre de 1989, un avión Fairchild Metro III, en vuelo regular de Vancouver a Terrace, Columbia Británica, Canadá, con dos pilotos y cinco pasajeros, se estrelló a un cuarto de milla al oeste del aeropuerto de destino mientras la tripulación estaba tratando de efectuar un procedimiento de aproximación frustrada en condiciones IMC. La aeronave quedó destruida por el impacto y el incendio posterior al accidente. Todos los siete ocupantes sufrieron lesiones mortales en el accidente.[37] El análisis del desempeño de la tripulación de vuelo sugirió equivocaciones en la aplicación de la pericia técnica y psicomotriz. También determinó que hubo fallas en las actividades del puesto de pilotaje y en la coordinación de las tareas. Estas son las fallas activas que, combinadas con las condiciones meteorológicas adversas, provocaron el accidente. La autoridad investigadora, no obstante, decidió ampliar el alcance de la investigación, revelando así algunas de las fallas latentes que prepararon el terreno para este accidente:



Fuente: James Reason. 1990. Human Error. Cambridge University Presss

Figura 2-2. Contribuciones humanas a accidente en sistemas complejos

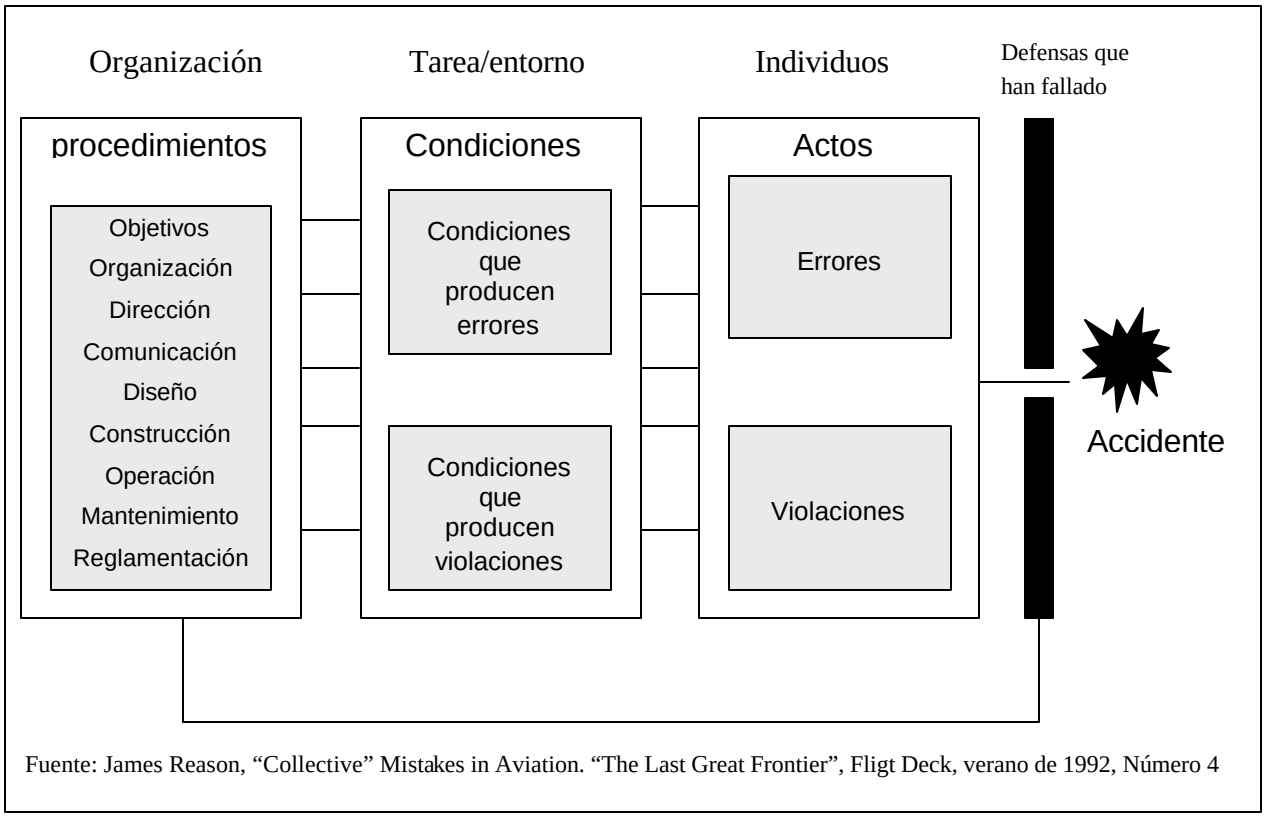
- A pesar de sus antecedentes, se había autorizado a la empresa a funcionar bajo una norma de explotación menos estricta mediante una declaración de renuncia a explotar aeronaves grandes de pasajeros. La autoridad normativa había autorizado a la empresa y a sus pilotos, mediante el mecanismo de la renuncia de cumplimiento específico, a aplicar las normas para necesidades de explotación menús exigentes (es decir, aplicables a aeronaves pequeñas de menús de 12 500 libras

de peso bruto) en vez de las normas más restrictivas aplicables a aeronaves grandes de más de 12 500 libras de peso bruto. Esto implicaba exigencias de instrucción reducidas y verificación de competencia menos frecuente.

- La empresa de que se trata poseía una foja cuestionable en materia de cumplimiento de los reglamentos. En los dos años anteriores al accidente, los responsables de los reglamentos gubernamentales habían emitido tres suspensiones o anulaciones al certificado de explotación de la empresa. El certificado había sido restablecido sin una inspección en el terreno por parte de la autoridad normativa para asegurarse de que la empresa había adoptado las medidas correctivas.

- La empresa no utilizaba procedimientos normalizados. Las entrevistas con los pilotos de la empresa indicaron que había a menudo confusión entre los pilotos en cuanto a las directrices operacionales vigentes.

- Las definiciones y descripciones de la autoridad normativa con los detalles de las referencias visuales requeridas para llevar a cabo un circuito de aproximación eran ambiguas y sujetas a la posibilidad de una interpretación errónea.



Fuente: James Reason, "Collective" Mistakes in Aviation. "The Last Great Frontier", Fligt Deck, verano de 1992, Número 4

Figura 2-3. Elementos básicos de un accidente relacionado con la organización

2.4.7 Analizando el accidente con una loable introspección, la autoridad normativa determina acertadamente las medidas de reforma necesarias y concluye en su publicación periódica sobre seguridad con lo siguiente: "... en el contexto de la seguridad del sistema, se podría sostener que las deficiencias relativas a la instrucción, a las normas y a la gestión de riesgos condujeron dos pilotos de relativamente poca experiencia, productos típicos del sistema de instrucción de vuelo de este país, a cometer una serie de transgresiones que, claramente, su empresa y el gobierno tenían los medios de prevenir."[38]

2.4.8 En la noche del 2 de diciembre de 1984, una pérdida de gas en una planta de pesticidas devastó a la ciudad India de Bhopal en el peor desastre industrial registrado. Murieron más de 2 500 personas y más de 200 000 sufrieron lesiones. La causa inmediata de la pérdida fue una entrada de agua en un tanque de depósito de isocianato de metilo (MIC). La pérdida se debió a "un mantenimiento chapucero, error del operador, tubos de derivación improvisados, sistemas de seguridad fallados, dirección incompetente, sequía, la economía agrícola y males decisiones del gobierno".[39] El análisis del desastre de Bhopal es un ejemplo clásico y lamentable de los conceptos expuestos en este capítulo:

> "La rígida estructura de la organización de la planta de Bhopal... fue una de las tres causas principales del accidente... La planta de Bhopal estaba plagada de disputas de relaciones industriales y de gestión interna... Por un período de quince años previos al accidente, la planta había sido dirigida por ocho gerentes distintos... muchos de los cuales provenían de diferentes orígenes, con poca o ninguna experiencia pertinente."

"La falta de continuidad en la gestión de la planta, el estilo autoritario, y a veces manipulador, de su dirección y el sistema de organización que no se adaptaba y era indiferente, contribuyeron colectivamente a que ocurriera el accidente. El último elemento, o sea la rigidez de la organización, fue el principal responsable de que no se respondiera ni se tomaran las medidas correctivas necesarias para hacerse cargo de los cinco accidentes de importancia que ocurrieron en la planta entre 1981 y 1984... las crisis se producen a menudo porque no se presto atención a las señales de advertencia..."

"La cultura de la organización de la planta de Bhopal debería también considerarse responsable por no prestar atención a las muchas advertencias operacionales relativas a problemas de seguridad... La cultura monolítica de la organización de Bhopal, como medio operacional de la planta, fomentaba únicamente la centralización de las decisiones mediante normas y reglamentos o mediante la normalización y la jerarquía, todo lo cual exigía un gran control y vigilancia..."

"Muchos empleados claves quedaban a cargo de operaciones de modo independiente sin haber adquirido una comprensión suficiente de los procedimientos operativos en condiciones de seguridad..."[40]

Los rasgos de una organización segura

2.4.9 ¿Cuáles son, por lo tanto, los rasgos de una organización segura? En términos generales, las organizaciones seguras:

- Procuran la seguridad como uno de los objetivos de la organización y la consideran como uno de los principales factores que contribuyen al logro de los objetivos de producción:

- Han desarrollado estructuras de gestión de riesgos apropiadas que establecen un equilibrio apropiado entre la gestión de la producción y la gestión de los riesgos;

- Disfrutan de una cultura de empresa en materia de seguridad que es abierta, buena y sólida;

- Poseen una estructura que ha sido formulada con un grado de complejidad, procedimientos normalizados y toma de decisiones centralizada que es compatible con los objetivos de la organización y las características del medio ambiente circundante;

- Se apoyan en una responsabilidad interna más bien que en el cumplimiento de reglas para lograr los objetivos de seguridad; y

- Responden a las deficiencias observadas en materia de seguridad con medidas a largo plazo en respuestas a las fallas latentes, así como con medidas localizadas de corto plazo en respuestas a las fallas activas.

2.5 CONTRIBUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE LA EMPRESA A LA SEGURIDAD

2.5.1 En 1986 un importante fabricante de aeronaves efectuó un estudio a escala mundial de explotadores de líneas aéreas con objeto de ayudar a controlar lo que se apodaba "accidentes causados por los tripulantes". El correspondiente informe tuvo amplia publicidad y constituyó un jalón en la comunidad de los instructores de las líneas aéreas dada que proporcionaba valiosa información aplicable a la instrucción de las tripulaciones de vuelo.[41] Aunque, por su carácter, el estudio giraba estrechamente alrededor del aspecto relacionado con las tripulaciones de vuelo, los investigadores debieron abocarse a la evidencia que sugería que había algo más que cuidarse del error de los tripulantes para lograr operaciones de línea aérea seguras.

2.5.2 El informe indica que una característica de las líneas aéreas identificadas como más segura era *el énfasis de la dirección en el aspecto de la seguridad*. Esas líneas aéreas:

> "... caracterizan la seguridad como algo que comienza en la cima de la organización con fuerte énfasis en la seguridad y que esto se transmite a la totalidad de las operaciones. Los directores de las operaciones de vuelo y de la instrucción reconocen su responsabilidad en materia de seguridad del vuelo y se consagran a crear y poner en aplicación criterios orientados al logro de la seguridad de vuelo... Poseen un método de hacer llegar la información a las tripulaciones de vuelo rápidamente y una política que fomenta los comentarios confidenciales de los pilotos a la dirección... Esta actitud de la dirección, aunque un tanto difícil de describir, constituye la fuerza dinámica que establece las condiciones para la normalización y la disciplina en el puesto de pilotaje planteadas y reforzadas por un programa de instrucción orientado hacia los aspectos de la seguridad."

2.5.3 Tres años más tarde, en una alocución pronunciada en el Aero Club de Washington, D.C., el 28 de marzo de 1989, el orador, reconocido internacionalmente como defensor de la seguridad a través de la gestión, afirmaba:

> "La actitud de la dirección puede traducirse en medidas concretas de muchas maneras. Las más evidentes son las fundamentales: el suministro de puestos de pilotaje bien equipados, bien mantenidos, normalizados; la formulación y aplicación cuidadosas de procedimientos de operación normalizados y una estricta observancia de los mismos; y una instrucción a fondo y un programa de verificaciones que garanticen que cada piloto posee la competencia exigida para utilizar las aeronaves de manera segura. Estas medidas establecen los cimientos sobre los que se sostiene todo lo demás."[42]

El accidente del Twin Otrer De Havilland DHC-6 -300 ocurrido el 28 de octubre de 1989 en terreno elevado, cerca de la bahía de Halawa, en Molokai, Hawai, mientras trataba de continuar el vuelo VFR en condiciones VMC que estaban empeorando, constituye un ejemplo ilustrativo de una "falla de la dirección". El informe del accidente aéreo incluye la siguiente conclusión:

"En resumen, la Junta de Seguridad concluye que la dirección [de la empresa] no proporcionó una supervisión adecuada de su personal, ni de la instrucción ni de las operaciones de vuelo. Era de incumbencia de la dirección de la línea aérea rectificar las numerosas deficiencias que se evidenciaron durante la investigación en lo que respecta a la instrucción IFR de los pilotos, a la poca instrucción teórica,

a la falta de instrucción en materia de CRM, a los rasgos de comportamiento del comandante conocidos y a la política de no emplear los sistemas de radar meteorológico instalados en los aviones. El personal de dirección, al no rectificar dichas deficiencias contribuyó a los hechos que dieron lugar a este accidente."[43]

2.5.4 las citas de los párrafos precedentes sirven de preámbulo al concepto del presente capítulo y demuestran la crítica contribución de la dirección a la seguridad en los *sistemas sociotécnicos*, que es el objeto del presente compendio. Antes de tratar qué es lo que la dirección puede hacer, es pertinente, sin embargo, analizar por qué la dirección debe actuar en lo que atañe a la seguridad.

Por qué la dirección debe desempeñar un papel activo en materia de seguridad

2.5.5 Aporte de las consideraciones morales relativas a las posibilidades de lesiones o pérdidas de vida y conservación de los bienes, la dirección debe actuar debido a los aspectos económicos de la seguridad aeronáutica. En la sección 2 se analizó el dilema de repartir los recursos finitos entre los objetivos de producción y de seguridad. Aunque aparentemente incompatibles a corto plazo, estas metas son perfectamente compatibles cuando se les considera en una perspectiva a largo plazo. Es una generalización reconocida que las organizaciones más seguras son a menudo las más eficientes. Existen compensaciones inevitables entre algunos aspectos de seguridad por otros de carácter financiero. No obstante, las organizaciones que son seguras no permiten estas compensaciones o incompatibilidades aparentes para reducir las normas de seguridad por debajo de una norma mínima que se define de antemano y se convierte así en uno de los objetivos de la organización.[44]

2.5.6 Cuando contempla la posibilidad de una compensación de un aspecto de seguridad por otro de producción, la dirección debería evaluar las consecuencias financieras de la decisión. Dado que esta compensación entraña un riesgo, la dirección debe considerar el costo que entraña aceptar tal riesgo, o sea cuánto costará a la organización tener un accidente. Si bien hay costos asegurados (los que se cubren pagando las primas a las compañías de seguros) que pueden recuperarse. Existen también los costos que no están asegurados, que no pueden recuperarse y que en general pueden representar el doble o el triple de los costos asegurados. Los costos típicos no asegurados de un accidente incluyen:

- las franquicias estipuladas en las póliza de seguros
- las horas normales y extraordinarias perdidas
- el costo de la investigación
- el costo de contratar e instruir al personal de remplazo
- la pérdida de productividad del personal lesionado
- el costo del restablecimiento del orden
- la pérdida de la utilización del equipo
- el costo del arrendamiento del equipo de remplazo
- los gastos de explotación adicionales del equipo restante
- las pérdidas de equipo de reserva o especial
- las multas y los emplazamientos
- los honorarios de abogado y gastos judiciales relativos al accidente
- las primas de seguro adicionales
- las reclamaciones complementarias a las atendidas por los seguros
- la pérdida comercial y el daño a la reputación
- el costo de las medidas correctivas.

2.5.7 Los que están en mejor posición para poner en efecto la prevención de accidentes mediante la eliminación de riesgos inaceptables son los que pueden introducir cambios en la organización, en su

estructura, cultura de empresa, políticas y procedimientos, etc. Nadie está en mejor posición para producir esos cambios sino la dirección. Por lo tanto, los aspectos económicos de la seguridad aeronáutica y la posibilidad de producir un cambio sistémico y efectivo constituyen la base que justifica la intervención de la dirección en materia de seguridad.[45]

Medidas que permiten a la dirección adoptar una postura activa en materia de seguridad

2.5.8 En un documento como el presente manual, que está destinado a una vasta audiencia en diferentes Estados, en organizaciones de diferente magnitud y, lo más importante, en organizaciones de diferentes tipos de estructura, es imposible ser prescriptivo en materia de medidas de la dirección relacionadas con la seguridad. No obstante, existen algunos principios generales que se aplican de modo universal; los mismos se analizan en el resto de esta sección.

2.5.9 ***Asignación de recursos***. Desde la más simple de las perspectivas, la contribución más obvia de la dirección a la seguridad se manifiesta en la asignación de recursos adecuados y necesarios para alcanzar de manera segura los objetivos de producción de la organización. Las cuestiones subyacentes en dicha asignación se analizan en 2.5.18 así como en los párrafos iniciales de la presente sección. En términos prácticos, la primera cita que figura en 3.3 puede considerarse la lista de los aspectos "más necesarios" que la dirección debería procurar atender al decidir la asignación de recursos.

2.5.10 ***Programas de seguridad y sistemas de retorno de información de seguridad***. Existen otras actividades que entrañan asignación de recursos y que no son tan evidentes aunque son igualmente importantes. Dichas actividades se analizan a fondo en el Manual de prevención de accidentes (Doc 9422) y se mencionan brevemente en esta sección. La más importante es la aplicación, utilización permanente y apoyo visible de un programa de seguridad de la empresa. Esos programas deberían comprender no solamente la seguridad de las operaciones de vuelo sino también la seguridad del mantenimiento, la seguridad de la plataforma, etc. El programa debería ser administrado por un funcionario de seguridad autónomo de la empresa que responda directamente al más alto nivel de dirección de la empresa. Los funcionarios de seguridad de la empresa y su personal deben actuar en calidad de gerentes de control de calidad que buscan deficiencias en la seguridad de la empresa y no la imputación de los errores individuales. Para ejercer sus cometidos, los funcionarios de seguridad necesitan informaciones que pueden proceder de varias fuentes: verificaciones internas de la seguridad que determinan peligros posibles para la seguridad, sistemas internos de notificación de incidentes, la investigación normal de incidentes críticos así como programas de supervisión del desempeño, tanto para la empresa como para la industria. Los posibles circuitos de retornos de información de un sistema interno de verificación y sus valores relativos en términos de prevención se analizan en 2.5.14. Una fuente de información que se descuida a menudo es la participación en foros de seguridad en todo el ámbito de la industria como, por ejemplo, conferencias y reuniones de tipo seminario organizadas por asociaciones internacionales. Dotado de la información así obtenida, el funcionario de seguridad puede entonces ejecutar un programa de divulgación de informaciones críticas en materia de seguridad para todo el personal. De esta manera sé prepara el terreno para un clima de organización orientado hacia la seguridad.

2.5.11. ***Procedimientos de intervención normalizados***. Hay una actividad aún más sutil que la dirección puede llevar a cabo para contribuir a la seguridad. La formulación, aplicación y observancia de procedimientos de intervención normalizados (PIN) han sido reconocidas como una contribución importante de la dirección para los fines de la seguridad. El no conformarse a procedimientos de intervención normalizados y seguros ha sido vinculado, por cierto, a numerosos accidentes e incidentes. Existen consideraciones en materia de factores humanos que se relacionan los PIN y que conciernen tanto a la filosofía subyacente como a la concepción de dichos procedimientos. *Procedimientos* son especificaciones para la ejecución de determinadas medidas; los procedimientos especifican una serie de

medidas para ayudar al personal operacional a llevar a cabo sus tareas de un modo lógico, eficiente y, muy importante, que resiste a los errores. Los procedimientos no se generan en el vacío ni son propios de un equipo; se basan en un concepto amplio del funcionamiento. Existe un vinculo entre los procedimientos y la filosofía, que Wiener y Degani han denominado "las cuatro P de las operaciones": Filosofía (Philosophy en inglés), Políticas, Procedimientos y Prácticas.[46]

2.5.12 Estos investigadores sostienen que, al establecer una filosofía de operaciones, la dirección declara cómo quiere que la organización funcione. Esa filosofía sólo la puede establecer el nivel más elevado de la empresa. A partir de la filosofía se pueden desarrollar las *políticas.* Las políticas constituyen especificaciones amplias de la manera en que la dirección espera que se lleven a cabo las tareas, instrucción, vuelo, mantenimiento, ejercicio de la autoridad, conducta personal, etc. Es la dirección jerárquica la que habitualmente dicta las políticas. Los *procedimientos* que son los supervisores quienes los establecen, determinan cómo deben llevarse a cabo las tareas. Normalmente, son los supervisores quienes desarrollan los procedimientos. Estos deben elaborarse de modo compatible con las políticas, las cuales deben ser compatibles con la filosofía general directriz. Por último, la dirección debe efectuar el control de calidad para asegurarse de que las *prácticas* en el medio operacional no se desvían de los procedimientos escritos. Todo intento de buscar un atajo a dicho proceso puede muy bien dar lugar a procedimientos incompatibles que alimentarán dudas entre el personal operacional respecto a los comportamientos preferidos que la dirección espera de ellos para cumplir con sus cometidos (Figura 2-4).

2.5.13 Las filosofías, las políticas y los procedimientos deben elaborarse con la debida consideración al ambiente operacional en que se utilizarán. La incompatibilidad de los procedimientos con el medio ambiente operacional puede dar lugar a la adopción oficiosa de métodos de operación que no son seguros. Las actividades externas, el tipo de operación y la disposición del puesto de pilotaje o del puesto de trabajo constituyen factores a considerar al evaluar el medio operacional en que se utilizarán los PIN. Los retornos de información de situaciones operacionales, mediante las prácticas observadas o los informes del personal operacional, es indispensable para garantizar que el nexo entre las cuatro P y el medio operacional se mantenga intacto.

2.5.14 El ejemplo de la política en materia de sistemas de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS), establecida por un explotador[47], ilustra este punto:

- *Filosofía*: es un objetivo de la empresa ser la línea aérea más segura, como lo estipulan los estatutos de la línea aérea.

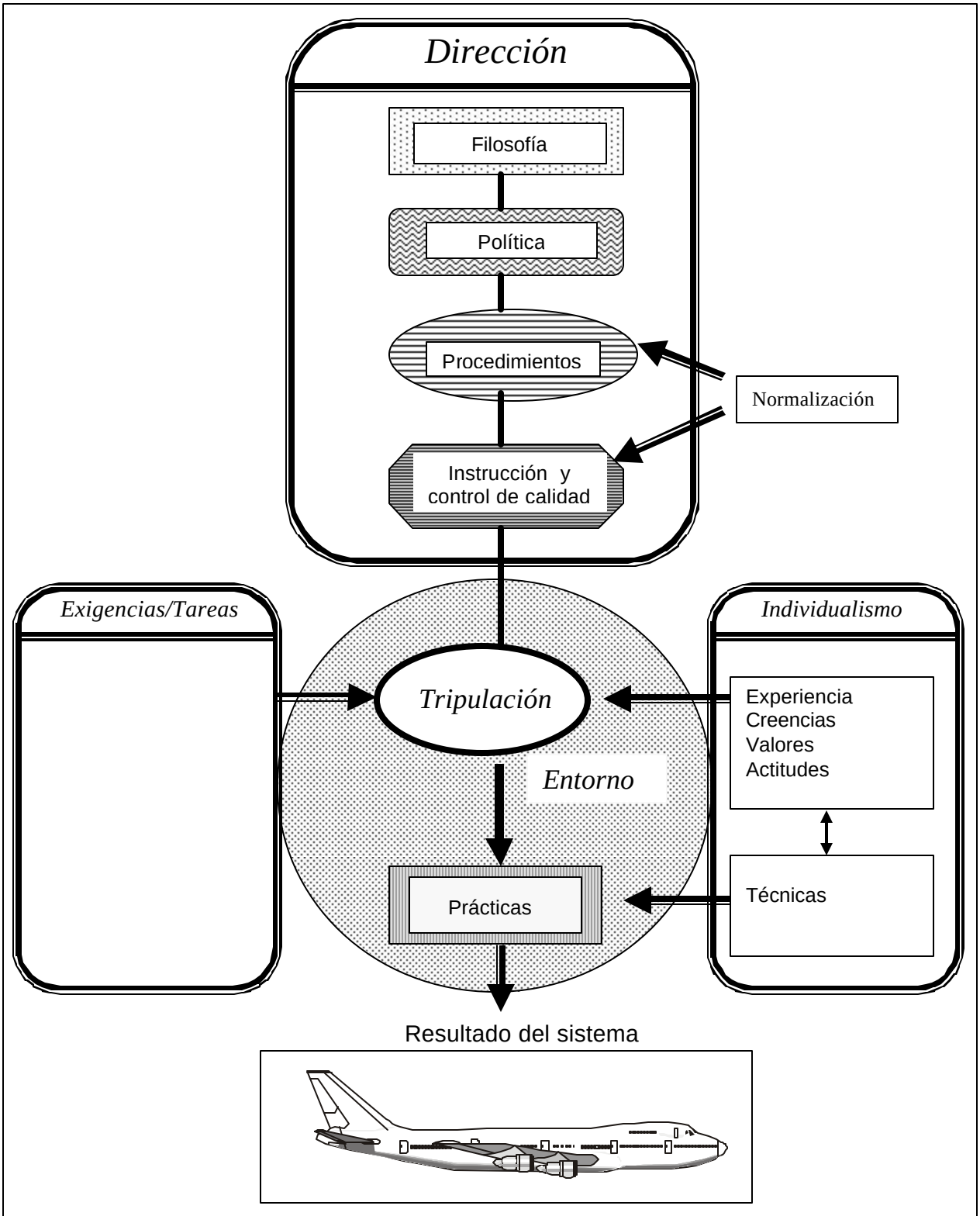
- *Política:* en la eventualidad de una alerta de encabritamiento, total o parcial, u otra advertencia grave (roja), se deberán iniciar inmediatamente las maniobras siguientes:

  a) Por debajo de la altitud mínima de seguridad (MSA)

  Anunciar "Encabritar y dar motor"inmediatamente llevara cabo la maniobra de encabritamiento en todas las circunstancias.

  b) A la altitud mínima de seguridad o por encima de ella

  Justipreciar inmediatamente la posición de la aeronave, su altitud y su velocidad vertical. En caso de dudas en cuanto a si la MSA está próxima, tomar la medida descrita en a).



Fuente: A. degani and E. Wiener. 1991. "Philosophy, Policies, Procedures: The Four P's Of Fligt Deck Operations". Proceedings of the International Symposium on Aviation Psychology, Culumbus, Ohio, EUA.

Figura 2.4. Las cuatro P

- *Procedimiento*: La maniobra de encabritamiento GPWS está descrita en los manuales correspondientes a cada flota. Describir los enunciados del piloto a cargo y del piloto que no está a cargo, para los procedimientos a la altitud mínima segura o a una altitud aún más baja y los procedimientos para una altitud superior a la MSA; definir la MSA durante el ascenso y el descenso en caso de ambigüedades e incluir la información operacional complementaria que se considera apropiada para que las tripulaciones observen la política relativa al GPWS.

- *Prácticas*: ¿las tripulaciones de vuelo observan la política y siguen el procedimiento en condiciones operacionales?

2.5.15 En el ejemplo de GPWS mencionado anteriormente, la política original del explotador imponía obligadamente una maniobra inmediata de encabritamiento al recibo de cualquier advertencia GPWS, independientemente de la altitud y posición de la aeronave. Los retornos de información operacional recibidos a través del sistema interno de información relativa a la seguridad, no obstante, indicaron que durante el primer año civil después de la aplicación de la política, los alertas GPWS no habían sido seguidos de una maniobra de encabritamiento en el 60% de los casos. De especial preocupación era el hecho de que no se había iniciado la maniobra de encabritamiento en el 20% de los casos, en que la advertencia había sido genuina. Era evidente una obvia divergencia entre las tres primeras P y la última, o sea, prácticas. Los servicios de seguridad del explotador determinaron que la razón de esta divergencia entre la filosofía, la política, los procedimientos y la práctica giraba alrededor de la falta de fiabilidad de la tecnología, que era fuente de advertencias falsas o molestas. En algunos casos, las advertencias se habían activado en vuelo en crucero a 37 000 ft de altitud, inmediatamente después del despegue cuando no había obstáculos en la trayectoria de vuelo o en circuitos de espera, con otras aeronaves 1 000 ft más abajo de la aeronave cuyo GPWS se había puesto en marcha. Estos retornos de información y su análisis indujeron al explotador a reexaminar su política en materia de GPWS y enmendarla según lo indicado en 2.5.14 con la finalidad inmediata de garantizar su cumplimiento en toda ocasión.

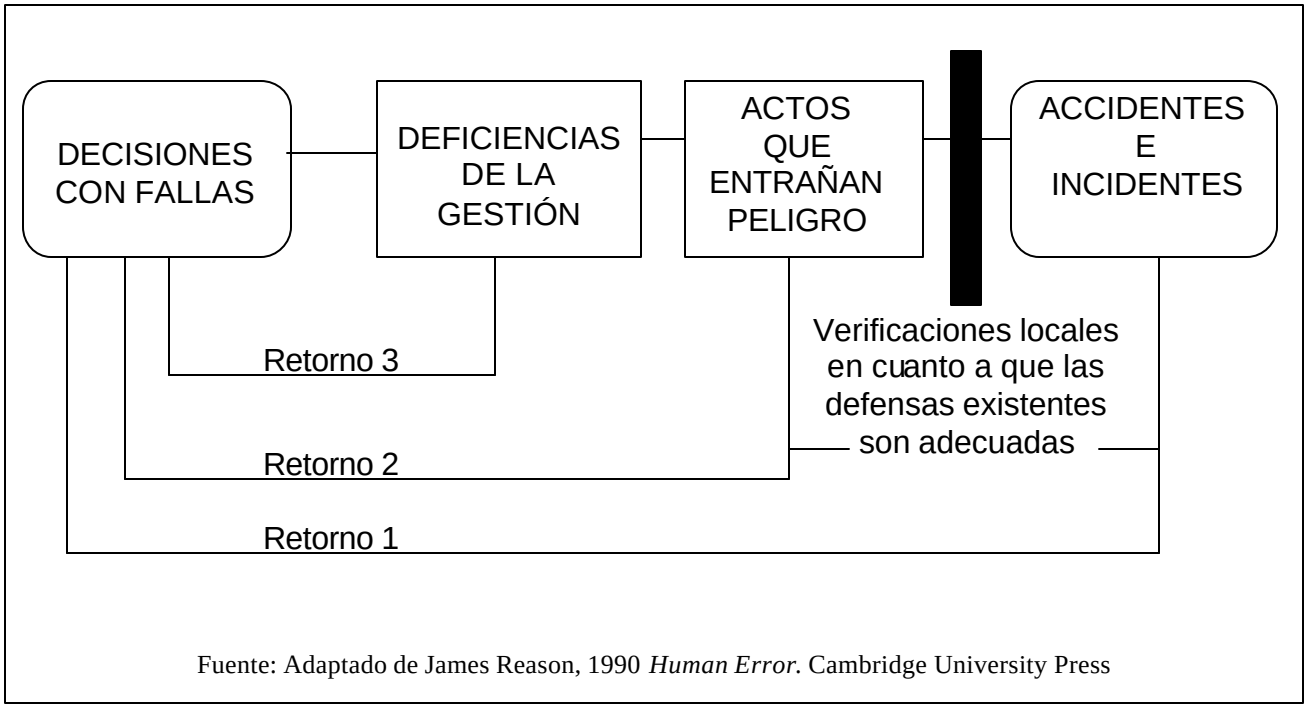
2.5.16 ***Retornos de información internos y sistemas de supervisión de las tendencias***. El párrafo precedente ilustra la importancia del retorno de información desde el "frente", o sea, desde el ámbito en que se llevan a cabo las operaciones diarias, de manera que la dirección pueda efectuar el control de las operaciones que cuentan con el apoyo de las políticas y de los procedimientos. La Figura 2-5 describe tres circuitos de retorno de información posibles.[48] El circuito / alimenta las estadísticas de accidentes de la compañía. En la mayoría de los casos, la información proporcionada es muy tardía para el control, debido a que los sucesos que la dirección de seguridad procura eliminar ya han ocurrido. El circuito 2 aporta información sobre actos que entrañan peligro observados en las operaciones diarias pero esos actos representan apenas la punta del iceberg, dada que muchas acciones que causan accidentes no pueden reconocerse como tales con antelación. Esta información circula habitualmente a los niveles más bajos de la organización, es decir, el personal operacional y los supervisores. El circuito 3 proporciona la mayor oportunidad para un control previsor y activo de la seguridad.

2.5.17 ***Gestión de los riesgos***. Los circuitos de retorno de información, y el circuito 3, en especial, permiten a los dirigentes justipreciar el nivel de los riesgos entrañados en las operaciones y determinar los enfoques lógicos al decidir tomar medidas al respecto. El concepto de la gestión de los riesgos se analiza en el Manual de prevención de accidentes y se presenta en este capítulo en 2.5.10. La teoría básica se apoya en las siguientes hipótesis:[49]

- Siempre existe un riesgo. Algunos riesgos pueden aceptarse, algunos, pero no todos, pueden eliminarse y algunos pueden reducirse hasta un punto en que son aceptables.

- Las decisiones en materia de riesgos son decisiones de nivel de la dirección; de ahí, la expresión gestión de los riesgos".

- Las decisiones en materia de gestión de riesgos se ajustan a un encuadre lógico.



Fuente: Adaptado de James Reason, 1990 *Human Error.* Cambridge University Press

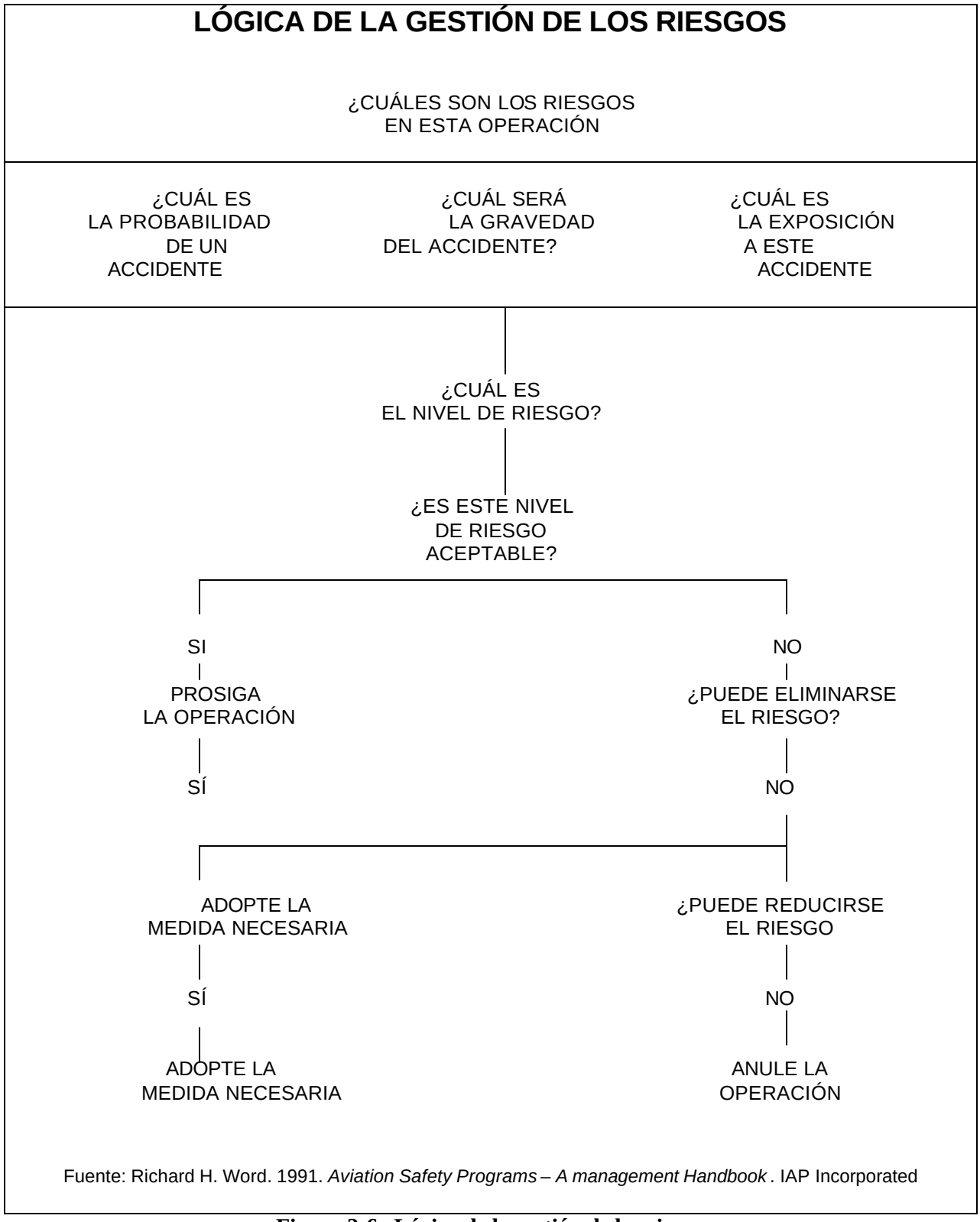
Figura 2-5. Retornos de información internos y sistemas de supervisión de las tendencias

2.5.18 El primer paso en el proceso de gestión de los riesgos es formular una justipreciación precisa de los peligros (*justipreciación del peligro*); de lo contrario, las decisiones se tomarán en virtud de informaciones inexactas. Una manera de justipreciar los peligros es evaluarlos subjetivamente basándose en la probabilidad de que ocurran, en la gravedad cuando ocurren y la exposición a los mismos. El segundo paso consiste en justipreciar el riesgo que existe (*justipreciación del riesgo*) y determinar si la organización está preparada a aceptar el riesgo. Nuevamente, las cuestiones crucia les son la exactitud de la información sobre el carácter de los peligros y la voluntad de utilizar esta información. El tercer paso entraña descubrir los peligros que pueden eliminarse (*eliminación de peligros*) y eliminarlos. Si ninguno de los peligros identificados puede eliminarse, entonces el cuarto paso consistirá en ver qué peligros pueden reducirse (*reducción del peligro*). El objetivo es reducir la exposición a un peligro determinado: reducir la probabilidad de que se produzca, o reducir su gravedad cuando se produzca. En algunos casos el riesgo puede reducirse desarrollando medios de enfrentar el peligro en condiciones seguras.

2.5.19 Debe tenerse en cuenta que juzgar un riesgo como aceptable constituye una actividad subjetiva, social y jurídica que variará según las diferentes culturas y sociedades y según las organizaciones dentro de determinada cultura o sociedad. De ahí que, según esta línea de pensamiento, la seguridad *se juzga, no se mide.* Si, basándose en una justipreciación precisa de los peligros, se juzga que los riesgos continúan siendo elevados e inaceptables y, después de una seria consideración de la eliminación o reducción de los peligros el riesgo total continúa siendo inaceptable, la decisión evidente que sigue es cancelar la operación (corto plazo) o modificar el sistema de manera de llevar los riesgos a un nivel aceptable (largo plazo). Hay posibilidad de cambio de corto plazo en los circuitos 1 y 2 pero los cambios a largo plazo se pueden hacer según el circuito 3 donde las estructuras de organización que ofrecen seguridad pueden modificarse y las culturas de empresa que no son seguras cambiarse. La importancia de este proceso de gestión de los riesgos.

2.5.20 En las grandes organizaciones como, por ejemplo, las líneas aéreas, los costos relacionados con la pérdida de vidas humanas y de recursos físicos dictan el carácter indispensable de la gestión de riesgos. A fin de plantear recomendaciones que no contradigan los objetivos de la organización, debe utilizarse un enfoque orientado hacia los sistemas para efectuar la gestión de los riesgos. Un enfoque de ese tipo, en el que se analizan todos los aspectos de los objetivos de la organización y los recursos de que dispone, ofrece la mejor opción para garantizar que las recomendaciones relativas a la gestión de los riesgos sean realistas y complementarias de las finalidades de la organización.[50]

2.5.21 Así se cierra el círculo. En esta sección se presentan las opiniones de las comunidades vinculadas a la prevención, la investigación y la instrucción en cuanto a lo que la dirección puede hacer para contribuir a la seguridad. Complementan los antecedentes y la justificación proporcionados por las dos primeras secciones en este capítulo. El consenso es cada vez mayor en cuanto a que la dirección debe desempeñar un papel activo en el logro de la seguridad en el sistema aeronáutico. También hay un consenso en cuanto a la necesidad de cambio y progreso, con só1idas pruebas que sustentan fuertemente los nuevos enfoques respecto a las relaciones entre la dirección, las organizaciones y la seguridad Parece difícil que se pueda ignorar la cuestión de los factores relacionados con la dirección y la de los accidentes relacionados con la organización.



Fuente: Richard H. Word. 1991. *Aviation Safety Programs – A management Handbook* . IAP Incorporated

Figura 2-6. Lógica de la gestión de los riesgos

CAPÍTULO 3
ASPECTOS RELATIVOS A LOS FACTORES HUMANOS EN EL DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA/ GESTIÓN DEL TRÁNSITO AÉREO (CNS/ATM)

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

3.1.1 La Décima conferencia de navegación aérea (Montreal, 5-20 de septiembre de 1991) "reconoció la importancia de los factores humanos en el diseño de los sistemas ATC automatizados y en la transición correspondiente". También "observó que la automatización presentaba grandes posibilidades para reducir los errores humanos". Recomendó, asimismo, que "en la labor que lleve a cabo la OACI en la esfera de los factores humanos, de conformidad con la Resolución A26-9 de la Asamblea de la OACI, se incluya, entre otras tareas, la realización de estudios relacionados con la utilización y la transición a los futuros sistemas CNS/ATM".

3.1.2 La Comisión de Aeronavegación de la OACI, siguiendo la recomendación de la Conferencia, acordó que su tarea "La seguridad de los vuelos y los factores humanos" se revisara de manera que incluyera trabajos relativos a consideraciones en materia de factores humanos en los futuros sistemas de aviación y que se hiciera hincapié en los aspectos relacionados con la interfaz ser humano-máquina en la esfera CNS/ATM.

3.1.3 Basándose en la decisión de la Comisión, la Secretaria estableció contactos con especialistas de determinados Estados y organismos internacionales y examinó recientes estudios en curso a fin de determinar las cuestiones relativas a factores humanos que tenían pertinencia en la esfera de los sistemas CNS/ATM de la OACI. El estudio identificó diversas áreas en las que la aplicación de los conocimientos y experiencia en materia de factores humanos aumentaría la seguridad y la eficacia de los futuros sistemas CNS/ATM:

- **Automatización y tecnología de avanzada en los futuros sistemas ATS**. Un aspecto fundamental del concepto CNS/ATM de la OACI es la aplicación de la tecnología más moderna y la automatización. La experiencia demuestra que es indispensable tener presente el elemento humano durante la fase de diseño de manera que el sistema resultante capitalice las ventajas correspondientes de la intervención humano y de la tecnología basada en el empleo de computadoras. Se elude a este enfoque como una automatización concebida en función de la intervención humana.

- **Integración del puesto de pilotaje y del ATS**. Los sistemas CNS/ATM de la OACI permitirán un alto grado de integración de las aeronaves con el sistema de control de tránsito aéreo. Esto aportará nuevas y diferentes posibilidades. Los diversos componentes del sistema interactuarán de nuevas maneras y se dispondrá de nuevos medios de comunicación entre pilotos y controladores de tránsito aéreo. Habrá que adoptar un enfoque sistémico para tratar de las cuestiones vinculadas con esta integración y para asegurarse de que el sistema en su totalidad es fácil de utilizar.

- **El desempeño humano en el futuro ATS**. El elemento humano constituye la clave de la aplicación satisfactoria del concepto CNS/ATM de la OACI. Se dispone de una amplia base de conocimientos científicos en lo que atañe al desempeño humano en sistemas complejos y la

investigación continúa aportando mayores informaciones pero todavía hace falta mas estudios en lo que respecta al influjo de los factores relacionados con la organización y la gestión en el desempeño individual y colectivo en el ATS. La transferencia de informaciones en los sistemas complejos, las repercusiones que entraña a lo ancho del sistema la implantación de los enlaces de datos, las ayudas automáticas como, por ejemplo, los sistemas de predicción de conflicto; y de aviso para resolverlos y la atribución de autoridad y de funciones entre las intervenciones de aire y tierra en los futuros sistemas constituyen esferas en las que hace falta orientación.

- **Instrucción, selección y otorgamiento de licencias del personal operacional**. La sola adquisición de la pericia técnica no garantizará un desempeño en el trabajo que sea altamente fiable y eficaz. Se están preparando programas de instrucción en materia de gestión de los recursos formulados especialmente para responder a las necesidades del ATM. Aun cuando ya existen algunos programas iniciales tendientes a responder a las necesidades en materia de instrucción de factores humanos para el personal operacional, es evidente que hay mucho por hacer todavía y que seria conveniente una acción más intensa. Los criterios de selección que van más allá de las consideraciones de la aptitud técnica del candidato y que incluyen características sociales y personales relacionadas con el desempeño en equipo constituyen también aspectos importantes que están en la etapa de elaboración. Los requisitos en materia de otorgamiento de licencias que reflejen estos nuevos objetivos de instrucción proporcionaran el encuadre que permita alcanzarlos.

- **Supervisión de la seguridad en las actividades del ATS**. Es posible que los útiles existentes para supervisar la seguridad no sean suficientes debido a la mayor complejidad e interdependencia de las actividades CNS/ATM de la OACI. Hace falta orientación sobre la manera en que se pueden supervisar las actividades del ATS para proporcionar la información necesaria para determinar y resolver las cuestiones relativas a la seguridad.

Elaboración de textos de orientación

3.1.4 Este capítulo aborda la primera de dichas cuestiones utilizando la experiencia adquirida de los conocimientos en materia de factores humanos y presenta para ello las repercusiones que tienen los factores humanos en la automatización y en la tecnología de avanzada en los futuros sistemas de aviación, lo cual incluye a los sistemas CNS/ATM. También pretende proporcionar a las autoridades de aviación civil los instrumentos para establecer los requisitos de los nuevos sistemas y examinar las propuestas de los fabricantes, desde la perspectiva de los factores humanos. Este capítulo debería asimismo ser de utilidad para los grupos de expertos y grupos de estudio de la OACI que trabajen en el concepto CNS/ATM de la OACI para garantizar que se tengan debidamente en cuenta los principios relativos a los factores humanos durante el desarrollo de la automatización y de la tecnología de avanzada en los futuros sistemas.

3.1.5 El análisis relativo a la recomendación de la Décima conferencia de navegación aérea toma nota de las posibilidades de la automatización para reducir el error humano. Existe, sin embargo, una preocupación entre los investigadores, conceptotes y utilizadores, de que la aplicación indiscriminada de la automatización pueda crear todo un grupo nuevo de errores humanos. La experiencia adquirida en la utilización de sistemas automatizados complejos en la aviación civil y otras esferas indica que, para que sea eficaz, la automatización debe responder a las necesidades y limitaciones de los usuarios y compradores (o sea, las autoridades de aviación civil). El objetivo de este capítulo es informar a los conceptotes acerca del papel que se espera que la automatización desempeñe; ayudar a las administraciones en la evaluación del equipo durante el proceso de adquisición; y explicar a los utilizadores qué es lo que pueden esperar de los útiles que se ponen a su disposición para el cumplimiento de sus tareas.

3.1.6 El manual se basa, según corresponda, en la experiencia adquirida con los programas elaborados en campos distintos al de la aviación civil para responder a las demandas que imponen los sistemas complejos (de manera muy especial en la esfera de la generación de energía eléctrica mediante la energía nuclear y en las industrias de los sistemas de armamento, todas las cuales poseen características comunes a los sistemas avanzados de aviación en términos de complejidad y grado de integración). Estos programas fueron elaborados después del fracaso de proyectos que producían sistemas técnicamente viables pero que no podían mantenerse o explotarse de manera efectiva en el terreno; los programas procuran que en los sistemas de alta tecnología se tengan en cuenta los aspectos pertinentes a los factores humanos a todo lo largo del ciclo de desarrollo, junto con las especificaciones técnicas más tradicionales. Esto se logra concentrando la atención en el desempeño y en la fiabilidad del operador como parte del desempeño del sistema en su totalidad.

- 3.1.7 Este capítulo:

- Presenta los antecedentes del sistema CNS/ATM de la OACI y analiza el concepto;

- Presenta el papel de la automatización en los futuros sistemas de aviación. Analiza igualmente la función del operador humano en esos sistemas. Es *indispensable* que quienes realizan la concepción de los sistemas tengan en cuenta el elemento humano durante las etapas preliminares del diseño de los sistemas. También se analizan las cuestiones relativas a la automatización de los sistemas CNS/ATM y las preocupaciones que suscitan;

- Introduce el concepto de la automatización *concebida en función del ser humano*, es decir, una automatización concebida de manera que funcione con operadores humanos para obtener los objetivos establecidos. La automatización concebida en función del ser humano no sólo mejora la seguridad sino que también reduce los costos de instrucción y de explotación haciendo posible una explotación eficiente, eficaz y segura;

- Presenta el concepto de la automatización concebida en función del ser humano, basándose en la premisa de que es *a un ser humano (piloto, controlador, etc.) a quien incumbe en última instancia la seguridad de las operaciones de vuelo*;

- Presenta las cualidades que debe poseer una automatización concebida en función del ser humano para que constituya un elemento efectivo y de valor para el sistema aeronáutico. A medida que la automatización adquiere características más complejas, será cada vez más difícil para el operador humano seguir el curso de las acciones que se están llevando a cabo de manera autónoma y, por lo tanto, cada vez más difícil saber exactamente qué están haciendo los mecanismos automáticos y por qué lo están haciendo. Se analizan también los atributos de una automatización concebida en función del ser humano, capaz de impedir que se produzca tal situación.

- Presenta los criterios de la OACI en materia de implantación y explotación de sistemas CNS/ATM; y

- Presenta una bibliografía recomendada.

3.2 EL CONCEPTO CNS/ATM DE LA OACI

3.2.1 A finales del decenio de 1980, la OACI, así como la comunidad de la aviación por entero, había reconocido las limitaciones fundamentales del sistema de tránsito aéreo existente y el hecho de que,

progresivamente, la situación iba a empeorar. Las características y las posibilidades de los sistemas actuales y de su aplicación en diversas partes del mundo revelaron las siguientes limitaciones de los sistemas actuales de comunicaciones, navegación y vigilancias (CNS):

a) las limitaciones de propagación de los actuales sistemas de visibilidad directa o las limitaciones de precisión y fiabilidad impuestas por la variabilidad de las características de propagación de otros sistemas;

b) la dificultad, en extensas partes del mundo, y por una diversidad de razones, para implantar los sistemas CNS actuales y utilizarlos de manera coherente; y

c) las limitaciones de las comunicaciones en fonía y la carencia de sistemas digitales aeroterrestres de intercambio de datos para proporcionar apoyo a los modernos sistemas automatizados en el aire y en tierra.

3.2.2 Aun cuando los efectos de estas limitaciones no son iguales en todas partes del mundo, es evidente que uno o varias de estos factores inhiben el mayor desarrollo de la navegación aérea casi en todas partes. Era obvio que sé debían desarrollar nuevos sistemas CNS que permitieran la debida creación de un mejor sistema de control de tránsito aéreo.

3.2.3 A finales de 1983, el Consejo de la OACI estableció el Comité sobre sistemas de navegación aérea del futuro (FANS) para estudiar, identificar y evaluar nuevos conceptos y una nueva tecnología en la esfera de la navegación aérea, incluida la tecnología de los satélites, y formular recomendaciones al respecto para el desarrollo de la navegación aérea sobre una base mundial.

3.2.4 El Comité FANS terminó su labor y presentó sus resultados y recomendaciones a la Décima conferencia de navegación aérea de la OACI celebrada en Montreal del 5 al 20 de septiembre de 1991. Concluyó que la explotación de la tecnología de los satélites parecía ser la única solución viable para superar las limitaciones del sistema CNS existente y responder igualmente a las necesidades y requisitos mundiales previsibles del futuro. El comité preparó una proyección general a largo plazo para el desarrollo y la evolución coordinada de la navegación aérea internacional para la aviación civil internacional en un periodo del orden de los 25 años, en el que, de manera complementaria a ciertos sistemas terrestres, los sistemas CNS a base de satélites serán la clave de las mejoras a escala mundial.

Las características principales del concepto mundial del nuevo sistema CNS/ATM son:

Comunicaciones

- En el futuro, se hará un uso más amplio de las técnicas de modulación digital para las comunicaciones móviles aeronáuticas a fin de permitir un flujo de información de alta eficiencia, el uso óptimo de la automatización tanto en las aeronaves como en tierra, y la utilización económica del espectro de frecuencias. Salvo en zonas de gran densidad dentro de la cobertura de los sistemas de comunicaciones de base terrestre, los servicios de comunicaciones móviles aeronáuticas (datos y fonía) utilizarán el relé vía satélite, operando en las bandas de frecuencia atribuidas al servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS). Las comunicaciones aire-tierra de base terrestre continuarán prestando servicio en las áreas terminales y en otros espacios aéreos de gran densidad.

- Se seguirá utilizando VHF para las comunicaciones en fonía y algunas transmisiones de datos en muchas áreas continentales y terminales. No obstante, habría que adoptar medidas para impedir una futura saturación.

- El SSR en modo S proporcionará un enlace aeroterrestre para datos que se utilizará para fines de ATS en el espacio aéreo de gran densidad. Se facilitará la interoperabilidad con otros enlaces de datos mediante la aplicación del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI).

- El concepto de red de comunicaciones aeronáuticas (ATN), mediante el empleo de una estructura de protocolo de comunicaciones convenida, permitirá el intercambio de paquetes de datos digitales entre los usuarios de las sub-redes de comunicaciones aire-tierra y tierra-tierra de características diferentes.

Navegación

- Se introducirá progresivamente la posibilidad de navegación de área (RNAV) dando cumplimiento a los criterios de capacidad requerida de performance de navegación. Al estudiar la evolución moderna de los sistemas de navegación de las aeronaves, el comité determinó que el método más comúnmente empleado actualmente, es decir, exigir la dotación obligatoria de determinado equipo, limitaba la aplicación óptima del equipo moderno de a bordo. Dado que ahora se dispone de nuevas ayudas para la navegación (de modo especial, satélites), será posible para los explotadores de aeronaves elegir, entre los sistemas en competencia, el que se pueda adaptar mejor a sus necesidades. A fin de posibilitar dicha flexibilidad y sostener el desarrollo de sistemas de ruta más flexibles y el medio RNAV, se ha elaborado el concepto de la capacidad requerida de performance de navegación (RNP). El concepto es muy similar, en principio, al de la especificación de performance mínima de navegación (MNPS) que se aplica actualmente en el espacio aéreo del Atlántico septentrional y del espacio aéreo septentrional de Canadá. Ambos conceptos permiten lograr una performance de navegación requerida por una diversidad de equipos de navegación; no obstante, de manera distinta a la MNPS, la RNP tiene por finalidad principal la aplicación en un espacio aéreo en el que el control de tránsito aéreo (ATC) dispone de vigilancia adecuada.

- Los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) proporcionarán cobertura mundial y se utilizarán para la navegación aérea y las aproximaciones que no sean de precisión. los sistemas que proporcionan ayudas independientes de navegación, en que el usuario efectúa a bordo la determinación de la posición en base a la información recibida de las transmisiones difundidas por varios satélites, proporcionarán posiblemente una cobertura mundial altamente fiable, precisa y de alto grado de integridad y podrían responder a los requisitos de los sistemas de navegación en calidad de medios exclusivos de navegación para la aviación civil.

- Los sistemas actuales de radioayudas que prestan servicio a la navegación de ruta y a las aproximaciones que no son de precisión, podrán dar cumplimiento a las condiciones para la RNP y coexistir con los sistemas de navegación por satélite. No obstante, se prevé que los sistemas por satélite llegarán a ser, en su momento, los únicos medios de radioayuda para la navegación. La oportunidad del retire de los actuales sistemas terrestres dependerá de muchos factores, entre los cuales tendrán un lugar preponderante la implantación y la calidad de los nuevos sistemas.

Vigilancia

- El radar secundario de vigilancia (SSR) seguirá utilizándose ampliamente en muchas partes del mundo. Al mejorar el SSR con el modo S, las posibilidades de dirección selectiva y enlace de datos mejorarán aún más el papel benéfico de SSR para fines de vigilancia.

- La vigilancia dependiente automática (ADS) se utilizará principalmente en áreas de cobertura no-radar. La ADS es una función en la que la aeronave transmite automáticamente, a través de un

enlace de datos, los datos provenientes de los sistemas de navegación de a bordo. Los datos mínimos incluyen la identificación de la aeronave y su posición tridimensional. Se pueden proporcionar datos adicionales según corresponda. La introducción de los enlaces de datos aeroterrestres, junto con sistemas de navegación de aeronave suficientemente precisos y fiables, ofrece la oportunidad de proporcionar servicios de vigilancia en zonas en las que esos servicios faltan en la infraestructura actual, en especial en las zonas oceánicas y otras zonas en que es difícil, antieconómico o incluso imposible implantar los sistemas actuales. Además de beneficiar a zonas que actualmente carecen de información de posición del tránsito, salvo la que proporcionan los informes de posición del piloto, la ADS podrá ser útil en otras áreas, incluidas las de gran densidad, donde puede servir de complemento o de auxiliar del radar secundario de vigilancia y reducir de esa manera la necesidad de radar primario.

Gestión del tránsito aéreo (ATM)

- La expresión gestión del tránsito aéreo (ATM) se emplea para describir las actividades de gestión del espacio aéreo y del tránsito que llevan a cabo de manera cooperativa las autoridades aeronáuticas interesadas en la planificación y organización de la utilización eficaz del espacio aéreo y de la afluencia del tránsito aéreo dentro de sus áreas de responsabilidad. La ATM consta de una parte terrestre y de una parte aérea, estando ambas partes integradas a través de procedimientos e interfaces bien definidos. La parte terrestre de la ATM comprende los servicios de tránsito aéreo (ATS), la organización de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM) y la administración del espacio aéreo (ASM). Los objetivos generales de la ATM consisten en posibilitar que los explotadores de aeronaves den cumplimiento a sus tiempos de salida y llegada proyectados y se atengan a sus perfiles de vuelo preferidos con un mínimo de limitaciones y sin comprometer el grado de seguridad aprobado. Las metas del sistema ATM consisten en mantener o aumentar el grado de seguridad existente, dar cabida a diferentes tipos de aeronaves equipadas, aumentar la capacidad del sistema y hacer que las demoras sean mínimas mediante el logro de un eficiente uso del espacio aéreo.

3.2.6 El concepto de los sistemas CNS/ATM de la OACI es considerado ventajoso de manera general debido a que permite aumentar la seguridad. La mayor fiabilidad del sistema móvil de comunicaciones aeronáuticas por satélite, por ejemplo, significará en algunas partes del mundo comunicaciones del ATS más completas y con menos interrupciones. Además, la ADS y los sistemas de comunicaciones de datos facilitan una mejor detección y resolución de conflictos y ayudan al controlador al proporcionar asesoramiento sobre resolución de conflictos. Una información más rápida y más detallada sobre las advertencias meteorológicas como, por ejemplo, alertas de tormentas, contribuirán también a la seguridad y eficacia de las operaciones de vuelo. Asimismo, el concepto presenta mejoras en la organización del tránsito aéreo que permitirán una utilización más flexible y eficiente del espacio aéreo. La introducción mundial del concepto CNS/ATM de la OACI puede, dentro de un breve plazo, lograr un sistema que es capaz de equilibrar las ventajas tanto de la planificación estratégica como el control táctico a corto plazo, mejorando de ese modo la seguridad de vuelo y la utilización eficiente del espacio en todo el mundo.

3.3 LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS FUTUROS SISTEMAS DE AVIACIÓN

3.3.1 Uno de los principales problemas en los sistemas de aviación (incluido el sistema CNS/ATM) es el impacto de la automatización y de la aplicación de una tecnología de avanzada en el operador humano. Para que sea eficaz, la automatización debe responder a las necesidades y limitaciones de los diseñadores, compradores (o sea, las autoridades de aviación civil) y usuarios. Es indispensable, por lo tanto, proporcionar pautas para la concepción y la utilización de la automatización en los sistemas de tecnología sumamente avanzada, incluido el sistema CNS/ATM ¿Qué papel debería desempeñar la automatización en

los futuros sistemas?, ¿Cuánta autoridad debería tener?, Cómo mantendrá una interacción con el operador humano? Y qué papel debería reservarse al ser humano? Son apenas algunas de las interrogantes que se plantean actualmente y deberían contestarse durante el diseño conceptual del sistema.

Papel del operador humano en los sistemas altamente automatizados

3.3.2 La tecnología ha avanzado a un grado tal que las computadoras (automatización) pueden ejercer casi todas las funciones de control y vigilancia permanentes del tránsito aéreo así como las tareas de navegación de las aeronaves del sistema aeronáutico. ¿Por qué, entonces, se necesita del ser humano en esos sistemas? ¿No se podría desarrollar la automatización de manera que efectúe todas las diferentes tareas del operador humano? ¿No sería más fácil e, incluso, más económico diseñar autómatas de gran fiabilidad que podrían hacer todo el trabajo sin preocuparse de hacer intervenir el operador humano?

3.3.3. Muchos diseñadores de sistemas ven al ser humano como poco fiable e ineficiente y creen que podría prescindirse de él en el sistema,(Este punto de vista es alimentado por las posibilidades prometedoras de la inteligencia artificial y la automatización avanzada de reciente introducción.) No es realista pensar que el funcionamiento a base de máquinas remplazará completamente el funcionamiento a base de seres humanos.[1] La automatización casi siempre se introduce con la esperanza de reducir el error humano y la carga de trabajo, pero lo que sucede a menudo es que simplemente se reubica el potencial de error. Muy frecuentemente, la automatización no remplaza a las personas en los sistemas; más bien, las pone en una función diferente y, en muchos casos, se exige más de ellas.[2]

3.3.4 El sistema aeronáutico consta de muchas variables que poseen un carácter sumamente dinámico y no totalmente previsibles. La respuesta en tiempo real a las situaciones que se presentan es lo que permite el funcionamiento sin peligro de la totalidad del sistema aeronáutico. La diferencia básica en el modo con que el ser humano y la computadora responden a las situaciones podría significar la diferencia entre un sistema aeronáutico fiable (seguro) y un sistema no fiable (sin seguridad). La respuesta humana entraña el uso y la coordinación de los ojos, el oído, la palabra y la capacidad de reaccionar ante problemas inesperados mediante la iniciativa y el sentido común.La automatización, o sea, las computadoras, dependen de que se instale el *programa apropiado* para garantizar que se adopte la *medida apropiada en el momento apropiado*. La imposibilidad de los diseñadores de procesos automatizados de crear un programa que pueda atender todas las eventualidades y situaciones previstas en el sistema aeronáutico y la incontrolable variabilidad del medio ambiente constituyen algunas de las dificultades de computarizar todas las tareas del sistema aeronáutico. La realidad es que si los sistemas automatizados deben afrontar una situación para cuya atención no están programados, fallan. La automatización puede también fallar de maneras imprevisibles. Unas anomalías menores del sistema o de los procedimientos pueden causar efectos inesperados que deben resolverse en tiempo real, como en el desperfecto del control de tránsito aéreo en el espacio aéreo terminal de Atlanta, Georgia (EUA) en 1980 y el desperfecto de los sistemas de telecomunicaciones en New York en 1991. Considerando estas limitaciones, no es muy difícil ver que un sistema de aviación concebido en función de la automatización puede fácilmente traducirse en desastre para la totalidad de la infraestructura aeronáutica.

3.3.5 Aun cuando los seres humanos están muy lejos de ser perfectos en el arte de la detección, de la toma de decisiones y el control, poseen con todo, varios atributos invalorables, de entre los cuales los más importantes son la capacidad de razonar eficazmente frente a la incertidumbre y la capacidad de formular un abstracción y analizar conceptualmente un problema. Enfrentados a una nueva situación, los seres humanos, a diferencia de los autómatas, simplemente no fallan; afrontan la situación y pueden resolverla satisfactoriamente. Los seres humanos, por lo tanto, proporcionan al sistema aeronáutico un grado de flexibilidad que ahora no se puede lograr y que nunca se logrará mediante los sistemas computacionales. Los seres humanos son *inteligentes*: poseen la capacidad de reaccionar rápida y satisfactoriamente ante

nuevas situaciones. Las computadoras, los autómatas dominantes del sistema ATC, no pueden hacer esto sino en esferas y situaciones estrechamente definidas y bien comprendidas.[3]

3.3.6 La automatización debe considerarse como una herramienta o recurso, un artificio, un sistema o método que permite al ser humano realizar algunas tareas que podrían ser difíciles o imposibles de efectuar de otra manera, o que el ser humano puede llevar a cabo de manera más o menos independiente y que de otra manera exigiría una mayor atención o esfuerzo de su parte. La palabra "herramienta" no excluye la posibilidad de que la misma pueda poseer cierto grado de inteligencia, o sea, una cierta capacidad de aprender una tarea y pasar a llevarla acabo de modo independiente. La automatización es simplemente uno de los muchos recursos de que dispone el operador humano, que conserva la responsabilidad de la gestión y dirección de todo el sistema. Esta línea de pensamiento ha sido bien comprendida y definida en precisión por la comunidad de expertos en factores humanos de la aviación, a un grado tal que se han desarrollado diversas filosofías por algunas organizaciones de la industria para demarcar la función y las responsabilidades de los dos elementos (operadores humanos y automatización) del sistema. Un ejemplo muy bueno de ese tipo de filosofía adoptada por un explotador expresa ideas como las siguientes: [4]

> La palabra "automatización" que se utiliza en esta declaración, significa la sustitución de la función humana, ya que sea manual, ya sea cognitiva, por una función a base de máquinas. Esta definición se aplica a todos los niveles de automatización en todos los aviones con que esta línea aérea efectúa vuelos. La finalidad de la automatización es ayudar al piloto a hacer su trabajo.
>
> El piloto constituye el elemento más complejo, capaz y flexible del sistema de transporte aéreo y como tal está mejor adaptado para determinar la utilización facultativa de los recursos en toda situación dada.
>
> Los pilotos deben ser competentes en la utilización de sus aviones en todos los niveles de automatización. Deben conocer la selección del grado apropiado de automatización y deben poseer la pericia necesaria para pasar de un nivel de automatización a otro.
>
> La automatización deberá emplearse al nivel más apropiado para acentuar las prioridades en materia de seguridad de vuelo, comodidad del pasajero, relaciones públicas, horario y economía, de conformidad con lo que estipula el Manual de criterios de operación. A fin de mantener las prioridades antedichas, todos los programas de instrucción de Delta Air Lines, dispositivos de entrenamiento, procedimientos, listas de verificación, adquisiciones de aeronaves y equipo, manuales, programas de control de calidad, normalización, documentos de referencia y operaciones diarias de las aeronaves de delta se ajustarán a esta declaración de filosofía.

3.3.7 La introducción de una filosofía de automatización de ese tipo en las operaciones de aviación es benéfica dado que el definir cómo y cuándo utilizar la automatización, se demarcan los límites de las responsabilidades del ser humano y de la máquina y se fomenta de esa manera la seguridad y la eficiencia del sistema.

Automatización del sistema CNS/ATM

3.3.8 Lo esencial de las ventajas del sistema CNS/ATM se obtendrá de la automatización destinada a reducir o eliminar las limitaciones impuestas al sistema. Las bases de datos que describen los niveles actuales y proyectados de la demanda y de los recursos de capacidad, y los modelos automatizados perfeccionados que predicen con precisión la congestión y las demoras se utilizarán en el futuro para formular estrategias eficaces en tiempo real para hacer frente a la demanda excesiva. La automatización desempeñará un papel central al establecer procesos de negociación entre los sistemas computarizados de

la aeronave para la gestión de vuelo y el proceso de organización del tránsito aéreo basado en tierra, para definir una nueva trayectoria que satisfaga mejor el objetivo del usuario y a las limitaciones de la ATM. Pero es el operador humano quien debería decidir el resultado de la negociación y su aplicación. De modo análogo, cuando el proceso de organización del tránsito aéreo basado en tierra reconoce la necesidad de intervenir en la trayectoria de vuelo autorizada de una aeronave, la computadora de la ATM negociará a la computadora de gestión de vuelo para determinar una modificación que responda a las limitaciones de la ATM con el mínimo perjuicio posible para la trayectoria preferida del usuario. La automatización puede también verificar cada informe de posición e intención ADS de la aeronave a fin de detectar la posibilidad de conflicto con otras aeronaves con condiciones meteorológicas peligrosas o con espacio aéreo restringido.

3.3.9 El campo de utilización de los sistemas automatizados y de la automatización es tal esencial para los sistemas CNS/ATM que no será posible obtener las ventajas pretendidas del sistema CNS/ATM o incluso implantarlo de manera eficaz sin el empleo de la automatización. Es evidente que las posibilidades que se están investigando como consecuencia de la introducción del sistema CNS/ATM a nivel mundial se extienden mucho más allá de lo que se pretende lograr actualmente y el desarrollo ulterior podrá depender estrictamente de una automatización cada vez mayor

3.3.10 La automatización se ha introducido en el sistema aeronáutico de manera gradual. La automatización del puesto de pilotaje ha hecho que las operaciones aéreas sean más seguras y más eficientes al procurar maniobras de vuelo más precisas, al proporcionar flexibilidad en la presentación visual y al optimizar el espacio del puesto de pilotaje, muchos sistemas modernos ATC comprenden funciones automatizadas, por ejemplo en la recopilación y tratamiento de los datos, procesos que son totalmente automatizados, sin ninguna intervención humana directa. Las bases de datos computarizadas y las pantallas electrónicas de presentación visual de datos han mejorado el intercambio de datos, la introducción de sistemas radar en colores, ha posibilitado una mayor medida de control y la computarización de la organización de la afluencia de tránsito (ATFM) ha resultado ser un elemento esencial para atender con eficiencia los diversos regímenes de control de afluencia y los aumentos de la demanda de tránsito

3.3.11 Para los fines del presente capítulo, la automatización se refiere a *un sistema en el que muchos de los procesos de producción se llevan a cabo automáticamente o se controlan mediante máquinas, dispositivos electrónicos etc., que funcionan de manera autónoma* [5]. Lo que preocupa es la automatización de la futura tecnología relacionada con la aviación y, en especial, las cuestiones de factores humanos relacionados con la elaboración y la aplicación de los sistemas CNS/ATM y se espera que desempeñe un papel primordial en el futuro desarrollo de la tecnología aeronáutica. Como tal, su introducción progresiva es, por lo tanto muy deseable.

3.3.12 Las técnicas de organización del tránsito aéreo están cambiando constantemente. Están apareciendo nuevos métodos de enlace de datos y de comunicaciones por satélite, la calidad del radar y del tratamiento de datos está mejorando, se están desarrollando sistemas anticolisión, se está explorando la posibilidad de encaminar las aeronaves por rutas directas entre los aeropuertos de salida y llegada en vez de utilizar aerovías, y se están llevando a cabo investigaciones y se están desarrollando sistemas de navegación aérea para el futuro. Se están descubriendo e introduciendo más y más posibilidades destinadas a aumentar las ventajas del concepto en una escala mayor.

3.3.13 Las nuevas opciones que ofrezcan esos adelantos tecnológicos deben considerarse en términos de seguridad, eficiencia, relación costo/eficacia y compatibilidad con la capacidad y limitaciones humanas. Estos adelantos cambian los procedimientos y métodos del sistema aeronáutico mundial, el medio del trabajo y la función de los pilotos, controladores de tránsito aéreo, despachadores, técnicos de mantenimiento de aeronaves, etc., presentando a todos los interesados el desafío de no omitir las

cuestiones relacionadas con los factores humanos que entraña lo antedicho. Cada vez que se considere llevar a cabo cambios importantes en los procedimientos o reglamentación operacionales, debe efectuarse un análisis de la seguridad del sistema. El objetivo de dicho análisis es identificar toda deficiencia en materia de seguridad en los cambios propuestos antes de que éstos se ejecuten y garantizar que los nuevos procedimientos tengan *un margen de tolerancia en caso de error* de manera que las consecuencias de las fallas humanas o tecnológicas no tengan un resultado catastrófico. La consideración de los factores humanos en el diseño y elaboración de nuevos sistemas puede garantizar que el requisito supremo de seguridad no quede nunca comprometido en la totalidad del sistema sino más bien mantenido y realzado a lo largo de todos los futuros cambios.

3.3.14 La elaboración de sistemas CNS/ATM procurará lograr más con menos, diseñando y obteniendo sistemas de organización del tránsito aéreo que sean altamente automatizados. La automatización cada vez mayor de la aviación es inevitable. La cuestión es, por lo tanto, *cuándo, dónde y cómo* debe implantarse la automatización y no si debe introducirse. Si se la utiliza debidamente la automatización constituye un elemento de gran valor. Puede ayudar a la eficiencia, mejorar la seguridad, ayudar a evitar errores y aumentar la fiabilidad. La tarea consiste en garantizar que este potencial se realice ajustando las ayudas automáticas a la capacidad humano y a la mutua adaptación del ser humano y la maquina de manera de aprovechar al máximo las correspondientes ventajas de uno y otro. En los sistemas automatizados de la aviación, el ser humano (piloto, controlador, etc.), que es quien tiene a su cargo la responsabilidad final del funcionamiento seguro del sistema debe seguir siendo el elemento clave del sistema: la automatización o la máquina debe ayudar al ser humano a alcanzar el objetivo general, nunca lo contrario.

3 3.15 Un desafío importante en lo que atañe a la concepción en la elaboración de procedimientos y técnicas de organización del tránsito aéreo es realizar mejoras en los sistemas que estén concebidas en función del operador humano. La información que se proporcione al operador humano y las tareas asignadas deben ser compatibles con las responsabilidades de organización y control del ser humano, así como con las características y la capacidad innatas de los seres humanos. Todo adelanto que se logre en el sistema aeronáutico en el futuro, incluido el sistema CNS/ATM debería, por lo tanto, tener presente la relación ser humano-máquina en las etapas iniciales del proceso de concepción y desarrollo. Si no tiene en cuenta esto en dichas etapas, el sistema puede no utilizarse como se pretendía, perjudicando a la eficiencia y seguridad de todo el sistema. La automatización debe concebirse de manera de ayudar a los seres humanos encargados de la organización a aumentar su capacidad; debería, en el grado máxima posible, estar *concebida en función del ser humano*. A medida que aumenta la comprensión de la noción de los factores humanos, y que se va disponiendo de instalaciones para probar los aspectos relacionados con los factores humanos en el diseño de los sistemas, es posible esperar que el proceso de concepción sea más fácil.

Problemas y preocupaciones que plantea la automatización de los sistemas CNS/ATM

3.3.16 los sistemas CNS/ATM están destinados a hacer evolucionar las técnicas de comunicaciones, navegación y vigilancia mundiales a un sistema basado de manera extensa en la utilización de satélites. Por ello, entrañan un aumento continuo del nivel de automatización en las operaciones aéreas. El uso óptimo de la automatización tanto a bordo como en tierra (control de tránsito aéreo, despacho y mantenimiento) es de desear a fin de permitir que la información fluya de modo altamente eficiente. Los datos de la vigilancia dependiente automática serán utilizados por el sistema automatizado de organización del tránsito aéreo para presentar visualmente al explotador una situación del tránsito con la mayor cantidad de información posible. Para aumentar la capacidad y reducir la congestión, los aeropuertos y espacios aéreos deben tratarse como un recurso integrado de sistemas, con una interacción óptima entre los elementos del sistema, aeronaves, infraestructura terrestre y, sobre todo, los operadores humanos del sistema.

3.3.17 En algunos Estados, se están realizando investigaciones amplias en materia de mejoras en la seguridad aérea mediante la introducción de enlaces de datos aeroterrestres que reemplazan la mayoría de las comunicaciones en fonía entre el piloto y el controlador. Debería reconocerse, sin embargo, que se continuará necesitando de las comunicaciones en fonía, por lo menos para las comunicaciones de emergencia y las de carácter especial. Se considera que la automatización ofrecerá un gran potencial para reducir el error humano proporcionando, al mismo tiempo, mayor capacidad de espacio aéreo para dar cabida al futuro crecimiento del transito aéreo. Esto, no obstante, podría entrañar cambios en la interfaz ser humano-máquina que en el futuro podrá incluir un uso acrecentado de inteligencia artificial para ayudar al piloto y al controlador en el proceso de tomar decisiones.

3.3.18 Todas las formas de asistencia al operador humano tienen que ser de suma fiabilidad pero esto puede también inducir a la complacencia. Se puede perder gradualmente la competencia especializada del ser humano y si la máquina falla, el operador humano puede aceptar una solución inapropiada o no poder formular una alternativa satisfactoria. Las formas mas apropiadas de relación ser humano-máquina dependen del tipo de tarea que se automatice y, especialmente, de la interacción entre las funciones de planificación y ejecución.

3.3.19 En el medio ambiente de la organización del tránsito aéreo, se considera un hecho aceptado que la realización de tareas rutinarias de ATC ayuda a la memoria, lo cual no seria el caso si éstas fueran efectuadas automáticamente para el controlador. Estudios recientes han demostrado que, a fin de formarse una imagen mental de la situación del tránsito, los controladores obtienen una gran percepción de la situación hablando con las aeronaves y haciendo anotaciones en franjas de papel o entrando los dato s (en sistemas mas automatizados).[6] La comunicación verbal de datos y las anotaciones (o la entrada de los mismos mediante el teclado) mantiene a los intervinientes "en el circuito" y permite la actualización continua de la imagen mental y la percepción de la situación en su sentido más amplio.[7] Se cree que la automatización de los datos puede dar lugar a deficiencias en el desempeño humano dada que puede privar al controlador de una importante información respecto a la fiabilidad y vigencia de los datos. La automatización puede verdaderamente reducir el esfuerzo necesario para realizar cie rtas tareas y la tensión relacionada con las mismas pero puede también conducir a una pérdida de la satisfacción vinculada al trabajo al eliminar algunos de los aspectos interesantes de la labor y el control percibido respecto a ciertas funciones.

3.3.20 Hay suficiente información, tanto en los sistemas de información de deficiencias de la seguridad como en los informes de accidentes, para ilustrar el impacto que el enfoque concebido en función de la tecnología puede tener en la automatización. Un subcomité del Human Behaviour Technology Committee creado por la Society of Automotive Engineers (SAE) en 1985 para examinar la cuestión de la automatización en el puesto de pilotaje identificó más de 60 aspectos que preocupan en la automatización. Dichos aspectos sé agruparon en nueve Categorías, la mayoría de las cuales son tan pertinentes al medio ambiente del control del tránsito aéreo como al del puesto de pilotaje. Un resumen de dichos aspectos comprende lo siguiente:[8]

- **Pérdida de la noción de las posibilidades del sistema**. Puede suceder cuando el operador humano no tiene noción de las posibilidades y limitaciones básicas de los sistemas automatizados o tiene ideas erróneas sobre el modo en que se desempeñan los sistemas en determinadas situaciones.

- **Diseño de interfaz mediocre** . La automatización cambia lo que se transmite a través de la interfaz ser humano--maquina, ya sea dirigiendo hacia una información que no se está transmitiendo en absoluto, ya sea cambiando el formato de la información transmitida. Tradicionalmente, las informaciones, en su mayoría, han sido transmitidas de la máquina al ser humano mediante presentaciones visuales y del ser humano a la máquina mediante dispositivos de

entrada de datos y mandos. Un diseño de interfaz mediocre puede también combinarse con el tiempo requerido por el ser humano para tomar el mando del sistema automatizado y esto puede llegar a constituir un factor de consideración al reducir la calidad de la ejecución o del ejercicio de un acto debido a la falta de tiempo de preparación.

- **Actitudes con respecto a la automatización**. Esto puede describirse mejor como una indicación de frustración respecto al funcionamiento de los sistemas automatizados en un medio ambiente en que el usuario no se desempeña de manera cómoda, aun cuando algunas mejoras en la interfaz ser humano-maquina probablemente disminuirían esta impresión en cierto grado. En todo lugar en que ha sido introducida, la automatización no ha sido recibida sin críticas por los que estaban llamados a emplearla. Algunos aspectos de la automatización se aceptan mientras que otros se rechazan (en algunos casos debido a que los operadores no utilizaban el equipo de modo aceptable en el medio ambiente del mundo real). La aceptación de la automatización puede sufrir también el efecto de los factores relacionados con la cultura de la organización a la que pertenecen los empleados. Una mala relación con los gerentes, la percepción de los empleados de que no han tenido oportunidad de participar en la decisión de aceptar la automatización y la falta de participación en el desarrollo de la automatización son otros ejemplos de factores que pueden afectar de manera negativa la aceptación de la automatización. Estos factores pueden obrar de manera independiente de la calidad de la automatización proporcionada a los empleados.

- **Motivación y satisfacción en el trabajo**. Entraña situaciones de problemas como, por ejemplo, la pérdida del sentimiento de importancia por parte del controlador, la percepción de pérdida de valor en el plano de la competencia profesional y la ausencia de retorno de información respecto al propio desempeño. Muchos operadores consideran que la principal fuente de satisfacción en su trabajo reside en el interés intrínseco que tiene para ellos. Consideran que el desafío del trabajo es una de las razones principales por las que les gusto su profesión. Una toma del mando por la automatización al punto que la satisfacción del trabajo queda reducida puede conducir al aburrimiento y al descontento general.

- **Confianza excesiva en la automatización**. Es la que ocurre debido a la facilidad de acostumbrarse a la utilidad y calidad de los nuevos sistemas automatizados. Se puede desarrollar una tendencia a utilizar la automatización para afrontar circunstancias que cambian rápidamente aun cuando no, haya tiempo suficiente para entrar nuevos datos en la computadora. Cuando las cosas no andan como debieran puede haber también una resistencia de parte del ser humano de desechar el sistema automático y hacerse cargo de la situación.

- **Errores de decisión sistemáticos**. El ser humano puede desviarse de los métodos óptimos para tomar decisiones, especialmente cuando el tiempo apremia o se está sometido a tensiones. La existencia de preferencias en el ser humano puede limitar aún más su capacidad de tomar decisiones óptimas. Una solución para reducir o eliminar tendencias de tomar decisiones en base a preconceptos es utilizar ayudas automatizadas de toma de decisión cuando se presenta el momento de tomar decisiones. En un sistema de ese tipo, el ser humano adopta una de dos estrategias: acepta o rechaza la recomendación de la máquina. Aun cuando las ventajas de las ayudas automatizadas para la toma de decisiones son evidentes, en teoría, eso sigue quedando por demostrar de manera concluyente.

- **Tedio y complacencia inducida por la automatización**. Puede ocurrir si una parte importante de la organización del tránsito aéreo está totalmente automatizada y los operadores humanos caen en la inatención. En el caso particular de la complacencia, los seres humanos pueden tender a manifestar tal confianza en que los sistemas automáticos funcionarán eficazmente que se hacen menos vigilantes o excesivamente tolerantes ante errores en el desempeño del sistema.

- **Automatización que intimida**. La intimidación se siente debido al mayor número de componentes del sistema. El resultado constituye un problema de fiabilidad, dada que cuanto más componentes haya más probable es que alguno fallará. No obstante, el ser humano se resiste a interferir con los procesos automatizados, a pesar de que parece evidente que hay un desperfecto. Esto se debe en parte a una instrucción inadecuada y en parte a otros tipos de presión.

- **Desconfianza**. Ocurre normalmente debido a que la evaluación de una situación determinada por parte del ser humano difiere de la que establece el sistema automatizado. Si el sistema no funciona de la misma manera en que actuaría el ser humano. O de la manera que el controlador espera que funcione, esto puede dar lugar o bien a medidas inapropiadas o bien a preocupación por parte del ser humano. Esto puede ocurrir igualmente si el ser humano no está entrenado adecuadamente. La desconfianza puede agravarse por defectos en el diseño del sistema que dan lugar a advertencias que causan molestias.

- **Confusión de modos y aplicación errónea de los mismos**. Esto puede ser el resultado de las muchas posibilidades que ofrece la automatización, así como de un entrenamiento inadecuado. Es posible con una nueva tecnología a base de computadoras que el controlador suponga que el sistema está funcionando con arreglo a determinado modo de organización cuando en realidad no es así.

- **Recargo de trabajo**. El adelanto de la automatización se ha basado en parte en la hipótesis de que la carga de trabajo disminuiría pero hay constataciones que permiten sospechar que este objetivo no se ha alcanzado todavía. En el medio ambiente del control de tránsito aéreo, métodos de trabajo complementarios como, por ejemplo, los métodos de entrada/recuperación de datos, pueden en realidad producir un recargo de trabajo. Por ejemplo, la automatización llana y simple de ciertos aspectos de un sistema ATC no permitirá necesariamente al funcionario de control de tránsito aéreo atender un volumen mayor de tránsito. La automatización debería orientarse a eliminar las tareas que no son esenciales, permitiendo así al controlador concentrarse en tareas más importantes como, por ejemplo, supervisar o controlar directamente el sistema.

- **La función de equipo**. Los papeles y funciones de los equipos en los sistemas automatizados difieren de los que se desempeñan en los sistemas manuales. Por ejemplo, los controladores en los sistemas más automatizados son más autosuficientes y autónomos y realizan más tareas en interacción con la máquina que con los colegas o los pilotos. Se habla menos y se utiliza más el teclado. Esto afecta a la viabilidad y al desarrollo de las funciones tradicionales de equipo como, por ejemplo, la supervisión, la ayuda, la evaluación y la instrucción práctica en el trabajo. Cuando los trabajos son ejecutados por los miembros de un equipo estrechamente coordinado, un consenso respecto a los méritos relativos del desempeño individual puede constituir la base no sólo del respeto profesional y la confianza sino también de los ascensos o asignaciones de nuevas responsabilidades.

3.3.21 El enfoque basado en la tecnología para la automatización de tecnologías altamente avanzadas como, por ejemplo, la industria de las instalaciones de energía nuclear, las industries químicas, la aviación civil, la tecnología especial, etc., dio lugar a accidentes que resultaron en los que hubo grandes pérdidas de vidas y de bienes. Básicamente, esos accidentes eran el resultado de incompatibilidades del ser humano y la máquina. Dado que se disponía fácilmente de la tecnología, se aplicaron soluciones al error humano concebidas en función de la ingeniería sin considerar debidamente las posibilidades y limitaciones del ser humano. Una automatización concebida en función de la tecnología puede basarse en la opinión del proyectista de que el operador humano no es ni fiable ni eficiente y, por lo tanto, debería ser eliminado del sistema. Sin embargo, se han identificado dos ironías en esta perspectiva:[9] una es que los errores del

proyectista pueden constituir una fuente importante de problemas de funcionamiento; la otra es que el proyectista que trata de eliminar al operador sigue dejando al operador realizar las tareas que el proyectista no sabe cómo automatizar. A esto se puede agregar el hecho de que la automatización no es, después de todo, infalible y que habitualmente falla de manera misteriosa e imprevisible. Es por esta razón que se clama cada vez más por una concepción planteada en función del ser humano que tenga en cuenta debidamente todos los elementos y, especialmente, el elemento humano. Se han recibido lecciones muy duras en la automatización de los sistemas de aviación en el pasado. Un ejemplo es la automatización del puesto de pilotaje. Con todo, en materia de automatización del puesto de pilotaje, ahora se puede decir que salvo algunas excepciones notorias hay una vuelta a la automatización concebida en función del ser humano, que constituye una tendencia positiva y alentadora fuertemente respaldada por la OACI. Se espera que las lecciones aprendidas en el pasado se apliquen a todos los sistemas nuevos de tecnología avanzada de modo que no se cometan los mismos errores.

3.4 TECNOLOGÍA CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

Concepto de la automatización concebida en función del ser humano

3.4.1 La "automatización concebida en función del ser humano" es un concepto relacionado con la elaboración de sistemas que significa *automatización concebida de manera que funcione cooperando con los operadores humanos para dar cumplimiento a los objetivos establecidos*. Su enfoque entraña un conjunto de sistemas automatizados destinados a ayudar a los operadores humanos, controladores o gerentes a cumplir con sus cometidos. La calidad y la eficacia del sistema de automatización concebido en función del ser humano son función del grado en el que los sistemas combinados aprovechan las cualidades de ambos elementos y compensan sus debilidades. Para entender mejor el concepto de la automatización concebida en función del ser humano podemos definir un sistema robotizado, totalmente autónomo, como no concebido en función del ser humano, en un sistema de ese tipo el ser humano no desempeña un papel critico una vez que se ha diseñado y se ha hecho operacional. Recíprocamente, la automatización no desempeña ningún papel en un sistema totalmente manual.

3.4.2 Ninguno de los complejos sistemas actuales ser humano-máquina se sitúan en uno u otro extremo. Casi todos los sistemas proporcionan dispositivos automáticos para ayudar al ser humano a efectuar un conjunto definido de tareas y reservan ciertas funciones exclusivamente al operador humano. Nadie prevé que los futuros sistemas avanzados de aviación sean totalmente robotizados y que desechen al elemento humano para su funcionamiento. Tampoco se prevé que se hagan funcionar sin la ayuda de algún tipo de operación automatizada. En realidad, incluso hoy, la responsabilidad del funcionamiento seguro del sistema aeronáutico incumbe tanto al ser humano como a la máquina. Como se explicó en el capítulo anterior, el crecimiento futuro del sistema aeronáutico exigirá un mayor grado de automatización. El adelanto de la tecnología en el sistema posiblemente se base en el modo en el que manipulemos la información y utilicemos la automatización. La tecnología de la información en los sistemas aeronáuticos ahijará profundos cambios en esferas tales como las comunicaciones (aire/tierra, aire/aire, tierra/tierra), las pantallas de presentación visual (planas, elevadas [ante los ojos], bajas [bajo los ojos]), técnicas interactivas orales, enlace de datos, etc. La tecnología de la automatización fomentará también importantes avances en esferas tales como el control de vuelo, el control del tránsito aéreo, los sistemas de control digitales, los sistemas electrónicos de mando de vuelo, etc.

3.4.3 La tendencia hacia una mayor información, una mayor complejidad y un funcionamiento más automatizado presentan la posibilidad de aislar los operadores humanos del funcionamiento y disminuir su percepción del estado y situación del sistema que se está haciendo funcionar. Hay muchas razones, varias de las cuales se analizaron previamente, por las que los proyectistas deberían tener en cuenta los factores humanos desde el principio mismo del proceso de diseño. Las investigaciones de todos los mayores

accidentes que han ocurrido en las dos últimas décadas en organizaciones que utilizan tecnología sumamente avanzada (Three Mile Island y Chernobyl—tecnología de la energía nuclear, Tenerife—aviación civil, Bhopal—industria química, Challenger—tecnología espacial) demostraron que las interfaces indebidas o defectuosas entre los operadores humanos y la tecnología fueron algunos de los factores causantes. El error humano en esos accidentes fue inducido por un diseño mediocre, procedimientos deficientes, entrenamiento inadecuado, organizaciones imperfectas u otras deficiencias sistémicas. La cuestión clave en este asunto es que el error humano o el desempeño humano degradado sufre el influjo de factores que pueden evitarse en la fase debida.10 El diseño de sistemas que podrían inducir en error al ser humano puede evitarse mediante la decisión de utilizar mejores diseños desde el punto de vista de los factores humanos desde el comienzo mismo del diseño del sistema hasta su finalización.

3.4.4 El objetivo de la automatización concebida en función del ser humano es influir en el diseño de los sistemas ser humano-máquina en la tecnología avanzada de manera que las posibilidades y limitaciones humanas se tengan en cuenta desde las etapas iniciales del proceso de diseño y se verifiquen en el diseño definitivo. Un diseño que no tenga en cuenta las cuestiones relacionadas con los factores humanos no dará por resultado un sistema óptimo que aumenta la productividad , la seguridad y la satisfacción en el trabajo. La falta de reconocimiento de las ventajas extraordinarias que se obtienen de una automatización concebida en función del ser humano puede que sea, tal vez, la razón principal de que la tecnología relativa a los factores humanos haya sido raramente aplicada desde el comienzo o integrada de manera ordinaria en el proceso de diseño de los sistemas. Sin embargo, la inversión inicial en el aspecto de factores humanos reserva recompensas muy importantes.[11]

La tecnología (automatización) concebida en función del ser humano impide los desastres y accidentes

3.4.5 El error humano o del operador ha sido identificado dudosamente como el principal factor causante de accidentes e incidentes. Hablando de sistemas en general, cerca de 60 a 80% de los accidentes se atribuyen al error humano.[12] Sin embargo, métodos de investigación recientes que se han aplicado a la investigación de accidentes han echado dudas sobre dichos resultados, mediante la demostración de que en muchos casos en que se considera a los operadores humanos principales factores causantes del accidente, éstos han debido afrontar interacciones tecnológicas inesperadas y excepcionalmente opacas que han dado lugar a fallas imprevisibles. El análisis de los accidentes graves de alta tecnología, atribuidos inicialmente al error humano, revela que la mayoría de los errores humanos identificados ha sido influenciada por otros factores. Es por lo tanto indispensable diferenciar los errores humanos inducidos por el sistema de los que son verdaderamente consecuencia de un desempeño deficiente. Los factores que contribuyen a que se produzca un accidente incluyen el diseño deficiente del material, la integración deficiente del ser humano con la máquina, el entrenamiento inadecuado, los métodos de gestión mediocres y la concepción deficiente de la organización. Estos factores, junto con un desempeño humano deficiente, pueden evitarse de mejor manera aplicando las consideraciones relativas a los factores humanos durante las etapas iniciales del proceso de diseño del sistema.[13]

3.4.6 El costo relacionado con la pérdida de vidas y las lesiones sufridas por haber faltado la debida consideración del aspecto de los factores humanos durante el diseño y la certificación de la tecnología nunca podrá exagerarse. La investigación ha demostrado claramente que los problemas producidos por la tecnología no se eliminarán con más tecnología, especialmente en sistemas altamente avanzados en los que se espera que los operadores humanos asuman la total responsabilidad de sus propias acciones y las de los sistemas automatizados .

> ... La mayoría de entre nosotros decide considerar que el papel del ser humano en nuestra sofisticada sociedad tecnológica constituye un elemento menor de la ecuación. Aceptamos hacer

> una marcha en el mundo moderno y damos a las máquinas, a los sistemas, la delantera. Repetidamente, ante una catástrofe, buscamos soluciones para que "las" o "los" corrijan en vez de que "nos" corrijan. ... Pero ninguna máquina es más fiable que los seres humanos que la crearon y la hacen funcionar. Así pues, estamos atascados. Atascados aquí en este mundo de elevado riesgo, con nosotros mismos, una especie cuya tecnología natural es la baja tecnología, nos guste o no nos guste. Ningún sistema mecánico podrá nunca ser más perfecto que la suma de sus factores muy humanos.[14]

3.4.7 La tecnología (automatización) concebida en función del ser humano, al integrar en el proceso de diseño de los sistemas las consideraciones relativas a los factores humanos, puede resolver cuestiones relacionadas con el error humano en sistemas automatizados altamente avanzados, tomando así la delantera a futuros desastres y accidentes.

La tecnología (automatización) concebida en función del ser humano reduce los costos

3.4.8 los costos relacionados con la introducción de la nueva tecnología han sido determinados principalmente durante la fase de exploración del concepto en el proceso de desarrollo del sistema. Para mantener los costos bajos, a menudo se eliminan de las consideraciones iniciales del diseño las consideraciones relacionadas con los factores humanos (en la esperanza de que el entrenamiento del personal colmará las deficiencias del diseño). El resultado de esto ha sido la multiplicación de los costos posteriores (entrenamiento, funcionamiento, mantenimiento) de modo superior a las economías iniciales. Los cambios para garantizar que el personal entrenado puede utilizar el sistema, después que el diseño ha sido hecho, son más difíciles y más costosos.[15]

3.4.9 Hay un costo inicial relacionado con la tecnología (automatización) concebida en función del ser humano en las etapas conceptuales pero es desdeñable si se compara con los costos de explotación diarios provocados por un diseño inadecuado.

Hay una ley inexorable que no se debería ignorar nunca. Considerar los aspectos de los factores humanos debidamente en la etapa de proyecto y certificación es costoso pero el costo se pagará una sola vez. Si el operador debe efectuar ajustes por el diseño incorrecto de su programa de entrenamiento, el precio tendrá que pagarse todos los días. Y lo que es peor, nunca podremos estar seguros de que cuando la suerte esté echada tendremos la respuesta correcta.[16]

3.4.10 Además de los costos innecesarios relacionados con las fallas obvias en la interfaz de la máquina con el ser humano,

hay un costo aun mayor relacionado con el deterioro diario del desempeño general del sistema. Debido a una consideración inadecuada de la función humana durante el diseño conceptual, a menudo los sistemas no funcionan como se esperaba.

3.4.11 Los sistemas que emplean una tecnología concebida en función del ser humano e incorporan las posibilidades, limitaciones y esperanzas del ser humano en su diseño son más fáciles de aprender a utilizar, reduciendo así considerablemente la inversión última en materia de costos de entrenamiento y explotación. El diseño de la automatización concebida en función del ser humano constituye una inversión única, forma parte de manera permanente del sistema general. Recíprocamente, la inversión en personal, mano de obra y entrenamiento constituye un gusto de explotación. Así pues, las consideraciones en materia de factores humanos en el diseño inicial de un sistema constituyen un modo seguro de evitar gastos ulteriores.

3.4.12 De modo general, el no considerar los aspectos relativos a los factores humanos en el proyecto y funcionamiento de los sistemas dará lugar invariablemente a falta de eficiencia, problemas, accidentes y la pérdida de vidas y de bienes.

3.4.13 La capacidad del ser humano de reconocer y de definir lo esperado, de afrontar lo inesperado, de innovar y de razonar por analogía cuando la experiencia previa no cubre un nuevo problema es lo que ha hecho que el sistema aeronáutico tenga robustez, pues existen todavía muchas circunstancias que ni pueden controlarse directamente ni preverse totalmente. Cada uno de esos atributos exclusivamente humanos, además de las consideraciones subculturales, constituye una razón abrumadora para que el ser, humano conserve su posición central en el diseño de la automatización apropiada para el sistema aeronáutico avanzado. La automatización apropiada es la que se adapta al mundo de los usuarios y al medio ambiente en que se emplea. Por ello, debería estar dictada por ciertos principios: *los principios de la automatización concebida en función del ser humano*. [17]

3.5 PRINCIPIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

3.5.1 Ya se ha dicho que la automatización moderna puede cumplir casi todas las funciones previstas en el sistema aeronáutico tanto en las aeronaves como en tierra. Hemos demostrado también que el ser humano debería, principalmente en pro de la seguridad y de las ventajas económicas, continuar siendo la figura central de su diseño. Las cuestiones relativas a los futuros principios de la automatización tendrán, necesariamente, que guardar relación con las funciones respectivas del ser humano y de la máquina. Está aceptado que el ser humano tendrá la responsabilidad de la seguridad del sistema. Por esta simple, pero muy importante razón, el ser humano conservara el pleno mando de los sistemas automatizados que están bajo su responsabilidad.

3.5.2 Un estudio realizado por un Estado esbozó pautas para la operación de alto nivel cuando un sistema ATC altamente automatizado (AERA 2—Control automático del tránsito aéreo en ruta) entre en operación en 1999. Dicho estudio indica que:

> La responsabilidad por la utilización segura de la aeronave está a cargo del piloto al mando.
>
> La responsabilidad por la separación entre las aeronaves controladas queda a cargo del controlador.
>
> Dado que la detección de conflictos para las aeronaves en diferentes rutas es más difícil que cuando el tráfico está estructurado con arreglo a las aerovías, el controlador tendrá que fiarse de los sistemas (automatizados) para detectar problemas y proporcionar soluciones que resuelvan el problema.
>
> Pueden declararse alertas en situaciones en que la información subsiguiente revela que las normas de separación no se violarían... Esto se debe a la incertidumbre en la estimación de trayectorias... Por lo tanto, deben declararse alertas cuando haya posibilidad de que se pueda violar la separación, y el controlador debe considerar todas las alertas validas.

El resumen de ejecución establece:

> Las resoluciones generadas por las máquinas y que se presentan al controlador, que están libres de objeciones planteadas por el sistema automatizado, se presumen viables y ejecutables como están presentadas.
>
> El controlador utilizara la automatización al grado máximo posible.[18]

PRINCIPIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

El ser humano tiene la responsabilidad última de: la seguridad del sistema aeronáutico.

Por lo tanto:

- El ser humano debe estar al mando.
- Para tener el mando de manera eficaz, el ser humano debe participar.
- Para poder participar, el ser humano debe estar informado.
- Las funciones deben automatizarse únicamente si hay una buena razón para hacerlo.
- EI ser humano debe poder supervisar el sistema automatizado.
- Los sis temas automatizados deben, por lo tanto, ser previsibles.
- Los sistemas automatizados deben poder supervisar al operador humano.
- Cada elemento del sistema debe tener conocimiento de las intenciones del otro.
- La automatización debe ser diseñada de manera que sea simple de aprender y de utilizar

3.5.3 Es poco claro si los controladores de tránsito aéreo en el sistema AERA podrán ejercer más que una autoridad limitada pero lo que esta claro es que continuaran siendo plenamente responsables de la seguridad del tránsito aéreo. ¿Cuanto tardará antes de que los adelantos en la automatización aire-tierra pongan a otros operadores humanos del sistema aeronáutico (pilotos, despachadores, técnicos de mantenimiento, etc.) en una situación análoga? ¿Y cómo es que los operadores humanos tendrán que dar cuentas por el funcionamiento seguro del sistema aeronáutico cuando no tienen el completo control de las operaciones por las que se supone que son responsables? Mientras se exija que los operadores humanos tengan la plena responsabilidad del funcionamiento seguro del sistema, los instrumentos (la automatización u otros elementos) destinados a ayudarlos a llevar a cabo sus obligaciones deberían diseñarse teniendo en cuenta el operador humano. A estos efectos, los encargados de establecer las normas, los proyectistas, los explotadores y los utilizadores deberían emplear pautas o principios para el diseño y la utilización de los sistemas automatizados destinados a ser empleados en el sistema para ayudar a los operadores humanos a dar cumplimiento de modo satisfactorio a sus responsabilidades.

3.5.4 La aplicación de estos principios es fundamental en los procesos preliminares y finales del diseño de los sistemas automatizados en las tecnologías altamente avanzadas. El centro de la cuestión es que la automatización se emplea para ayudar *a los operadores humanos a dar cumplimiento a sus responsabilidades del modo más seguro, eficiente, eficaz y económico*. Nunca debería ser de otra manera. Las cuestiones planteadas en los capítulos anteriores sobre cuánta autoridad debería tener la automatización, como interactuará con el operador humano y qué papel debería reservarse para el ser humano pueden satisfacerse aplicando un conjunto de principios durante el proyecto, la elaboración y el funcionamiento de un sistema automatizado. La observación de Saint-Exupéry de que "la máquina no aísle al hombre de los grandes problemas de la naturaleza sino que lo precipita en ellos de manera más profunda" sigue siendo cierta aun más ahora que cuando fue pronunciada a finales de los años 30.

3.5.5 Al paso del tiempo, el progreso de la seguridad aeronáutica se ha visto obstaculizado por soluciones parciales. Pilotos, controladores, proyectistas, ingenieros, investigadores, instructores y otros miembros de la comunidad aeronáutica interesados en la seguridad del vuelo han propugnado por soluciones a las deficiencias en materia de seguridad que, sin lugar a dudas, están influenciadas por preconceptos de sus propias esferas de actividad profesional. Esas soluciones han omitido ver el panorama general de la seguridad del sistema aeronáutico y, de ese modo, han dado lugar a soluciones exclusivas para las deficiencias observadas y han transmitido la noción de que en la aviación las diferentes actividades se

llevan a cabo de manera autónoma. Como se indicó previamente en el presente documento. Los principios de una automatización concebida en función del ser humano exigen que la industria abrace la solución sistémica para el diseño de los sistemas de automatización. No hay exageración en señalar las ventajas de la incorporación temprana de las consideraciones en materia de factores humanos al diseño de los sistemas.

- **El ser humano tiene la responsabilidad última de la seguridad del sistema aeronáutico**. La historia nos ha demostrado repetidamente que en un sistema complejo, con total independencia de su grado de automatización, el ser humano es quien tiene la última palabra en la decisión respecto a una cuestión crítica y la última línea de defensa en caso de desperfecto grave del sistema es el ser humano. La importancia de las personas en una sociedad tecnológica se destaca en el concepto de las personas que tienen el efecto de un pivote en su medio de actuación Pfeiffer (1989) hace hincapié en la imposibilidad de remplazar estas personas en un medio ambiente como el de las operaciones de vuelo, del tránsito aéreo y el control de la red nacional de energía eléctrica.19 Así pues, al debatir la cuestión de la automatización en el sistema aeronáutico, habría que tener presente siempre que para que las personas funcionen de manera eficiente, eficaz y segura, las consideraciones relativas a los factores humanos deben incorpararse al sistema al comenzar la etapa conceptual y no agregarse mas tarde como parte de una decisión por defecto.

- **El operador humano debe estar al mando**. Para que el ser humano asuma la responsabilidad última de la seguridad del sistema se le debe conferir una autoridad esencialmente ilimitada para permitirle cumplir con esa responsabilidad última. Se ha indicado de manera inequívoca que aun cuando el sistema automatizado está en pleno funcionamiento, "la responsabilidad de la utilización segura de una aeronave incumbe al piloto al mando", y que "la responsabilidad por la separación entre las aeronaves controladas incumbe al controlador". Si a uno y otro incumbe la responsabilidad, respectivamente, de la utilización y de la separación de las aeronaves, pilotos y controladores deben conservar la autoridad del mando y del control de dichas operaciones. Es dogma fundamental del concepto de la automatización concebida en función del ser humano que la automatización de los sistemas de aviación (aeronaves y ATC) existe para ayudar a los operadores humanos (pilotos y controladores) a dar cumplimiento a las responsabilidades indicadas previamente que les incumbe. Si este principio no se observa estrictamente y si las decisiones las toman los sistemas automatizados en vez de los operadores humanos, surgirán cuestiones complicadas e inevitables en materia de riesgos. Esto conducirá obviamente a la consideración de la parte de riesgo que incumbe al operador humano, lo cual a su vez afectará negativamente al desempeño humano. Así pues, una cuestión de riesgo constituye una cuestión de factores humanos por defecto. Los operadores humanos nunca deberían ser considerados responsables por fallas o decisiones erróneas a menos que tengan total control y mando del sistema. Las razones son muy simples, como cualquier otra máquina, la automatización está sujeta a fallas. Además, los dispositivos digitales fallan de manera imprevisible y producen manifestaciones imprevisibles de fallas. Las responsabilidades del ser humano incluyen detectar esas fallas, corregir sus manifestaciones y continuar la operación de manera segura hasta que los sistemas automatizados puedan volver a cumplir sus funciones normales. Dado que la automatización no puede hacerse a prueba de fallas, no debe ser diseñada de manera que trastorne el ejercicio de las responsabilidades del operador humano.

- **Para tener el mando de manera eficaz, el ser humano debe participar**. Para asumir la responsabilidad ultima y mantener el mando de la situación, los operadores humanos deben participar en la operación. Deben tener un papel activo, ya sea que dicho papel sea controlar activamente el sistema, ya sea organizar los recursos humanos o mecánicos a los que se ha delegado el control. Si el ser humano no tiene una participación activa, es probable que sea menos eficiente al reaccionar ante una situación crítica del sistema. La automatización del sistema

aeronáutico concebido en función del ser humano debe proyectarse y operarse de modo tal que no permita que el operador humano quede demasiado alejado de los detalles operacionales, para lo cual es necesario que el operador realice tareas importantes y pertinentes durante las operaciones.

- **Para poder participar, el ser humano debe estar informado**. Sin la información respecto al desarrollo de las operaciones, la participación resulta imprevisible y las decisiones, si se toman, resultan aleatorias. Para mantener una participación que tenga sentido, el operador humano debe disponer de una afluencia continua de informaciones esenciales respecto al estado y marcha del sistema controlado y del proceso automatizado que lo está controlando. La información debe ser compatible con las responsabilidades del operador humano; debe incluir todos los datos necesarios para apoyar la participación del operador humano en el sistema. Los operadores humanos deben estar informados de manera destacada y al nivel necesario para que puedan cumplir con sus responsabilidades. Los operadores humanos deben disponer de información suficiente para poder mantener la percepción del estado y de la situación del sistema. No obstante, debe tenerse el cuidado de no recargarlos con informaciones que no son necesarias.

- **Las funciones deben automatizarse únicamente si hay una buena razón para hacerlo**. Cada vez es mayor la tentación de incorporar algún modelo de nueva tecnología en un proyecto simplemente porque es posible hacerlo en vez de que sea necesario hacerlo. En otras palabras, el diseño puede estar dictado por la viabilidad tecnológica más bien que por la necesidad de los usuarios que deben utilizar y mantener los productos de tales diseños. La automatización de las funciones por ninguna otra razón que la de que tecnológicamente es posible lograrla puede tener por consecuencia la imposibilidad del usuario de emplearla eficazmente para beneficio de todo el sistema. La cuestión aquí "no seria de que si una función puede automatizarse sino de que si se necesita hacerlo, teniendo en cuenta las diversas cuestiones relacionadas con los factores humanos que se podrían plantear."[20]

- **El ser humano debe poder supervisar el sistema automatizado**. La posibilidad de supervisar los sistemas automatizados es necesaria para permitir al operador humano que se mantenga al tanto de la situación y porque los sistemas automatizados son falibles. El ser humano puede ejercer una supervisión eficaz sólo si se proporciona apoyo cognitivo al puesto de control. El apoyo cognitivo se refiere a la necesidad del ser humano de que la información esté disponible para así poder tomar las decisiones o medidas que sean necesarias. En los sistemas automatizados de la aviación, un elemento de información que es esencial es el concerniente a la automatización. El operador humano debe poder determinar, basándose en la información disponible, que el desempeño del sistema automatizado es, y probablemente continúe siendo, apropiado para la situación deseada del sistema. Hasta ahora, en la mayoría de los sistemas de aviación, se informa al operador humano solamente si hay discrepancia entre las dependencias responsables de una función particular, o una falla de dichas dependencias que es suficiente para perturbar o imposibilitar el desempeño de la función. En tales casos se da instrucciones al operador de que se haga cargo de la función de control. Para hacer eso sin demora, es necesario que se proporcione al operador humano la información relativa a las operaciones en curso hasta ese momento si esto no se puede deducir del comportamiento del sistema controlado.

- **Los sistemas automatizados deben ser previsibles**. El operador humano debe poder evaluar el desempeño de los sistemas automatizados comparándolo con un modelo interno basado en el conocimiento del desempeño normal de los sistemas. Sólo si los sistemas se comportan normalmente de una manera previsible podrá el operador humano detectar rápidamente una desviación del comportamiento normal y así reconocer una falla en los sistemas automatizados. Al establecerlo, es importante que no sólo se conozca el comportamiento normal sino también la gama de variantes permitidas del comportamiento. Todo comportamiento del sistema que no sea

previsible debe tratarse como un comportamiento anormal. Para reconocer dicho comportamiento, el operador humano debe conocer exactamente lo que puede esperar de la automatización cuando está funcionando correctamente.

- **Los sistemas automatizados deben poder supervisar al operador humano**. Los seres humanos, por supuesto, tampoco son infalibles y sus fallas pueden igualmente ser imprevisibles. Debido a que los operadores humanos tienden a cometer errores, es necesario que la detección, el diagnóstico y la corrección de los errores sean partes integrantes de cualquier sistema de aviación automatizado. Por esta razón, es necesario que tanto el desempeño humano como el de la maquina sea supervisado continuamente. La automatización de la supervisión que permita objetar ciertas clases de acciones del operador que pueden comprometer potencialmente la seguridad debe formar parte del sistema.

- **Cada elemento del sistema debe tener conocimiento de las intenciones del otro**. En operaciones altamente automatizadas, una manera de mantener al operador humano activamente involucrado es proporcionarle información relativa a las intenciones del sistema automatizado. Esto es, dadas las decisiones que los sistemas automatizados han tomado o están por tomar, cuál podrá ser la situación en el futuro. Fundamentalmente, el sistema no sólo debería identificar un problema potencial sino también sugerir soluciones alternativas y señalar las implicaciones de las medidas adoptadas. La supervisión mutua puede ser eficaz solamente si el supervisor entiende lo que el operador del sistema supervisado está tratando de hacer. Para lograr las ventajas de una supervisión eficaz, las intenciones del operador humano o de los sistemas automatizados deben ser conocidas. La comunicación de las intenciones hace posible para todos los interesados obrar en colaboración para resolver todo problema que se plantee. Por ejemplo, muchos problemas de control de tránsito aéreo ocurren simplemente porque los pilotos no entienden lo que el controlador está tratando de obtener y lo opuesto es también cierto. La automatización del sistema ATC no puede supervisar el desempeño humano eficazmente si no entiende las intenciones del operador y esto reviste suma importancia cuando la operación se desvía de lo normal.

- **La automatización debe ser diseñada de manera que sea simple de aprender y de utilizar**. Uno de los principales objetivos de este capítulo es considerar *cuánta automatización se necesita y por qué*. Si los sistemas son suficientemente simples (y esto debería ser siempre un objetivo del diseño) la automatización puede no ser necesaria. Si las tareas no pueden simplificarse o el factor tiempo es tan crítico que los seres humanos podrían no llevarlas a cabo eficazmente, la automatización puede ser la solución. Aún así, una automatización simple permitirá interfaces simples y una mejor comprensión de los sistemas automatizados. La automatización de los sistemas creados hasta la fecha no ha sido siempre proyectada para que se haga funcionar en condiciones difíciles en un medio ambiente desfavorable por operadores humanos cansados por el exceso de trabajo, distraídos y de competencia inferior a la ordinaria. Sin embargo, éstas son las condiciones en que la ayuda de la automatización puede ser más necesaria. La simplicidad, la claridad y el carácter intuitivo deben ser las piedras angulares del diseño de la automatización por cuanto harán de ella un instrumento mejor y más eficaz. Aunque el entrenamiento, hablando en términos estrictos, no es una materia propia de los proyectistas, el entrenamiento debe tenerse en cuenta durante el diseño de los componentes de los sistemas CNS/ATM y debería reflejar dicho diseño en la práctica. Un buen diseño de ingeniería concebido teniendo en cuenta los factores humanos (HFE) se evidencia por la ausencia de problemas en el empleo de un sistema por los seres humanos y sus efectos son así invisibles en el sistema operacional definitivo. Sus aportes constituyen parte integrante de cada componente o subsistema y no pueden separarse fácilmente del funcionamiento general del sistema o imputarse a la contribución de la HFE.21

3.5.6 Al establecer las directrices básicas para los principios de la automatización concebida en función del ser humano, cabe notar que no se ha tratado de abarcar los aspectos de ingeniería de los factores humanos. Se ha tratado únicamente de construir una filosofía de *automatización concebida en función del ser humano*. Al hacerlo se espera fomentar un diálogo que hará avanzar hacia la meta general de promover un ambiente aeronáutico seguro, ordenado y económico, incorporando lo mejor del ser humano y de la máquina.

3.5.7 los principios de la automatización concebida en función del ser humano tienen la finalidad de servir de guía de manera que cada vez que se proyecte e introduzca la automatización pueda cotejarse con el modelo y procederse al filtrado que se imponga en vez de volver a justificarla y defenderla.

3.6 CUALIDADES DE LA AUTOMATIZACIÓN CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

3.6.1 Se ha identificado al error humano como el principal factor causal en la mayoría de los accidentes de aviación. La percepción más dominante en las personas de todo origen y condición es que el ser humano causante del error en esos accidentes es el que está al frente, o sea, de manera más simple, el piloto, el controlador de tránsito aéreo, el técnico de mantenimiento de aviones, etc. Esta percepción, exacerbada por los medios de información y ampliamente aceptada por el público, ha causado mucha angustia por cuanto oculta el hecho de que la moderna tecnología ha hecho prácticamente imposible que un individuo, el que esta al frente, *él solo*, pueda causar un accidente. En esos accidentes en que se ha determinado inicialmente que es el error del operador el factor causal, los investigadores han podido probar que el operador sólo desencadenó una serie de fallas latentes, incrustadas desde hace tiempo en el sistema, esperando no ser detectadas, o descuidadas por una u otra razón. En la tecnología moderna hay una línea de defensa incorporada que hace prácticamente imposible que una sola acción pueda causar un accidente sin precedentes a menos que el sistema ya esté debilitado por la eliminación de esas defensas. Se ha probado que las deficiencias de diseño, las limitaciones de la organización o de la gerencia y muchas otras fallas latentes eran las causas fundamentales de muchos accidentes atribuidos a los operadores al frente, los cuales, en muchos casos, no sobreviven a los accidentes y no pueden defender sus decisiones.[22]

3.6.2 Se ha constatado que otros accidentes, también atribuidos a los operadores al frente, fueron causados por la interacción de los seres humanos con los sistemas automatizados (un desajuste de los elementos humano v mecánico del sistema). Los sistemas de automatización son hechos por seres humanos. Por ello pueden también dar cabida a errores no previstos desde el principio mismo de su concepción. Se ha comprobado que es errónea la creencia de que una mejor instrucción puede compensar las deficiencias no previstas en la etapa de diseño y elaboración. El aumento de los dispositivos y la introducción de una tecnología más compleja ha logrado únicamente que las máquinas no puedan usarse debido a que las consideraciones relativas a los factores humanos no se incluyeron en el concepto básico. Los investigadores y especialistas de factores humanos, los investigadores y analistas de accidentes, los especialistas en comportamiento humano y los expertos que estudian las interacciones ser humano-máquina coinciden en que haciendo que la automatización se conciba en función del ser humano se pueda resolver la mayoría de los problemas vinculados al error humano. Aun más importante, creen que la automatización puede proyectarse y utilizarse de manera que el sistema, en su totalidad, pueda ser más resistente y dotado de tolerancias a los errores humanos en el diseño, la implantación y la utilización de los sistemas. Esto implica que si la automatización debe ser un componente efectivo y valioso del sistema aeronáutico, debería también poseer varias cualidades y características. Al definir los atributos de la automatización concebida en función del ser humano, se espera que el sistema sea intrínseca y señaladamente útil al operador humano que, después de todo, está encargado de la plena responsabilidad de su seguridad, tanto humana como no humana. Al definir los atributos que debe poseer un sistema de automatización, el propósito, una vez más, es fomentar el diálogo sobre el tema, haciendo avanzar así la utilización ordenada y segura de todo el sistema de transporte aéreo.

3.6.3 Al analizar los atributos de la automatización concebida en función del ser humano, debería estar claro que no son mutuamente exclusivos. Un sistema automatizado que posea algunas, e incluso muchas de estas cualidades puede todavía no ser totalmente eficiente si se las consideran aisladamente durante el diseño, puesto que varias están interrelacionadas. Al igual que en cualquier empresa de ingeniería, es necesario lograr una buena solución de compromiso entre los atributos. Para estar seguros de que se ha llegado a una solución de compromiso eficaz, debe evaluarse el sistema en su totalidad en funcionamiento real o simulado por una diversidad de operadores humanos de diferentes grados de pericia y competencia. Esa verificación puede ser tediosa y costosa y a menudo podría llevarse a cabo en una etapa de desarrollo ulterior del sistema; no obstante, es la única manera de comprobar la seguridad y efectividad del concepto automatizado. Así pues, la primera pauta en materia de atributos de una automatización concebida en función del ser humano podría simplemente ser *que la automatización concebida en función del ser humano debería poseer esas cualidades en una medida apropiada.*

3.6.4 Muchos de estos atributos tienen, en cierto grado, un carácter bipolar, aunque, en verdad, no son de carácter opuesto23, y el aumentar la atención respecto a ciertas cualidades puede exigir que se haga menos hincapié en otras. Del modo sugerido, la automatización concebida en función del ser humano debe:

Estar sujeta a rendir cuenta	<……..> Estar subordinada
Ser previsible	<……..> Ser adaptable
Ser comprensible	<……..> Ser flexible
Ser fiable	<……..> Ser informativa
Poder resistir el error	<……...> Poder tolerar errores

- **La automatización concebida en función del ser humano debe estar sujeta a rendir cuenta.** La automatización debe informar al operador humano acerca de sus acciones y poder explicarlas si se le pide. El ser humano al mando debe poder pedir y recibir una justificación de las decisiones adoptadas por el sistema automatizado. Esto constituye un problema particular en aviación, puesto que puede faltar tiempo para que el operador humano evalúe varias decisiones (prevención del impacto contra el terreno, maniobras anticolisión, etc.). En lo posible, la automatización debe prever el pedido del operador humano y proporcionar información adelantada (como el sistema TCAS quiere hacer, proporcionando avisos de tránsito antes de exigir una decisión para evitar un peligro inminente) o sus normas de funcionamiento en una circunstancia especial anunciada que el operador humano ha entendido totalmente. Es de gran importancia que las explicaciones suministradas por la automatización se expresen en términos que tengan sentido para el operador humano; el nivel de abstracción de dichas explicaciones debe ser apropiado para la necesidad de explicación del operador humano. En este contexto "estar sujeto a rendir cuenta" significa proporcionar un análisis justificativo o una explicación. El atributo bipolar de la sujeción a rendir cuenta es la subordinación. Debe tenerse mucho cuidado para garantizar que esto nunca se convierta en insubordinación.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe estar subordinada.** Salvo en situaciones definidas de antemano, la automatización no debería nunca asumir el mando y en tales situaciones, debe poder ser revocada fácilmente. La automatización, aun cuando constituye un importante instrumento, debe permanecer subordinada al operador humano. Hay situaciones en las que está aceptado que la automatización lleve a cabo tareas de modo autónomo y se prevé que muchas más de dichas tareas se pondrán en práctica en el sistema CNS/ATM. A medida que la automatización se hace más autosuficiente, capaz y compleja, será cada vez más difícil para los operadores humanos permanecer al tanto de las decisiones que se están tomando de modo autónomo y, por lo tanto, será cada vez más difícil para ellos estar al tanto exactamente de lo que la automatización está haciendo y por qué. Una situación de ese tipo tenderá a comprometer la

autoridad de mando y la responsabilidad de los operadores humanos; aún más importante, puede llevarlos a un grado de extrema desconfianza del sistema de automatización, lo cual comprometerá la integridad del sistema ser humano-máquina por entero. Es importante hacer que las preguntas como "¿Qué es lo que está haciendo?" y "¿Por qué está haciendo eso?", resulten innecesarias.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser previsible**. Sucesos en los que la automatización no se comportó de modo previsible han tenido, en el pasado, enormes repercusiones debido, en parte, a la desconfianza intrínseca respecto a aquello sobre lo que no ejerce control. En este caso, nuevamente, el nivel de abstracción al que se aplica la automatización, o al que la misma proporciona explicaciones, es critico para establecer y mantener la confianza en ella. La tercera pregunta que más frecuentemente se hacen los operadores humanos respecto a la automatización es "¿Qué es lo que va a hacer después de esto?". Esta pregunta, como las dos anteriores, también debería llegar a ser innecesaria. A medida que la automatización se haga más adaptable e inteligente, adquirirá un amplio repertorio de comportamientos según una más amplia variedad de circunstancias. Esto hará que su comportamiento sea más difícil de entender y prever por los operadores humanos, aun cuando esté funcionando de conformidad con sus especificaciones de diseño. Será igualmente más difícil para los operadores humanos detectar cuándo no está funcionando de manera debida. La automatización avanzada debe ser diseñada de manera que sea y parezca previsible para sus operadores humanos y la diferencia entre un comportamiento que indica una falla y uno que sea normal debe ser inmediatamente evidente para el operador humano.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser adaptable**. La automatización debería configurarse dentro de una amplia gama de preferencias y necesidades del operador. La adaptabilidad y la previsibilidad son, en cierto grado, contrarias puesto que un comportamiento altamente adaptable tenderá a ser difícil de predecir. A medida que la automatización se hace más adaptable e inteligente adquirirá un repertorio más amplio de comportamientos según una más amplia variedad de circunstancias. Esto hará que su comportamiento sea más difícil de entender y prever por los operadores humanos, aun cuando esté funcionando de conformidad con sus especificaciones de diseño. Será igualmente más difícil para el operador humano detectar cuándo no esta funcionando de manera debida. Esto sugiere la necesidad de limitaciones en la adaptabilidad de la automatización a fin de permitir al ser humano supervisar la automatización y detectar deficiencias o fallas de manera de efectuar los ajustes correspondientes. "Adaptable" quiere decir aquí capaz de ser modificado según las circunstancias cambiantes. Esta característica forma parte integrante de la automatización de las aeronaves: los pilotos necesitan, y se les suministra, una variedad de opciones para el mando y la gestión de sus aeronaves. Debería poder disponerse de opciones análogas en la automatización de sistemas CNS/ATM. La gama de opciones es necesaria para permitir a los operadores humanos administrar su carga de trabajo teniendo en cuenta diferentes niveles de competencia) y hacer ajustes en concepto de fatiga y distracción. En este sentido, la automatización actúa verdaderamente como otro miembro más del equipo de mando y gestión, ayudando o haciéndose cargo completamente de ciertas funciones cuando se le indique. La adaptabilidad aumenta la complejidad aparente y se la presenta aquí, en contraste con la previsibilidad, para hacer hincapié en que la automatización sumamente adaptable puede ser relativamente imprevisible en determinadas circunstancias. Si un sistema tal no es previsible ni proporciona al operador humano suficientes indicaciones de sus intenciones, su comportamiento aparentemente caprichoso socavará rápidamente la confianza que el ser humano quiere otorgarle. Es bueno recordar que uno de los principios más importantes de la automatización concebida en función del ser humano establece que la automatización debe ser previsible si el ser humano ha de quedar al mando.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser comprensible** . A menudo el progreso tecnológico se equipara a una complejidad acrecentada. Muchas funciones críticas de la automatización son ahora sumamente complejas, con varias capas de redundancia a fin de garantizar que son insensibles a las fallas. Se ha observado que el entrenamiento para los sistemas automatizados avanzados es tedioso y costoso y que buena parte del tiempo adicional se dedica a aprender lo relacionado con la automatización Deberían elaborarse modelos más simples que permitan la reconversión en caso de fallas. Esto aportará ventajas para el entrenamiento. Si bien la automatización se puede utilizar de manera que complejas funciones puedan parecer más simples para el operador humano, las consecuencias de los modos en falla pueden parecer sumamente imprevisibles para dicho operador a menos que dichos modos se hayan tenido en cuenta minuciosamente en la fase de diseño. La simplicidad no ha sido incluida como un atributo necesario para la automatización concebida en función del ser humano pero, realmente, podría haberlo sido. Es vital que los sistemas o bien sean suficientemente simples para que los operadores humanos los puedan entender, o bien que se disponga de un modelo sencillo y que ellos puedan usar. Si un sistema no puede parecer razonablemente sencillo para el operador humano, la probabilidad de que se entienda equivocadamente y de que se utilice incorrectamente aumenta de manera significativa. Los proyectistas y fabricantes de los dispositivos automatizados de los sistemas CNS/ATM deberían realizar un esfuerzo considerable a fin de que sus productos sean suficientemente simples para que los comprendan los operadores humanos de niveles de pericia ampliamente diferentes.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser flexible** . Debería disponerse de una gama apropiada de opciones en materia de control y organización. El término "flexible" se utiliza aquí para caracterizar una automatización que se pueda adaptar a una diversidad de variables ambientales, operacionales y humanas. Debe disponerse de una amplia gama de opciones de automatización a fin de proporcionar flexibilidad a una gran diversidad de operadores humanos con niveles de experiencia que varían entre muy poco y mucho y estilos cognitivos que varían de modo igualmente amplio. Dada la tendencia a una razón inversa entre posibilidad de comprensión y flexibilidad, la posibilidad de comprensión no debe sacrificarse a la flexibilidad por cuanto la capacidad de los seres humanos de entender sus dispositivos automatizados es esencial para su capacidad de mantener el mando.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser fiable** . La automatización debería hacer, de manera fiable, lo que se le ordena hacer, nunca debería hacer lo que no se le ordenó hacer y nunca debe empeorar la situación, los seres humanos no utilizarán, o mirarán con aprensión, todo sistema o función automatizada que no se comporte de manera fiable, o que parezca comportarse de manera caprichosa. Esta desconfianza puede tomar tal raíz que podría anular la finalidad pretendida por el proyectista, La fiabilidad es de particular importancia en lo que respecta a los sistemas de alerta y advertencia, La desconfianza de advertencias legitimas señaladas por sistemas que tendían a dar falsas advertencias (como pasaba con los modelos iniciales de GPWS) han dado lugar en el pasado a consecuencias trágicas. En realidad, es más prudente omitir una función por completo, incluso una función sumamente conveniente, más bien que proporcionarla o ponerla en actividad antes de que haya sido certificada como fiable.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser informativa**. La información es crítica tanto para participar en la tarea como para estar al mando de ella. Sí un sistema fuese perfectamente fiable en su funcionamiento, no habría necesidad de informar al operador humano acerca de su funcionamiento, Pero la perfección es imposible de lograr y la información suministrada debe ser tan infalible como sea posible, teniendo presente que cada incremento de la cantidad de información contribuye a que más probablemente la misma se pierda o sea incorrecta. Uno de los principios más importantes de la automatización concebida en

función del ser humano es que "a fin de participar, el ser humano debe estar informado". Pero ¿qué cantidad de información es suficiente? ¿Cuánto es demasiado? Los operadores humanos quieren obtener toda la información posible pero no pueden asimilarla si es demasiada y lo que pueden dejar de lado es imprevisible. Es conveniente que las pantallas y los cambios de formato estén menos atestados y sean más simples; en resumen, que se proporcione una organización activa de la información por oposición a una que sea pasiva, que se ayude al operador humano a asignar prioridades para asegurarse de que es en primer lugar que las cosas importantes reciben atención. Nuevamente, la automatización misma puede ser origen de algunos problemas o éstos pueden deberse a que las interfaces entre la automatización y el ser humano no son óptimas. La forma de la información determinará a menudo si puede o no ser atendida y debería tenerse en cuenta durante el desarrollo de todo sistema de información CNS/ATM.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe poder resistir el error**. De ser posible, la automatización debe impedir que los operadores humanos cometan errores. Idealmente, el sistema de automatización ATM debería impedir que haya cualquier tipo de error, tanto del propio sistema como de los operadores humanos. Esto puede no ser realista pero un sistema puede y debe ser diseñado de manera que sea a prueba de errores al grado máximo posible. La resistencia al error en la automatización propiamente dicha puede entrañar la verificación interna para determinar que el sistema esta funcionando dentro de las pautas de diseño. La resistencia al error humano puede entrañar la comparación de las decisiones humanas con un modelo de decisiones permitidas o puede basarse en presentaciones visuales claras, sencillas y procedimientos simples e intuitivos para reducir a lo mínimo la probabilidad de errores. La automatización de procedimientos inevitablemente complejos es necesaria y totalmente apropiada, a reserva de que el ser humano se mantenga dentro del ciclo de operaciones para que pueda entender lo que está ocurriendo. El sistema debe poder ser utilizado por el ser humano si la automatización falla y debe suministrar una indicación sin ambigüedad de que está funcionando debidamente. Es también indispensable que proporcione los medios para que los operadores humanos puedan detectar el hecho de que se ha producido un error humano o de la automatización. Esas advertencias deben poder proporcionarse con suficiente tiempo para permitir a los operadores humanos determinar el error y deben proporcionarse los medios que permitan corregir el error una vez localizado. Cuando esto sea imposible, debe poder plantearse las interrogantes relativos a las consecuencias de una medida o decisión antes de que se permita dar curso a la medida.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe poder tolerar errores**. Aun en un sistema altamente resistente a los errores, éstos ocurrirán; por lo tanto, la automatización debe poder detectar y disminuir el efecto de tales errores. Dado que la resistencia al error es relativa más bien que absoluta, hace falta que haya una "defensa por capas" contra los errores humanos. Además de construir sistemas que resistan a los errores en la medida máxima posible, es necesario y altamente deseable hacer que los sistemas sean insensibles al error. En este sentido, "tolerar" significa permitir algo; esto cubre toda la panoplia de medios que pueden utilizarse para que cuando se ha cometido un error, no se permitirá que ponga en riesgo a la seguridad. El sistema de aviación ya posee un alto nivel de tolerancia a los errores, principalmente mediante la supervisión de los demás miembros de los equipos pero algunos errores posibles con el equipo automatizado, tales como los errores en la entrada de datos, solo pueden evidenciarse mucho tiempo después de haberse cometido. Pueden necesitarse nuevos programas de supervisión, nuevas pantallas de presentación visual y nuevos dispositivos para descubrir los errores más ocultos. En esos casos, puede ser apropiado proceder a verificaciones de las decisiones utilizando criterios en cuanto al carácter razonable de éstas. Dado que es imposible impedir o descubrir todos los errores humanos posibles, los sucesos previos en la aviación y, especialmente, los datos sobre incidentes, pueden ser sumamente útiles para señalar los tipos de errores que ocurren con cierta frecuencia.

3.6.5 los antedichos atributos de una automatización concebida en función del ser humano no son mutuamente exclusivas; hay cierta duplicación entre ellos. Los primeros principios sugieren el establecimiento de unas prioridades generales que hacen necesaria una solución de compromiso. Se expresa que si los seres humanos deben estar al mando deben estar informados. Estar sujeto a *rendir cuenta* constituye una faceta importante de la información al operador humano, así como un importante medio con el que el operador puede supervisar el funcionamiento de la automatización. Ser comprensible es otra característica crítica que permite mantener informado al ser humano; la persona debe poder entender lo que la automatización está haciendo. Cada una de estas características constituye un aspecto del atributo de ser informativo. En todo momento, el operador humano debe estar informado eficazmente de un mínima de datos, e informado de tal manera que la probabilidad de asimilar la información sea muy elevada. En los casos en que un sistema automatizado actúa de manera imprevisible, debería disponerse rápidamente de una explicación si ya no se sabe lo que sucede o es relativamente obvio.

3.6.6 Con las excepciones que son inevitables, los encargados de establecer las normas y el público en general coinciden en que el ser humano es quien asume la responsabilidad última de la seguridad en el sistema de aviación civil. Sin embargo, a pesar de esta afirmación, se cree que la independencia de la automatización puede tender a ignorar el operador humano a medida que se automaticen más y más elementos terrestres del sistema de transporte aéreo. La automatización que dejara de lado a los operadores humanos disminuirá, necesariamente, su participación en el sistema aeronáutico así como su posibilidad de estar al mando del mismo, lo cual a su vez disminuirá su capacidad de recuperarse de las fallas o de efectuar los ajustes para compensar los aspectos inadecuados de los subsistemas automatizados. Los proyectistas de la automatización deberían probar de manera concluyente que dichos aspectos inadecuados no existen o que dichas fallas no ocurrirán antes de que la comunidad de la aviación pueda contemplar la posibilidad de sistemas automatizados que dejen de lado al operador humano. Es importante establecer un equilibrio; cuando haya necesidad de soluciones de compromiso, las mismas deben inclinarse del lado del operador humano manteniéndolo en el ciclo de manera que pueda estar en él cuando lo necesiten.

3.6.7 A pesar de los espectaculares avances tecnológicos en materia de automatización. La eficacia de los sistemas automatizados y computadorizados sigue inseparablemente enlazado a las posibilidades de desempeño de los operadores humanos. La automatización de la ATM impondrá de fuerza a efectuar cambios drásticos en el papel del operador humano; puede también provocar cambios de importancia en el proceso mediante el cual los controladores de tránsito aéreo y los pilotos colaboran para dar cumplimiento a la misión de la manera más segura posible. Si un sistema ATM automatizado es un obstáculo a la posibilidad de que los controladores y los pilotos trabajen en colaboración para resolver problemas, limitará severamente la flexibilidad del sistema y la pérdida de la flexibilidad podría desbaratar gran parte de las ventajas esperadas de un sistema más automatizado. En este sentido, los sistemas automatizados o computadorizados avanzados del sistema CNS/ATM deberían proyectarse de manera que ayuden a los seres humanos a llevar a cabo nuevas y difíciles tareas y responder de modo seguro a los desafíos que representan las necesidades y requisitos del futuro. Al paso del tiempo, la tecnología destinada a aumentar los márgenes de seguridad ha sido utilizada para aumentar la producción, dejando los márgenes de seguridad relativamente sin cambios. Si los seres humanos deben continuar encargados totalmente de la seguridad de los sistemas. La automatización no debería utilizarse para aumentar la productividad de los sistemas más allá de los límites de la capacidad humana de intervenir manualmente en caso de fallas de los sistemas automatizados. Al proyectar los diversos componentes del sistema CNS/ATM, los diseñadores y fabricantes, así como los encargados de establecer las normas, deberían recordar que la más importante faceta de todo el sistema es el ser humano que hace funcionar, controla u organiza todo el sistema en procura de los objetivos humanos y sociales.

3.6.8 Hablando de manera general, la evolución de la automatización hasta la fecha ha sido impulsada en gran parte en función de la tecnología. No obstante, los proyectistas de las nuevas aeronaves y de otros sistemas aeronáuticos han intentado ayudar de manera determinada en años recientes a los seres humanos a hacer bien lo que pueden no hacer bien en el apremio diario de las operaciones. De este modo, aquéllos han ayudado a eliminar algunas causas de error humano, capacitando en la nueva tecnología a otros directamente vinculados a ella.

3.6.9 Se prevé que el sistema CNS/ATM permita una utilización más flexible y eficiente del espacio aéreo y aumente la seguridad del tránsito. Las mejoras previstas de la organización del tránsito aéreo incluyen:

- mejor atención y transferencia de la información entre explotadores, aeronaves y dependencias ATS:

- vigilancia ampliada (vigilancia dependiente automática (ADS), etc.): y

- sistemas terrestres avanzados de tratamiento de datos, incluidos los sistemas para presentar visualmente datos derivados de la ADS y datos procedentes de las aeronaves al controlador permitiendo, entre otras cosas, el mejoramiento de la detección y resolución de conflictos, la generación y la transmisión automatizadas de autorizaciones libres de conflictos y la rápida adaptación a las condiciones cambiantes del tránsito.

3.6. 10 Se espera que la elaboración de los objetivos básicos del sistema CNS/ATM, incluida la de los futuros sistemas de aviación avanzados, junto con una planificación mejorada, aumenten la seguridad y permitan un uso más dinámico del espacio aéreo y de la organización del tránsito aéreo. Al hacer esto, es obvio que se necesitará y se utilizará una mayor automatización. El desafío consiste en elaborar un sistema basado en los principios de la automatización concebida en función del ser humano, la cual tiene en cuenta las posibilidades y las limitaciones humanas y, en resumen, propone que:

- **Los seres humanos deben estar al mando de las operaciones de vuelo y de tránsito aéreo**. La automatización puede ayudar proporcionando una gama de opciones de organización.

- **Los operadores humanos deben continuar participando**. La automatización puede ayudar proporcionando una mejor y más oportuna información.

- **Los operadores humanos deben estar mejor informados**. La automatización puede ayudar proporcionando explicaciones de sus acciones e intenciones.

- **Los operadores humanos deben hacer un mejor trabajo en la previsión de los problemas** . La automatización puede ayudar supervisando las tendencias, formulando previsiones y proporcionando apoyo para las decisiones.

- **Los operadores humanos deben entender la automatización que se les proporciona**. Los proyectistas pueden ayudar diseñando una automatización que sea más sencilla y más intuitiva.

- **Los operadores humanos debe n administrar todos sus recursos eficazmente**. Si ha sido proyectada y utilizada debidamente, la automatización puede constituir su recurso más útil.

3.6.11 Todos los conceptos que se han presentado en este capítulo van más allá de la teoría; pueden utilizarse de manera muy práctica. La meta es influir en el diseño de los sistemas ser humano-máquina de manera que se tengan en cuenta las posibilidades y limitaciones del ser humano desde las etapas iniciales

del proceso de diseño y se verifiquen en el diseño definitivo. Un diseño que tenga en cuenta esas cuestiones dará por resultado un sistema que mejora la seguridad, la productividad y la satisfacción en el trabajo. La profesión de los especialistas en factores humanos puede proporcionar proyectistas de sistemas que poseen toda la competencia necesaria y los conocimientos prácticos para incorporar estos principios durante el proceso de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

Bainbridge, L.. Ironies of Automation. En *Analysis, Design, and Evaluation of Man-machine Systems, Proceedings of the IFAC/IFIP/FFORS//EA Conference*, G. Johannsen & J.E. Rijnsdorp (eds.), (págs. 129-135). Pergamon Press; Nueva York (1982).

Billings, C.E. Human-centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines. *NASA Technical Memorandum 103885*. National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. (1991).

Billings, C.E. Toward a Human-centered Automation Philosophy. Proceedings of the Fifth International *Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, Ohio(1989).

Cello. J.C. Controller Perspective of AERA 2. *MITRE Corporation Report MP-88W00015.* Maclean, Virginia (1990).

Clegg, C., S. Ravden, M. Corbett & G. Johnson. Allocating Functions in Computer Integrated Manufacturing: A Review and New Method. *Behaviour and Information Technology*, Vol. 8, Núm.3, págs. 175-190 (1989).

Davis, B. Costly bugs: As Complexity Rises Tiny Flaws in Sofware Pose a Growing Threat. Wall Street Journal (1987).

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Too Much, Too Soon: Information Overload. *Spectrum*, junio de 1987, pags. 5 1-55, Nueva York.

Isaac, A.R. Mental Imagery in Air Traffic Control. *The Journal of Air Traffic Control*, Vol.34, Núm. 1, pags.22-25 (1999).

Lane, N.E. Evaluating the Cost Effectiveness of Human Factors Engineering. *Institute for Defence Analysis Contrac MDA 903 '84 C 0031*. Essex Corporation. Orlando, Florida (1987).

Margulies, F. & H. Zemanek. Man's Role in Man-machine Systems. En Analysis. *Design, and Evaluation of Man-machine Systems. Proceedings of the IFAC/IFlP/FFORS/EA Conference.* G. Johannsen & J.E. Rijnsdorp (eds.). Pergamon Press, Nueva Y ark (1982).

OACI. Documento 9583—*Informe de la décima conferencia de navegación aérea*, Montreal (1991).

Orlady, H.W. Advanced Technology Aircraft Safety Issues. *Battelle ASRS Office unpublished report.* Mountain View, California (1989).

Palmer, E., C.M. Mitchell & T. Govindaraj. Human-centered Automation in the Cockpit: Some Design Tenets and Related Research Projects. *ACM SIGCHI Workshop on Computer- Human Interaction in Aerospace Systems*. Washington, D.C. (1990).

Patterson, W.P. The Costs of Complexity. Industry Week, 6 de junio de 1988, pág,s. 63-68.

Perrow, C. *Normal Accidents: Living with High-risk Technologies*. Basic Books, Inc., Nueva York (1984).

Pfeiffer, J. The Secret of Life at the Limits: Cogs Become Big Wheels. Smithsonian, Vol.27, Núm. 4, págs. 38-48 (1989).

Price, H.E. The Allocation of Functions in Systems. Human Factors, Vol. 27, No. l (1985).

Price, H.E. Conceptual System Design and the Human Role. *MANPRlNT*. Harold R. Booher (ed.), Van Nostrand Reinhold, Nueva York (1990).

Reason, J. *Human Error*. Cambridge University Press, Reino Unido (1990).

Schwalm, H.D. & M.G. Samet. Hypermedia: Are We in for Future Shock'? *Human Factors* Bulletin, Vol. 32, Num. 6 (1989).

Wiener, E.L. Management of Human Error by Design. *Human Error Avoidance Techniques* Conference Proceedings. Society of Automative Engineers, Inc. (1988).

Wiener, E.L. *Human Factors of Advanced Technology* (Glass Cockpit') Transport Aircraft. NASA Contractor Report 177528. National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. (1989).

Wiener, E.L. Fallible Humans and Vulnerable Systems: Lessons Learned from Aviation. *Information Systems*: *Failure Analysis*, Wise, J.A. & A. Debons (eds.). NATO ASI Series, Vol. F-32, Springer-Verlag, Berlin (1987).

Wiener, E.L. y R.E. Curry. Flight-deck Automation: Promises and Problems. *NASA TM 81206*. Moffett Field, California (1980).

Zuboff, S. In the Age of the Smart Machine. Basic Books, Inc., Nueva York (1988).

CAPÍTULO 4
ERGONOMÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

La ergonomía se ha utilizado en el diseño de herramientas, aunque fuera de manera elemental, desde los inicios de la civilización. En la aviación, los esfuerzos desplegados durante las primeras etapas de su desarrollo, e incluso después durante muchos años, se centraron en la elaboración de algunos principios de carácter general que sirvieron de orientación para el diseño de las pantallas (presentaciones visuales) y mandos del puesto de pilotaje. Más adelante, estas tareas se ampliaron a fin de incluir análisis experimentales sobre el diseño y disposición del equipo, y se hicieron asimismo análisis de las exigencias y cargo de trabajo que el equipo y las tareas requerían del operador humano. En los métodos de diseño de hoy en día ya se tienen en cuenta las características del usuario (capacidad, limitaciones y necesidades) durante las primeras etapas del proceso de desarrollo de los sistemas, y los aspectos de ingeniería están subordinados en general a dichas características. Los términos "fácil para el usuario" y tolerante de errores" que se emplean para referirse a los equipos modernos constituyen una indicación del propósito inherente a dichos métodos.

4.1.2 No se puede negar que se han realizado progresos tecnológicos y que dichos progresos han mejorado la seguridad de vuelo, pero la experiencia operacional demuestra que los errores humanos todavía se producen en gran medida debido a las deficiencias en el diseño del equipo o en los procedimientos empleados para operar dicho equipo. Solamente se conseguirá mejorar todavía más la seguridad si al diseñar los sistemas se toman en consideración los elementos apropiados relativos a los factores humanos. Seria engañoso, no obstante, proponer que el único modo de lograr la seguridad del sistema reside en el mejoramiento del diseño; como lo propugna el Capítulo 2, para lograr seguridad en la aviación se requiere además utilizar un enfoque que se base en el método de sistemas.

4.1.3 Este capítulo se ocupa de los temas relativos a los factores humanos que atañen a la interfaz entre personas y máquinas en la aviación. Se ha considerado en general que esta interfaz consistía en presentar soluciones simples mediante botones, palancas y diales" a los problemas de factores humanos. En algunos casos se trataba de encontrar la solución consultando" la tabla apropiada, pero entender el modo de resolver los problemas de factores humanos en la interfaz persona-máquina dentro del sistema de la aviación requiere algo más que aprender a mirar y consultar tablas, especialmente porque esas soluciones simples acaso no sean válidas para todas las situaciones.

4.1.4 El propósito de este capítulo es hacer a todos más conscientes de que la ergonomía influye y de manera muy generalizada en la seguridad de la aviación. Se pretende proporcionar los conocimientos básicos y las fuentes de información que permitan al lector recurrir a la pericia apropiada cuando la precise. Se pretende también transmitir en un lenguaje simple la información más actualizada de que disponen los Estados al respecto y fomentar que se utilicen los medios docentes y de instrucción disponibles.

Este capítulo:

- presenta los hechos básicos sobre ergonomía, incluso las diferencias que cabe anotar entre ergonomía y factores humanos;

- examina las capacidades humanas que deberían tenerse en cuenta al diseñar el equipo:
- examina el diseño de las pantallas (presentaciones visuales) y mandos. y el modo de proceder a su integración en el puesto de pilotaje;

- examina los casos de estrés ambiental que tienen relevancia para la ergonomía.

4.2 HECHOS BÁSICOS SOBRE ERGONOMIA

Introducción

4.2.1 Aunque en muchos países los términos *ergonomía* y *factores humanos* se utilizan indistintamente, existe entre ambos términos una pequeña diferencia en cuanto al aspecto que se hace resaltar. El término factores humanos ha adquirido un significado más amplio, incluyéndose en su significado ciertos aspectos de la performance de las personas y de las interfaces entre sistemas que por lo general no se tienen en cuenta al hablar de temas de ergonomía. El Capítulo 1 propone que los dos términos se consideren sinónimos, a fin de no entrar en discusiones de carácter académico o semántico y también para no dar lugar a confusiones; sin embargo, también se indica en dicho compendio que el término ergonomía se emplea en muchos Estados para referirse estrictamente al estudio de los aspectos relativos al diseño del sistema ser humano-máquina (persona-máquina). Considerada desde esta perspectiva la ergonomía es el estudio de los principios de interacción entre personas y equipos a efectos de aplicar dichos principios al diseño. La ergonomía estudia los atributos humanos para determinar cuáles son los requisitos en materia de equipo y soporte lógico que dimanan de las características de las actividades involucradas. La ergonomía trata de solucionar el problema que plantea adaptar la tecnología y las condiciones de trabajo al ser humano. A lo largo de todo este capítulo se sigue el concepto que se acaba de mencionar al hacer referencia a la ergonomía y, por lo tanto, se diferencia claramente del concepto factores humanos.

Enfoque sistémico de la seguridad

4.2.2 La seguridad en la aviación y su logro mediante el diseño puede alcanzarse mejor si se sigue una estrategia sistémica. El método sistémico es un modo de descomponer el "mundo real" en sus componentes identificables y ver cómo interactúan y se integran. La interfaz elemento humano-equipo del modelo SHEL, que fue presentado en el Capítulo 1, puede considerarse como un sistema ser *humano-máquina*, constituido por personas y máquinas que interactúan en un ambiente para lograr una serie de objetivos del sistema. La ergonomía tratara de optimizar la interacción entre personas y máquinas dentro del sistema (la interfaz L-H), al mismo tiempo que se tienen en cuenta las características de todos los componentes del sistema (por ejemplo, el ambiente y también el soporte lógico).

4.2.3 Una representación simplificada del sistema persona-máquina aparece en la Figura 4-1. El componente máquina está a la derecha. Las presentaciones (por ejemplo, visuales y auditivas) informan al ser humano de cuál es la situación en que se encuentra el sistema interno o de cuáles son las condiciones externas al sistema, mientras que los mandos permiten que el ser humano efectúe cambios en la situación del sistema. El *componente ser humano* del sistema aparece a la izquierda de la Figura 4-1. La información presentada debe percibirla y procesarla el ser humano y, seguidamente, cabe tomar decisiones conscientes. Asimismo cabe efectuar respuestas motoras para modificar los ajustes de los mandos. La línea de la Figura 4-1 que separa la máquina y el ser humano representa la *interfaz ser humano-máquina.* La información viaja por esta interfaz en ambas direcciones; la ergonomía se preocupa mayormente de que la información pase a través de esta interfaz y el ergonomista debe asegurarse de que las presentaciones visuales y los mandos son compatibles con la capacidad del ser humano y con las tareas requeridas.

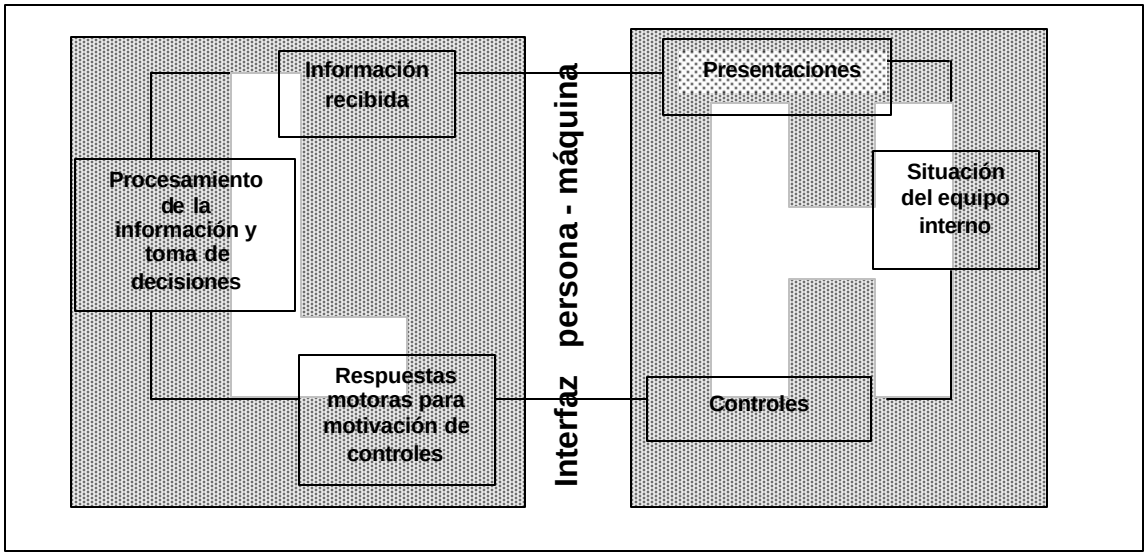


Figura 4-1. Representación de un sistema persona-máquina
(adaptado de Meister, 1979)

4.2.4 los objetivos del sistema deben definirse antes de que puedan establecerse las especificaciones y el diseño del sistema persona-máquina. Esos objetivos, unido a las restricciones operacionales que se hayan identificado, indican cuáles son l as condiciones en que funcionará el sistema persona-máquina. Si se procede a la operación del sistema fuera de esta serie de condiciones acaso se produzcan situaciones poco seguras.

4.2.5 Otra tarea importante del ergonomista consiste en la asignación de funciones y tareas a los componentes del sistema ser humano y máquina. El equipo de diseño del sistema (incluido el ergonomista) decide qué funciones deberían asignarse al equipo, al soporte lógico y al ser humano, basándose en consideraciones tales como las características de las personas, las tareas requeridas, la carga de trabajo, los costos, las necesidades en materia de instrucción, y las tecnologías disponibles. Si las funciones se asignan de manera inapropiada acaso se ponga en peligro la efectividad y la seguridad del sistema. La tendencia que existe a hacer comparaciones entre el ser humano y la maquina, en términos de funciones que los seres humanos pueden realizar mejor que las máquinas y aquellas funciones en que las maquinas son superiores a los seres humanos, no debería dar lugar a un enfoque simplista en materia de asignación total de ciertas funciones al ser humano o a la máquina. Los seres humanos y las máquinas deberían ser *elementos complementarios* a efectos de realizar las tareas. Por otra parte, dicha complementariedad debería estar concebida con la flexibilidad adecuada para que la asignación de funciones pueda adaptarse a las diversas situaciones operacionales (desde vuelos ordinarios hasta emergencias).

4.2.6 El ergonomista debe proceder sistemáticamente, a fin de lograr los objetivos que se desea obtener del sistema. A continuación hay una serie de ejemplos que, en forma de pregunta, ilustran el modo en que el ergonomista puede proceder al diseñar los sistemas, a saber:

- ¿Qué elementos de entrada (insumos) y de salida (productos) deben proporcionarse para alcanzar los objetivos del sistema?
- ¿Qué operaciones es preciso realizar para producir los elementos de salida del sistema?

- ¿Qué funciones debería efectuar la persona en el sistema?

- ¿Qué requisitos en materia de instrucción y pericia deben cumplir los operadores humanos?
- ¿Hay compatibilidad entre las tareas exigidas por el sistema y la capacidad humana?
- ¿Qué interfaces de equipo necesita el ser humano para desempeñar su trabajo?
- Un sistema diseñado sin tener debidamente en cuenta estas cuestiones puede terminar pareciéndose a la Figura 4-2.

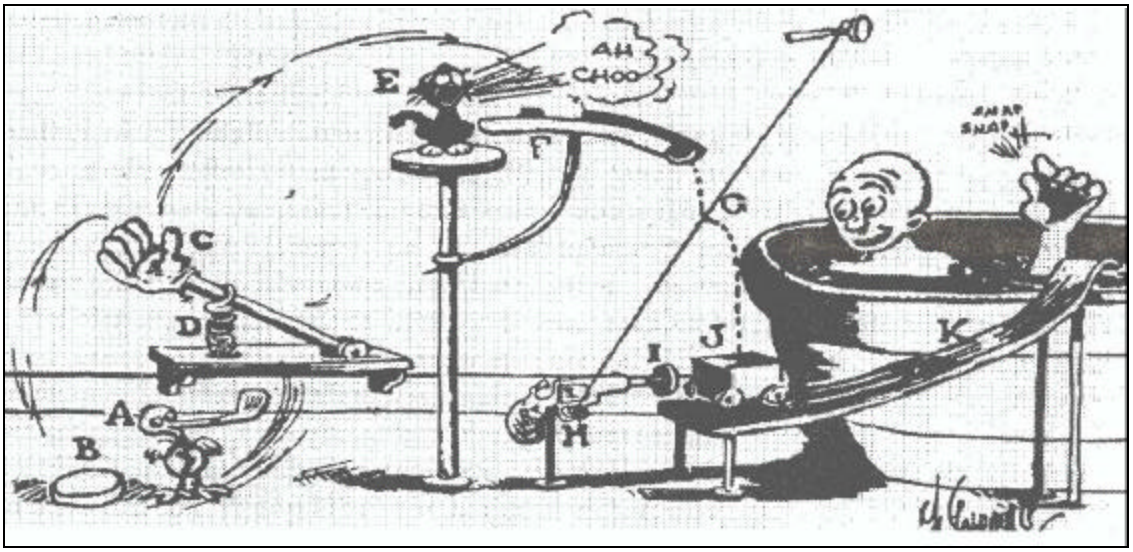


Figura 4-2. Si el jabón se cae de la bañera, éste el el modo de recuperarlo
(adaptado de *Los mejores chistes de Rube golberg*, recopilado por Charles Séller, Prentice-hall, 1979)

Control de los errores humanos

4.2.7 El error humano es un problema muy complejo.Esta expresión debe emplearse no obstante con buen juicio, ya que se puede percibir como indicativa de culpa. Además la palabra "error" implica que ha habido una desviación con respecto a lo que constituye un comportamiento correcto o apropiado definible. De hecho, a menudo es difícil definir lo que constituye comportamiento apropiado y el error humano se está postulando cada vez como un síntoma de las deficiencias inherentes al diseño del equipo o del desempeño de los sistemas más bien que una causa en sí misma. A pesar de estas salvedades, el error humano sigue siendo un concepto importante para comprender la naturaleza de los factores que repercuten en el comportamiento humano, y existen varias clasificaciones de errores humanos que han sido propuestas por distintos autores.

4.2.8 Con miras a minimizar el error humano, uno debe primero comprender su naturaleza. Hay conceptos básicos relacionados con la naturaleza del error humano: *los orígenes de los errores y su frecuencia pueden ser fundamentalmente diferentes; y las consecuencias de los errores también pueden ser notablemente diferentes.* Aunque ciertos errores pueden deberse al descuido, a la negligencia o a poco discernimiento, muchos errores vienen provocados por el mal diseño de los equipos o pueden ocurrir a raíz de reacciones normales que una persona tiene cuando se produce una situación de estrés. Los errores provocados por el mal diseño de los equipos o por situaciones de estrés probablemente se repetirán y cabe corregirlos mediante la ergonomía.

4.2.9 Cada una de las interfaces del modelo SHEL tiene posibilidades de errores cuando hay un mal apareamiento entre los componentes. Por ejemplo:

- La interfaz *elemento humano-equipo* es una fuente frecuente de errores: si los botones y las palancas están mal colocados o sus códigos no son apropiados, se produce un mal apareamiento en esta interfaz.

- En la interfaz *elemento humano-soporte lógico* pueden producirse retrasos y errores cuando se trata de obtener información vital a partir de documentos y cartas que dan lugar a confusiones, que son engañosas o que están excesivamente atestadas de información. También se pueden producir problemas relacionados con la presentación de la información y con el diseño del soporte lógico de computadora.

- Los errores relativos a la interfaz *elemento humano--ambiente* están ocasionados por factores ambientales tales como el ruido, el calor, la luz, la calidad del aire, y las vibraciones, así como por la perturbación de los ritmos biológicos.

- En la interfaz *elemento humano-elemento humano* el tema se centra en la interacción entre personas porque eso puede repercutir en la efectividad de la tripulación y del sistema. Esta interacción también incluye los aspectos de liderazgo y de mando, y las deficiencias que pueden reducir la eficacia operacional y pueden provocar malos entendidos y errores.

Todo aquello que permite evitar errores de este tipo es objeto de estudio por parte de la ergonomía.

4.2.10 El control del error humano requiere dos métodos distintos, a saber: en primer lugar, es conveniente *minimizar el número de errores* (la eliminación total del error humano no es un objetivo realista. Ya que los errores forman parte normal del comportamiento humano). Por ejemplo, se pueden reducir los errores si se logra un elevado nivel de competencia del personal; si los mandos y pantallas se diseñan de manera que se ajusten a las características del ser humano; si se proporcionan las listas de verificación, los procedimientos, los manuales, los mapas y las cartas adecuadas; si se controlan los ruidos, las vibraciones, las temperaturas extremas y otras condiciones de estrés; y si se proporcionan programas de instrucción y de información destinados a aumentar la cooperación y la comunicación entre los miembros de la tripulación. En segundo lugar, existe el método de controlar el error humano tratando de *minimizar el impacto o las consecuencias de los errores* mediante la utilización de enfoques que promuevan la seguridad, tales como verificaciones mutuas, cooperación entre la tripulación, y diseños de equipo a prueba de falla.

4.3 CAPACIDAD HUMANA

El sistema visual

4.3 1 El sistema visual (es decir los ojos y el sistema nervioso conexo) se considera generalmente como el sistema sensorial más importante a través del cual el ser humano adquiere información de fuentes externas. No trataremos aquí de discutir la anatomía del sistema visual, ya que esta descrito en muchos textos corrientes. Haremos más bien hincapié en el sistema visual en funciones de trabajo, lo que puede y lo que no puede hacer. La performance visual depende de varios factores: algunos de ellos son internos al sistema visual (por ejemplo, la agudeza visual, el ajuste y la convergencia, la adaptación a la luz y a la oscuridad, la percepción de los colores, etc.), mientras que otros factores son externos e incluyen variables tales como características de la tarea, del objetivo y del medio ambiente (por ejemplo, intensidad de la luz, contraste, tamaño, ubicación, movimiento y color). Todos estos factores interactúan entre si para determinar la agudeza y velocidad de la performance visual humano. Si se entienden bien estos factores humanos y del sistema, el ergonomista podrá predecir y optimizar la performance del sistema en condiciones operacionales diversas.

4.3.2 Conviene separar las funciones visuales en sus tres componentes sensoriales: la luz, la forma y el color. El ojo puede funcionar con una amplia gama de intensidades luminosas, desde la débil luz de una estrella hasta una luna llena o un sol brillante. El ojo necesita tiempo para ajustarse a diversos niveles de intensidad luminosa debido a que el mecanismo es un proceso fotoquímico. Al adaptarse de la oscuridad a la claridad el ojo se ajusta rápidamente, mientras que el proceso inverso es más lento. La adaptación entraña tres procesos. Primero, la cantidad de luz que puede entrar en el ojo (y alcanzar así la retina) esta regulada por el tamaño de la pupila; éste aumenta cuando la persona trata de ver en la oscuridad y disminuye cuando hay una luz brillante. Segundo, se produce un proceso fotoquímico cuando cambia la intensidad de la luz. Tercero, hay dos mecanismos que funcionan a diferentes niveles de intensidad luminosa; la visión que proporcionan los bastoncillos, basada en la función de estos receptores periféricos de la luz en la retina, actúa desde el nivel mínimo hasta el del claro de luna; la agudeza visual en cuanto a las formas es pobre y no pueden distinguirse los colores. A partir de la claridad matinal, la visión que proporcionan los conos, o sea los receptores centrales de luz en la retina, la agudeza visual en cuanto a las formas y los colores resulta buena. En la etapa de transición, que corresponde aproximadamente al plenilunio, tanto los bastoncillos como los conos están funcionando. Otra característica importante de la visión proporcionada por los bastoncillos y los conos es su diferente sensibilidad espectral fácilmente observable en el crepúsculo cuando los colores rojizos se hacen oscuros antes del cambio de otros colores, debido a la relativa insensibilidad de los bastoncillos a la luz roja. Un resultado de este doble mecanismo de percepción de la luz es que para detectar las luces tenues, uno tiene que mirar fuera del centro. Tratar de proteger la visión nocturna preservando la adaptación de los bastoncillos (iluminación del puesto de pilotaje con luz roja) es ilusorio en cierto grado dado que muy pocas tareas de vuelo pueden efectuarse con la visión que aportan los bastoncillos.

En noviembre de 1979, un DC-10 que efectuaba un vuelo de visita turística a la Antártida se estrello contra la vertiente de un volcán de 12 000 ft de altura (unos 4 000 m). El avión había descendido por debajo de la capa de nubes hasta situarse en 6 000 ft (unos 2 000 m) a fin de que los pasajeros tuvieran una buena vista de los bancos de hielo. A causa de que eran incorrectas las coordenadas de navegación introducidas en el sistema de navegación inercial (INS), la aeronave se desvío 25 millas (unos 40 km) de la derrota correcta; por su parte, la tripulación no vio las vertientes del volcán en unas condiciones de visibilidad de 70 km. Un examen detallado de los efectos que las referencias visuales visibles e invisibles pueden tener en la percepción visual, y la ilusión que produce el fenómeno de velo blanco en un determinado sector, acaso permitan explicar por qué la tripulación no vio el obstáculo

Fuente: Resumen ADREP 80/1 de la OACI.

4.3.3 La agudeza visual es la capacidad con que cuenta el sistema visual para resolver los detalles. Puede expresarse de distintas maneras; corrientemente se expresa en términos de la letra de menor tamaño que puede leer un individuo en el cuadro o escala de Snellen (escala de optotipos) a una distancia de 20 ft 6 metros), en comparación con la distancia a la que una persona normal" puede leer esa misma letra. Así pues. si por ejemplo 20/20 es la visión normal, 20/40 significa que el individuo puede leer únicamente a una distancia de 20 ft (6 m) lo que una persona normal leerá a una distancia de 40 ft (12 m). Hay otros factores que afectan la agudeza visual, tales como el brillo absoluto, el contraste de brillo, el tiempo que se ha contemplado el objeto, el movimiento y el deslumbramiento.

4.3.4 Para ver un objeto de manera nítida, el ojo debe enfocarlo. Al enfocar objetos situados entre el infinito y 5 a 6 metros, el ojo normal no cambia pero cuando enfoca objetos a distancia más corta (menos de 5 metros), suceden dos cosas: los ojos se adaptan (o sea, ajustan su estado de refracción de manera de corresponder a la distancia del objeto) y los globos de los ojos se mueven de modo que los ejes visuales de los dos ojos estén en convergencia con el objeto. Cuando las pistas visuales son tenues o inexistentes (p. ej., un espacio vacío), los músculos que controlan la adaptación y la convergencia se ajustan a la distancia de un metro ("miopía del espacio vacío"). Este hecho afectará notablemente la performance visual en

todos aquellos casos en que la persona trate de distinguir objetos distantes cuando las referencias visuales son débiles, como ocurre al tratar de ver desde el puesto de pilotaje dónde se encuentran las aeronaves notificadas en las informaciones sobre tránsito aéreo.

4.3.5 La orientación especial entraña tanto la función visual como el aparato vestibular ("órgano del equilibrio") del oído interno. La propriocepción también desempeña un papel pero es menos importante y se ve influenciada igualmente por la experiencia anterior. En la Figura 4-3 se presenta un modelo simplificado de esta actividad.

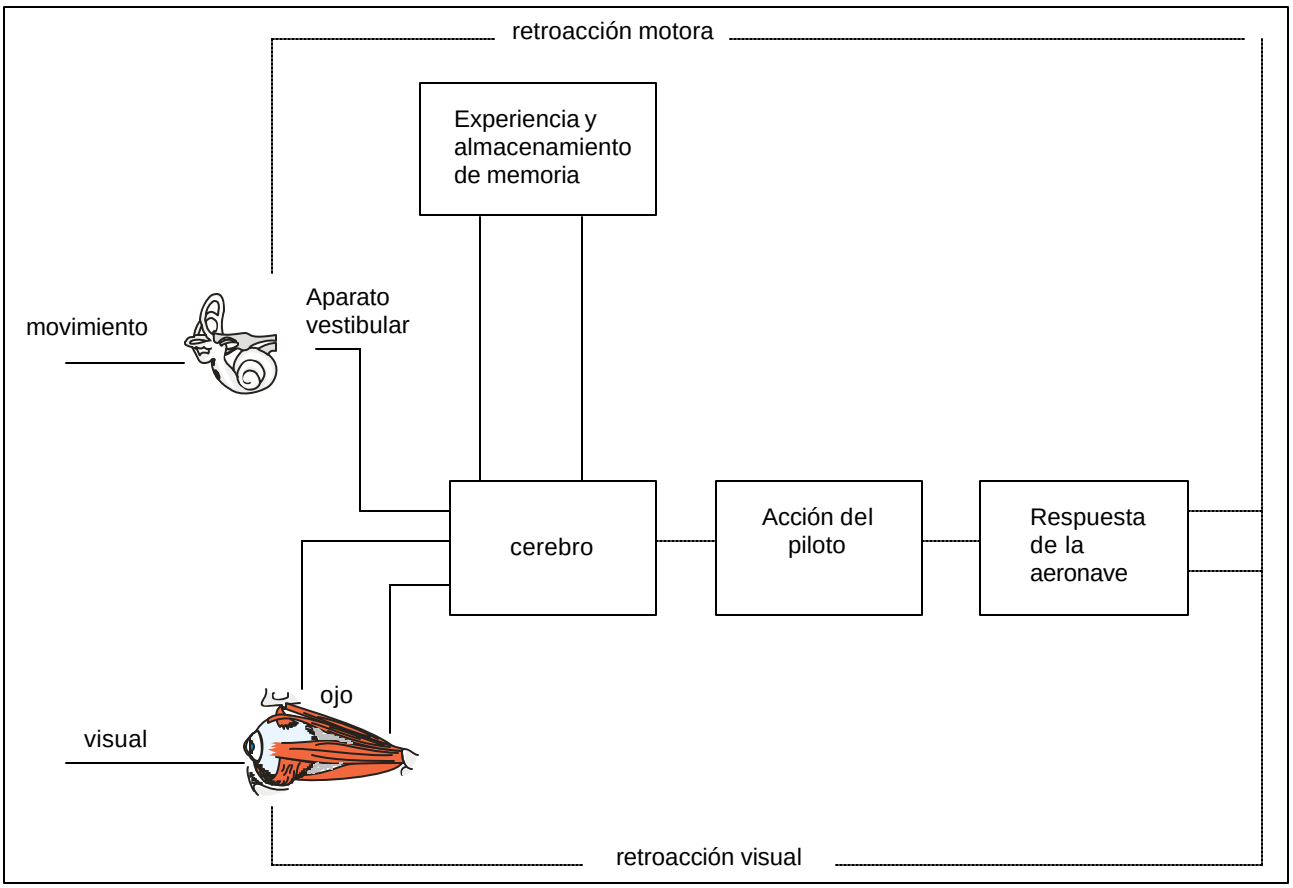


Figura 4-3. Modelo simplificado que ilustra algunos de los componentes involucrados en la percepción visual (adaptado de Hawkins, 1987)

En junio de 1988, un Airbus A320 se estrelló durante un vuelo en Mulhouse-Habsheim, Francia. En el informe de la Comisión investigadora se incluyen las siguientes observaciones sobre el tema de un posible error de percepción visual: "EI [comandante] estaba acostumbrado a utilizar pistas de 2 000 a 3000 m de longitud, dotadas de torres de control de unos 100 ft (33 m) de altura, pero en este caso se trataba de una pista de césped de 800 m de largo que contaba con una torre de 40 ft (unos 15 m) de altura; el efecto de escala puede haber creado una impresión falsa." En el informe también se menciona que la actitud muy elevada de encabritamiento, dado el ángulo de ataque máximo de aproximación, habría puesto el nivel de los ojos del piloto en una posición particularmente elevada en comparación con el resto del avión. El primer impacto sobre los arboles se produjo con la parte posterior del fuselaje.

Fuente: Resumen ADREP 88/3 de la OACI.

4.3.6 Los ojos transmiten habitualmente la información percibida con bastante fidelidad. Sin embargo, puede haber ambigüedades e incertidumbres, cuando esta información percibida es procesada por el cerebro y se combina con factores emocionales, con el aprendizaje y con las experiencias pasadas.

4.3.7 La falta de respuesta a un estimulo visual, incluso cuando haya sido percibido claramente puede deberse a la fascinación (concentración de la atención). En este caso, el piloto se concentra en un instrumento de vuelo—por ejemplo, el sistema director de vuelo—y desatiende otras informaciones importantes ante las cuales debería reaccionar. La fascinación se produce no sólo en condiciones de mucho recargo de trabajo sino también cuando este es poco y predomina el tedio.

Un avión de Havilland DHC6-300 Twin Otter, que transportaba una perforadora de diamante con su tripulación, se acercaba para efectuar el aterrizaje en un esker de 700 ft (unos 250 m) de longitud (un esker es una cresta geológica, glacial similar a un banco de arena) en las proximidades del lago Concesión situado en Yellowknife, Canadá. Pero la aeronave hizo la toma de contacto en una barranca situada a 65 ft (unos 20 m) antes del lugar de aterrizaje. El piloto nunca había aterrizado anteriormente en el esker en cuestión y procedió a efectuar una aproximación plana sin darse cuenta de que había una pendiente ascensional de 8°.

Fuente: Resumen ADREP 89/381 de la OACI

4.3.8 ***Ilusiones visuales*** de uno u otro tipo han sido experimentadas por todos los miembros de la tripulación en el puesto de pilotaje. Durante muchos años, los fisiólogos y sicólogos han propuesto distintas teorías para explicarlas y se puede consultar tales estudios y buscar información general sobre las ilusiones visuales en la aviación en otras publicaciones. Por lo que respecta a este capítulo, basta con resaltar la vulnerabilidad humana a esos fenómenos.

Un avión Cessna Citation efectuaba el descenso desde el FL330 para realizar un aterrizaje visual por la noche en Stomoway, Reino Unido, en diciembre de 1983. La aeronave estaba siendo observada en la pantalla radar donde se comprobó que continuó el descenso hasta el nivel del mar, en cuyo momento la traza radar desapareció cuando se encontraba a 10 minutos del punto de destino del avión. Era una noche muy oscura y había una capa de nubes de tipo estratos entre 1 000 y 3 000 ft (entre 330 y 1 000 m). Los registros radar indican que, a unos 3 000 ft (1 000 m), el piloto redujo la velocidad de aproximación, bajó los flaps y el tren de aterrizaje y descendió muy rápidamente. Todos los ocupantes murieron ahogados, lo que indica que hubo un impacto no violento con el mar. No se encontró ninguna prueba en los restos parcialmente recuperados del avión que señalaran falla del motor o de la célula. El hecho de que se efectuara la aproximación sobre un mar oscuro y en dirección a una zona iluminada contribuyó a crear condiciones conducentes a las ilusiones visuales.

fuente: Resumen ADREP 85/1 de la OACI.

Los sistemas vocal y auditivo

4.3.9 El ***sistema vocal*** produce el habla, que es el resultado de la interacción de varios de sus componentes. Voces distintas utilizan distintas gamas de tonos y frecuencias, y aunque hay muchos modos de deformar el habla, siempre que el patrón de frecuencia se mantenga intacto, el habla será inteligible. El ***sistema auditivo*** percibe las señales sonoras y el habla, y las transmite al cerebro para su procesamiento. El oído externo esta formado por el pabellón u oreja, el conducto auditivo y el tímpano. El oído medio tiene tres pequeños huesos denominados huesillos, que transmiten los sonidos del exterior hacia el oído interno El oído medio está conectado con la nariz y con la garganta: al tragar, bostezar o estornudar, la presión que existe en el oído medio se iguala con la presión del exterior. El oído interno contiene el aparato vestibular cuyas funciones son, entre otras, mantener el equilibrio y proporcionar al cerebro la información relativa a los movimientos de aceleración y cambios de posición.

4.3.10 Las deficiencias en la capacidad auditiva pueden ser el resultado de que haya bloqueo en las conexiones entre el oído medio y la boca nariz (por ejemplo, debido a un simple resfriado). Esas deficiencias también pueden deberse a que se hayan depositado en los huesillos nuevos materiales óseos o de calcio, o acaso pueden deberse a infecciones del oído medio con la consiguiente acumulación de liquido que amortigua el movimiento de los componentes sonotransmisores. Si se está expuesto durante largo tiempo a ruidos intensos (como por ejemplo el ruido de ciertas maquinarias o de los motores de las aeronaves), se pueden dañar permanentemente los nervios del oído interno. Ciertas enfermedades tales como tumores en el cerebro y ataques apopléticos pueden interferir en el funcionamiento de aquella región del cerebro que esta vinculada con la capacidad auditiva y por ultimo cabe decir que la capacidad auditiva generalmente se deteriora con la edad.

4.3.11 Hay cuatro características primarias en el sonido del habla, a saber: intensidad, que se mide en decibeles (dB) y que produce la sensación de sonoridad; *frecuencia*, que se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo y produce la sensación de tonalidad; *composición armónica*, que se refiere a la calidad del habla; y *factor tiempo*, que refleja la velocidad con que se pronuncian las palabras, la longitud de las pausas, y la longitud de los distintos sonidos.

"Cuando llego a mi trabajo, monto en un helicóptero (que vale unos tres millones de libras—seis millones de dólares) y tengo que soportar un nivel de ruido espantoso, incluso si se considera que utilizo un buen casco y tapones para los oídos; niveles de vibraciones muy exasperantes; un asiento extremadamente incómodo; y una calefacción en el puesto de pilotaje que o bien funciona al máximo o no funciona en absoluto, etc., etc. La lista podría continuar. ¿Por qué se ha permitido que se llegara a esta situación ¿cómo se puede resolver?....

Fuente: CHIRP feedback núm. 10, abril de 1986 [Feedback es el boletín que publica periódicamente la CAA del Reino Unido en relación con los informes confidenciales sobre incidentes atinentes a los factores humanos (CHIRP)].

4.3.12 ***Ruido*** es todo sonido no deseado o un sonido que no tiene ninguna relación con la tarea que se está efectuando. El ruido puede interferir con las comunicaciones orales, molestar al que escucha o afectar a la realización de la tarea, y puede tener repercusiones en materia de salud. La relación que existe entre la sonoridad de un sonido "deseado" y el ruido de fondo se denomina *relación señal a ruido* que es un factor más importante que el nivel absoluto de la señal o del ruido a efectos de determinar la inteligibilidad. El ruido como elemento de estrés ambiental se discute más adelante en este capítulo.

...Hacia el final de esta transmisión (el permiso ATC), el registrador de la voz en el puesto de pilotaje (CVR) indicaba que el comandante había exclamado "si". Unos cinco segundos después, mientras el primer oficial encargado de las operaciones de vuelo todavía estaba repitiendo el permiso ATC, el dijo "Salimos—verificación de empuje..." seguido del sonido de los motores aumentando de revoluciones.

El CVR indicaba que la última parte de la repetición efectuada por el primer oficial se hacía más rápidamente y con menor claridad. Este terminó su repetición del permiso con las palabras: "Estamos ahora—mm...—despegando", o una explosión similar.

El controlador dijo entonces: "De acuerdo (pausa), manténgase a la espera para el despegue, le llamaré". En el CVR del avión de KLM, la parte de la transmisión que sigue a la palabra "de acuerdo" estaba enmascarada por un chillido muy fuerte y el tono de la voz del controlador estaba algo distorsionado, aunque era inteligible.

En el "Jumbo" 1736 de la línea aérea Pan Am (en inglés y en la jerga aeronáutica se utiliza también la palabra "clipper" para designar un avión de gran tamaño), al oír que el primer oficial de KLM notificaba que están

"despegando", y que el controlador decía "de acuerdo" y efectuaba una pausa, el primer oficial de Pan Am transmito: "Nosotros todavía estamos efectuando el rodaje por la misma pista- aquí Jumbo1736". Fue esta transmisión la que ocasiono el chillido y la distorsión que se oyó en el puesto de pilotaje de KLM y que enmascaró la transmisión del controlador diciendo que esperaran para el despegue. La transmisión de Pan Am quedó totalmente bloqueada por la transmisión que el controlador dirigió a KLM. Sólo se oyeron en la torre de control las palabras "Jumbo 1736". El controlador dijo entonces: "Papá Alfa (por las iniciales PA) 1736, informe si la pista esta libre". Durante estas transmisiones, el avión KLM 4805 (también un Jumbo 747) continuó acelerando en su recorrido de despegue.

En el avión de KLM, el mecánico de a bordo pregunto: "Así pues, ¿la pista no está libre?" y el comandante dijo: "¿qué has dicho?". A lo que el mecánico de a bordo contesto: ¿no ha dejado todavía la pista, el Pan American?. Y ambos, tanto el comandante como el primer oficial, contestaron afirmativamente y casi al mismo tiempo: "Si".

Alrededor de siete segundos después, el primer oficial llamó: "Jumbo 1". Pero tres segundo después, la tripulación del avión holandés veía directamente enfrente el Jumbo 1736 que efectuaba un viraje hacia la derecha del Jumbo de KLM en un último esfuerzo por abandonar la pista. A las 17,06 y 49 segundos hora GMT, el vuelo KLM 4805 chocó con el Jumbo 1736.

Fuente: "Human Factors Report on the Tenerife Accident" (Informe sobre factores humanos relativos al accidente de Tenerife). U.S. ALPA.

4.3 13 La *redundancia* en el lenguaje hablado ayuda a transmitir la información incluso cuando el sonido está distorsionado o rodeado de ruido. Uno de los peligros subyacentes en el caso de la información distorsionada reside en el hecho de que el oyente complete las lagunas de su comprensión recurriendo a su experiencia pasada, a sus conocimientos y a lo que espera escuchar, por lo cual hay riesgos de que se llegue a falsas hipótesis. El *enmascaramiento* es consecuencia de que un componente del sonido (por ejemplo, el ruido no deseado) reduce la sensibilidad del oído respecto a otro componente (por ejemplo, una señal sonora o el habla). Cuanta mayor cantidad de habla se pierde—por distorsión, ruido, deficiencias personales en la capacidad auditiva, etc. — mayores serán los riesgos de que las expectativas respecto a lo que uno espera oír contribuyan a interpretar los mensajes orales, y naturalmente esto puede tener consecuencias desastrosas.

4.3.14 La ergonomía trata de mitigar los efectos adversos producidos por el ruido en la capacidad auditiva y en la inteligibilidad del habla, para lo cual se enfrenta con el problema en la fuente, o en la fase de la transmisión, o en el extremo receptor de la señal, del habla o del ruido.

4.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL SER HUMANO

4.4.1 El ser humano cuenta con un sistema poderoso y amplio para percibir y procesar la información del mundo que le rodea. La percepción y procesamiento de la información puede desglosarse en varias etapas que se presentan de manera general en la Figura 44. La información en forma de estímulos debe percibirla la persona antes de que pueda reaccionar a dicha información. Existen posibilidades de errores porque los sistemas sensoriales solo funcionan dentro de una gama estrecha. Una vez percibidos los estímulos, se transmiten y procesan en el cerebro y se llega a una conclusión respecto a la naturaleza y al significado del mensaje recibido. Esta actividad interpretativa que involucra funciones cerebrales de alto nivel se denomina ***percepción*** y es una gran fuente de errores las expectativas. La experiencia, la actitud, la motivación, y el interés (viveza de la atención) son todos ellos elementos que influyen en la percepción y que pueden asimismo ser causa de errores.

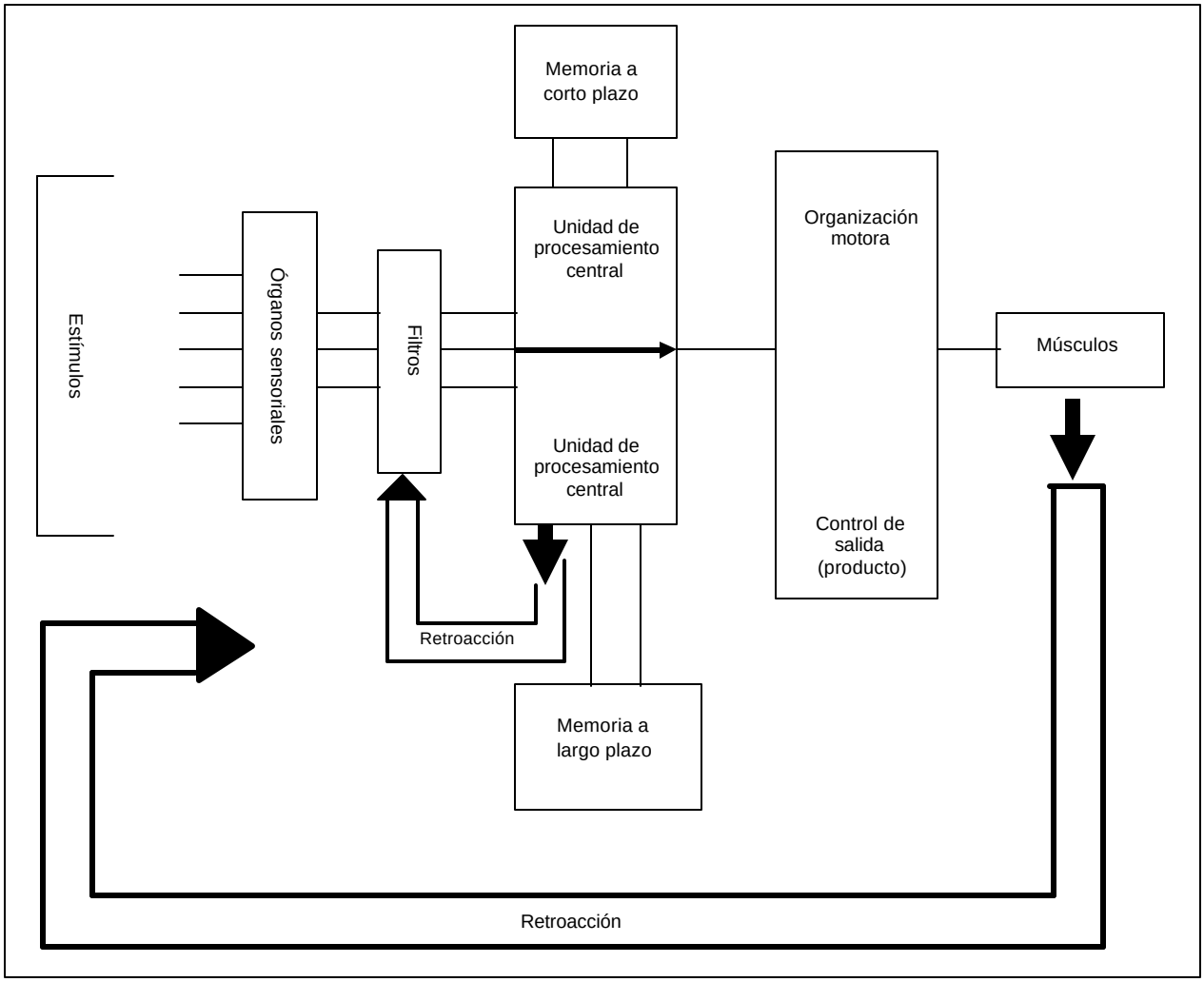


Figura 4-4. Modelo de sistema de procesamiento de la información del ser humano
(adaptado de Hawkins, 1987)

4.4.2 Después de establecidas las conclusiones sobre el significado de los estímulos, empieza la toma de decisiones. También en este caso, muchos factores pueden dar lugar a la adopción de decisiones erróneas, a saber: una formación inadecuada/inapropiada o determinadas experiencias pasadas: ciertas consideraciones de carácter emocional o comercial; la fatiga, la medicación, la motivación y las condiciones físicas o sociológicas. La acción (o la inacción) es fruto de una decisión. Después de pasar a la acción, acaso se cuente con un mecanismo de retroacción para informar a la persona acerca del grado de eficacia de la acción. A todo lo largo de estas dos últimas fases mencionadas existen posibilidades de cometer errores.

4.4.3 La capacidad de recordar es fundamental en el procesamiento de la información por el ser humano; incluso el sistema más simple no puede funcionar sin memoria. Dado que la memoria humana es un recurso limitado, el ergonomista debe tener cuidado para diseñar sistemas que no sobrecarguen dicha memoria. Hay que distinguir entre memoria a corto y largo plazos. La memoria a largo plazo esta relacionada con la retención y con la recuperación de la información durante un largo periodo de tiempo. La instrucción y la formación son medios eficaces para mejorar esas capacidades de retención y recuperación. La memoria a corto plazo posibilita la retención y procesamiento de los datos necesarios para las actividades corrientes. Los datos se olvidan fácilmente después de completadas las actividades.

4.4.4 La duración del almacenamiento de la información es lo que diferencia la memoria a corto plazo de la memoria a largo plazo. La memoria a corto plazo involucra cambios rápidos y continuos en la información y permite la retención y procesamiento a corto plazo de los datos. La memoria a largo plazo involucra secuencias repetidas menos frecuentemente y se caracteriza por el almacenamiento de información a largo plazo. La repetición o los ensayos facilitan el almacenamiento de la información en la memoria a largo plazo.

4.4.5 La memoria a corto plazo tiene una capacidad muy limitada. Se ha determinado que en general se puede retener una pequeña cantidad de información en un momento dado (siete elementos, dos mas o dos menos). Los elementos (símbolos) que se sitúan al principio de la serie y, especialmente, los últimos de la serie se recuerdan mejor. La capacidad del ser humano para distinguir las informaciones visuales tiene limitaciones análogas. Este hecho debería tomarse en cuenta al presentar la información en el puesto de pilotaje.

4.4.6 Las limitaciones arriba mencionadas respecto a la memorización de siete elementos de datos tiene validez cuando se trata de cosas que no tienen relación entre si en el marco de la experiencia de la persona en cuestión. Por ejemplo, el término BAJA PRESIÓN cuenta con once palabras sin relación entre si, pero son en realidad dos grupos en lo que atañe a la memoria a corto plazo. Los elementos de cada grupo se han fundido en una unidad coherente. En todo sistema donde haya que memorizar series de elementos, el ergonomista debe tratar de utilizar el principio de agrupación para mejorar la memoria a corto plazo.

"Aproximación desde el oeste. Control de aproximación dio las siguientes instrucciones: "Notifique las condiciones visuales antes de entrar en la línea de aproximación. Espere el permiso para entrar en el tramo izquierdo a favor del viento de la pista 31, QFE...".

Después de notificar las condiciones visuales se nos dijo que llamáramos a la torre de control. La torre dio las siguientes instrucciones: "Deben entrar en el tramo izquierdo a favor del viento de la pista 13, QFE...". El otro piloto y yo anotamos ambos estas instrucciones cada uno por separado y las repetimos. Habida cuenta del mensaje anterior me dije si debía preguntar de nuevo, pero este ATC es en general bastante bueno por lo que decidí que habría entendido mal la primera instrucción.

"...Cuando nos encontrábamos en los limites del aeropuerto, vimos una aeronave que efectuaba la aproximación final a la pista 31... la torre nos llamó de nuevo con un tono algo airado". "Su permiso es para entrar en el tramo izquierdo a favor del viento de la pista 31..."

"...Se trata de otro clásico error humano que siempre ha existido con las pistas 13/31 desde que se inventó el contra por radio. La transposición o cambio de posición de letras o números es uno de los tipos de errores más comunes en el caso de la memoria a corto plazo..."

Fuente: CHIRP Feedback Núm. 23, febrero de 1991

4.4.7 La atención es un término técnico que tiene dos sentidos distintos. Por una parte se refiere a la capacidad del ser humano de hacer caso omiso de sucesos extraños y centrarse en los acontecimientos que le interesan (atención selectiva). Esto se ejemplifica con el caso de una persona que mantiene una conversación mientras se celebra una fiesta ruidosa. Para decirlo brevemente, consiste en la capacidad de centrarse en una fuente de información mezclada con otras fuentes de estímulos. Por otra parte, también tiene el significado de que el ser humano cuenta con la capacidad de dividir su atención para ocuparse de más de una cosa al mismo tiempo. Por ejemplo, se puede estar hablando con el ATC y al mismo tiempo verificar el tránsito que hay en los alrededores.

4.4.8 No hay una única definición de carga de trabajo mental. Algunos relacionan dicha carga de trabajo con el procesamiento de la información y con la atención, otros la relacionan con el tiempo disponible para efectuar una tarea, mientras que otros la relacionan con el estrés y con el interés (viveza). Las opiniones subjetivas sobre carga de trabajo se pueden recopilar utilizando escalas de clasificación, cuestionarios o entrevistas; con frecuencia se han empleado estos métodos al tratar de definir o medir la carga de trabajo en condiciones operacionales. A medida que la tecnología adelanta en nuestra sociedad, la carga de trabajo mental será más importante que la carga de trabajo físico. Habida cuenta de los modernos sistemas automatizados, los operadores a menudo deben realizar tareas monótonas físicas o mentales poco variadas. Se han hecho considerables esfuerzos para establecer métodos de evaluación de la carga de trabajo mental y describir o predecir cuanta carga mental exige una tarea.

En mayo de 1978, un Boeing 727 se estrelló en la bahía Escambia mientras efectuaba una aproximación con radar de vigilancia al aeropuerto regional de Pensacola. Se culpó a la tripulación de haberse comportado de modo poco profesional al realizar la aproximación no de precisión. Pero también se mencionó al ATC como un factor en el aceleramiento de las actividades realizadas en el puesto de pilotaje después del punto de referencia de aproximación final. El personal NTSB llegó a la conclusión de que la aeronave se encontraba en posición de rumbo de aproximación final "…en una situación que haría imposible que el comandante colocara su aeronave en la configuración especificada en el manual de vuelo". También existía confusión respecto a cuál era la aproximación por instrumentos con que se contaba en Pensacola. Estos factores dieron como resultado que la tripulación no procedió debidamente al desplegar el tren de aterrizaje y los flaps. Además, no se hizo caso de los avisos subsiguientes emitidos por el sistema de advertencia de la proximidad del terreno, y unos segundos antes del impacto se cerró ese sistema. El personal NTSB llegó a la conclusión "…de que estos [acontecimientos] aumentaron la carga de trabajo del comandante y contribuyeron a lo que resultó ser el aspecto causal principal del accidente - no haber sabido la altitud a que se encontraba el avión".

Fuente: Resumen ADREP 78/6 de la OACI.

4.5 DIMENSIONES DEL SER HUMANO

4.5.1 Uno de los objetivos primarios de la ergonomía es ajustar las áreas y puestos de trabajo (y vivienda) a las características del ser humano. Algunas de las características básicas del ser humano son las relacionadas con el tamaño y la forma de las diversas partes del cuerpo y sus movimientos. En la Figura 4-5 se ilustra la importancia de las dimensiones humanas al diseñar el equipo. Los mandos de algunos tornos de telares utilizados en la actualidad están colocados de tal forma que el operador ideal debería medir 1.40 m de altura aproximadamente, tener hombros de unos 60 cm, y brazos con una envergadura de 1.20 m: probablemente es más fácil cambiar la máquina que las personas. La antropometría estudia las dimensiones del ser humano, tales como peso, estatura, tamaño de las extremidades, y otras mediciones concretas, como, por ejemplo, la altura de los ojos y la distancia a que alcanzan las extremidades de una persona sentada, y esto calculado según lleve o no aparatos limitadores (p. ej., arneses de seguridad). Con esta información se puede estimar la altura óptima de las superficies de trabajo y ubicación de los mandos, la altura y profundidad de las áreas de almacenamiento de equipajes y mercancías, el espacio mínimo para las rodillas entre las filas de asientos, la anchura de los asientos, la longitud de los brazos de las sillas, la altura del reposacabezas, el diseño de las balsas salvavidas y de los cojines y asientos, y los requisitos en materia de distancia alcanzable. La biomecánica se especializa en la aplicación de la ciencia de la mecánica al estudio de los organismos vivos (el ser humano en este caso). Estudia aspectos tales como el movimiento de las partes del cuerpo y las fuerzas que pueden ejercer. Por ejemplo, no sólo es necesario saber que una determinada fuerza permitirá mover un determinado mando, sino saber también la ubicación del mando respecto al cuerpo y la dirección del movimiento de control.

4.5.2 La recopilación de datos es una etapa importante. Los datos deben recopilarse a partir de una muestra representativa y bastante amplia de personas que vayan a utilizar el equipo. Al emplear esos datos hay que tener en cuenta la fecha de la recopilación de los datos, ya que las dimensiones físicas humanas pueden cambiar de una generación a otra. Por ejemplo, se sabe que las personas en algunos países desarrollados han ganado en altura durante los últimos 50 años. El ergonomista debe determinar cuándo y de qué modo esos cambios serán un factor en el diseño.

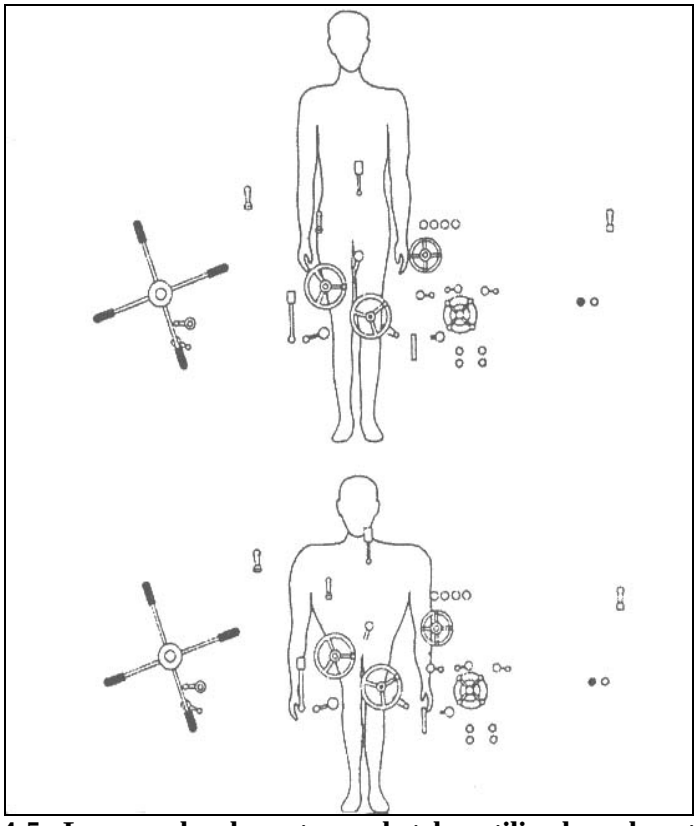


Figura 4-5. Los mandos de un torno de telar utilizado en la actualidad
No están fácilmente al alcance de una persona "mdia"
(tomado de Applied Ergonomics (Ergonomía aplicada) IPC; 1969; Vol. 1)

4.5.3 El ergonomista debería tener en cuenta que el diseño se ajuste a las diferencias que hay entre los seres humanos. No sólo hay diferencias en las dimensiones físicas de los distintos grupos étnicos, sino que también hay diferencias entre los hombres y las mujeres de un mismo grupo étnico (por ejemplo, los requisitos en materia de fuerza a efectos de mover una palanca acaso sean adecuados para los hombres pero pueden ser excesivos para las mujeres). Muchas de las piezas de los equipos de aviación se fabrican desde hace bastante tiempo con arreglo a las dimensiones del hombre blanco, aunque en muchos casos las utilizan por igual asiáticos, africanos y otros. El ergonomista identificará el grupo usuario de que se trate y diseñará el equipo en consecuencia. Si no es posible encontrar alguna solución de diseño única que satisfaga a todos los usuarios y sus diferencias, cabe proporcionar una serie de ajustes que permitan acomodarse a la mayoría de los usuarios: ejemplo de ello son los distintos ajustes que cabe incorporar en el pedal del timón de dirección y en el asiento del puesto de pilotaje.

4.6 DISEÑO DE LAS PANTALLAS DE PRESENTACIÓN VISUAL, DE LOS MANDOS Y DEL PUESTO DE PILOTAJE

4.6.1 Las pantallas de presentación visual y los mandos son el núcleo de la ergonomía. Si nos referimos al modelo SHEL, esos elementos forman parte en su mayoría de las interfaces elemento humano-equipo y elemento humano-soporte lógico. En el caso de las pantallas (presentaciones visuales), la transferencia de información va del equipo al elemento humano. Los mandos se emplean para transferir la información y las órdenes en la dirección opuesta, es decir, del elemento humano al equipo. Habitualmente este flujo de información se efectúa en un proceso de circuito cerrado y los ergonomistas tienen por misión optimizar el flujo dentro del circuito. En los párrafos siguientes se exponen algunas de las consideraciones que deben tenerse en cuenta en el diseño de las pantallas (presentaciones visuales) y mandos, así como el modo de proceder a su integración en el lugar de trabajo del puesto de pilotaje.

4.6.2 En este capítulo no se discuten los temas vinculados a la introducción de la automatización en el puesto de pilotaje. En la Parte 2, Capítulo 3 se examina este aspecto importante y actual del diseño del puesto de pilotaje.

Pantallas (presentaciones visuales)

4.6.3 La pantalla (presentación visual) tiene por función transmitir la información (sobre la situación en que se encuentra el vuelo, por ejemplo) con precisión y rapidez desde la fuente hasta el operador. La capacidad y limitaciones humanas en materia de procesamiento de la información que se han discutido anteriormente deberían ser objeto de consideración al diseñar las pantallas (presentaciones visuales). Se debe presentar al operador una cantidad de información que sea oportuna, apropiada, precisa y adecuada, con arreglo a las necesidades de la tarea. Seria nocivo a efectos de performance de la tarea presentar más información de la necesaria, especialmente cuando el operador está sobrecargado, fatigado o bajo estrés.

4.6.4 Las presentaciones pueden ser *dinámicas* (por ejemplo, altímetros e indicadores de actitud) o *estáticas* (por ejemplo, letreros, señales y cartas). Dichas presentaciones ofrecen información cuantitativa (por ejemplo, altitud y rumbo) o cualitativas (por ejemplo, situación del tren de aterrizaje). Pueden constituir un aviso (por ejemplo, INCENDIO DE LOS MOTORES) o indicar que se adopte cierta cautela (por ejemplo, aguja o luz indicadoras de la presión de aceite).

4.6.5 Las presentaciones también pueden ser *táctiles cinestésicas* (táctil significa relacionado con el sentido del tacto, cinestésico, con el sentido del movimiento) o *auditivas*. Especialmente en aquellos casos en que el sistema visual está (o se prevé que va a estar) extremadamente sobrecargado, estas presentaciones pueden ser utilizadas para comunicar información al operador humano. La transferencia de información táctil/cinestésica también puede llevarse a cabo en condiciones visuales degradadas. (Buen ejemplo de ello es el aviso de pérdida empleando el método de sacudidor o punto de vibración de la palanca). El conducto auditivo está particularmente dotado para percibir las alertas, tales como avisos. Por esta razón, hay tendencia a utilizar esas presentaciones auditivas en el puesto de pilotaje con abundancia y a veces de manera indiscriminada. El empleo indiscriminado de alertas auditivas en el puesto de pilotaje ha demostrado ser causa de molestias y confusiones, o incluso ha llegado a afectar el rendimiento en la ejecución de las tareas. Así pues, en todos esos casos, hay que destacar la importancia que reviste tener debidamente en cuenta los aspectos de factores humanos al proceder al diseño de las pantallas (presentaciones visuales).

4.6.6 Tenemos tres aspectos básicos que deben resolverse antes de poder diseñar y ubicar una pantalla (presentación visual) de manera apropiada. Tanto el diseño como la ubicación de las pantallas pueden

influir grandemente en la efectividad del diálogo ser humano-máquina. A continuación se reseñan algunos ejemplos pertinentes:

El altímetro de aguja indicadora y tambor giratorio (cilindro con ventana de presentación) ha sido objeto de lectura errónea en muchos casos a lo largo de su historia, lo cual se ha mencionado en distintos estudios realizados y en sucesos referentes a experiencias reales que se remontan a 1959. La lectura errónea de este instrumento puede producirse en la indicación de miles de pies, especialmente cuando la indicación de la aguja apunta hacia la zona del cero. Los resultados de un estudio llevado a cabo por la NASA indican que el problema se plantea porque el ser humano no puede leer al mismo tiempo de manera eficiente el tambor giratorio y la aguja indicadora. En el estudio también se comprobó que muy pocas veces se lee la indicación de altitud que aparece en el tambor (cilindro con ventana de presentación) de los altímetros de tambor y aguja indicadora. El tiempo necesario para leer los números del tambor es casi el doble del tiempo necesario para leer un determinado texto. Se considera que este instrumento ha sido objeto de lectura errónea y que ha sido un factor contribuyente al menos en los accidentes reseñados a continuación.

a. American Airlines B727, Constance, Kentucky (Estados Unidos), noviembre de 1965;

b. Northeast Airlines DC9, Martha's Vineyard, Massachussets (Estados Unidos), junio de 1971:

c. Eastern Airlines DC9, Charlotte, Carolina del Norte (Estados Unidos), septiembre de 1974;

d. National Airlines B727, Pensacola, Florida (Estados Unidos), mayo de 1978;

e. Alitalia DC9, Palermo, Italia, diciembre de 1978; y

f. Iberia B727, Bilbao, España, febrero de 1985.

Fuente: "The Killer Instrument—The Drum Pointer Altimeter" (El instrumento mortal—El altímetro de aguja indicadora y tambor giratorio) (1990) Harold F. Marthinsen, Director del Departamento de investigación de accidentes de ALPA de Estados Unidos

- ¿Cómo, por quién, y en qué circunstancias se utilizará la pantalla o presentación visual?
- Las presentaciones auditivas son generalmente omnidireccionales, mientras que las presentaciones visuales no lo son. ¿Habrá más de una persona que necesitará mirar la pantalla (presentación visual)?
- ¿Cómo influirá la iluminación ambiental en la efectividad de la presentación visual?
- ¿Debería presentarse la información en formato analógico o digital? Las presentaciones digitales ofrecen una mayor precisión a efectos registradores o monitores de los sistemas (por ejemplo, en el caso de los instrumentos relativos a los motores), mientras que la instrumentación analógica es preferible cuando los valores numéricos cambian con frecuencia o con rapidez (por ejemplo, en el caso de los altímetros y de los indicadores de la velocidad vertical de ascenso).
- ¿A qué ángulo habrá que mirar la pantalla (presentación visual)?

- ¿Habrá problemas de paralaje?

- ¿A qué distancia se mirará la pantalla (presentación visual)? ¿Será necesario aumentar el tamaño de los caracteres y de los símbolos para que sean legibles a distancia?

- Las pantallas (presentaciones visuales) que se encuentran en situación de reserva o inactivas deberían indicar su situación con claridad. Las ambigüedades incrementarán probablemente la carga de trabajo mental y darán lugar a errores.

- Las informaciones dudosas no deberían seguir apareciendo en las presentaciones visuales destinadas al operador.

- Habría que tener en cuenta factores tales como brillo, color, contraste y parpadeo de una presentación visual.

4.6.7 La presentación visual de letras y números (conocida como presentación alfanumérica) ha sido tema de muchas investigaciones. Las presentaciones mecánicas, electromecánicas y electrónicas plantean varios problemas de ergonomía que merecen atención. La información presentada debe ser legible, de manera que los caracteres sean fácilmente diferenciables o identificables. Además, la información debe ser legible en el sentido de que las palabras enteras o grupos enteros de letras y cifras se entiendan. La legibilidad depende en general de factores tales como el estilo de los caracteres, su tipo, forma (por ejemplo, letras mayúsculas o letra cursiva), tamaño, contraste y espaciado.

4.6.8 las marcas y forma de los diales son otros dos aspectos que examina el ergonomista. Algunos ejemplos de tipos de presentaciones básicas utilizadas para ofrecer información cuantitativa aparecen en la Figura 4-6. las progresiones de las escalas deberían tener marcas o indicaciones graduadas fijas y regulares, y deberían aparecer como unidades, es decir sin indicación de centenas o millares. Las gradaciones de 10 en 10 o de 5 en 5 unidades son un buen modo de presentación visual, y las gradaciones de 2 en 2 son aceptables. Deberían evitarse los decimales y de utilizarlos no hay que poner el cero antes de la coma indicativa de decimal. Deberían presentarse los datos completos en vez de la versión truncada (o sea, debería indicarse 150 en vez de 15). Se debería diseñar con cuidado las agujas indicadoras cuando el instrumento también contiene una presentación visual digital que puede quedar oscurecida por la aguja. El extremo de la aguja debería llegar hasta la escala se debería eliminar o minimizar. Este problema no se planteará si la escala tiene una presentación visual electrónica. En general, graduada pero no sobreponerse a ella. La distancia entre la aguja y la superficie de la escala puede provocar efecto de paralaje que el tamaño de la información presentada (por ejemplo, escalas e iconos) debe estar relacionada y proporcionada a la distancia de visión (es decir, cuanto mayor la distancia de visión, mayor será la escala o tamaño del icono). Las consideraciones en materia de diseño deben tener en cuenta los factores de corrección ambiental tales como la iluminación, las vibraciones y los ángulos de visión que no son óptimos.

Poco después de haber efectuado su despegue (durante la noche) del Aeropuerto de Bombay y cuando se encontraba a una altitud algo inferior a 1 500 ft (500 m), el Boeing 747 que transportaba 210 personas a bordo efectuó un viraje inclinado de 14° hacia la derecha. Durante los 13 segundos siguientes, la aeronave volvió gradualmente a la posición horizontal. Luego efectuó un viraje inclinado de 9° hacia la izquierda. En este momento se produjo un movimiento abrupto a causa del alerón izquierdo que se corrigió momentáneamente para virar inmediatamente hacia la izquierda de manera muy pronunciada. El piloto mantuvo firmemente el timón de dirección y los alerones hacia la izquierda hasta que se produjo un impacto en el mar unos 30 segundos después, cuando la aeronave volaba con una inclinación de 108° y una velocidad de más de 300 kt. La información incorrecta que se presentó a la tripulación debido a una falla (inversión del control del horizonte) del director de vuelo contribuyó al accidente.

Fuente: Resumen *ADREP 78/5 de la OACI.*

4.6.9 La introducción de presentaciones electrónicas (por ejemplo, tubo de rayos catódicos) ofreció la oportunidad de superar muchas de las restricciones anteriores de las presentaciones electromecánicas, permitió asimismo la integración de las presentaciones y facilitó una mayor flexibilidad y una utilización más eficaz del espacio en los tableros. Por lo general, las presentaciones electrónicas tienen tres aplicaciones en el puesto de pilotaje, a saber: los instrumentos de vuelo, los sistemas de información (por ejemplo, los datos sobre los motores y los datos sobre otros sistemas, incluidos los de aviso), y los sistemas de gestión de vuelo (FMS). Las presentaciones electrónicas plantean diversos problemas ergonómicos, entre los que cabe citar los siguientes: el brillo y el contraste de brillo; la utilización de colores para distintos elementos de información; la fatiga producida por la tarea monitora de las presentaciones visuales a base de tubo de rayos catódicos durante largos periodos de tiempo: la simbología empleada; la decisión respecto a qué información debe aparecer y cuándo en la pantalla; y el hecho de que—por razones que no están todavía muy claras —toma más tiempo leer textos impresos sobre una pantalla que sobre papel. Por otra parte, las presentaciones electrónicas son en general rentables (relación costo-eficiencia) y versátiles, y permiten que el usuario tenga un control razonable respecto a ciertos elementos importantes de la presentación visual, tales como el brillo y el contraste.

4.6.10 Muchos operadores han introducido colimadores de pilotaje (HUD) como instrumento adicional que permite efectuar operaciones en condiciones de mínimos meteorológicos más bajos. La simbología utilizada por estos aparatos debe ser común a la simbología utilizada en las pantallas.

Sistemas de asesoramiento, advertencia y aviso (ACW)

4.6.11 Los avisos indican una situación en que se requiere la acción inmediata de la tripulación para mantener la seguridad del sistema, y normalmente son de color ROJO. Las advertencias indican una situación que puede convertirse en emergencia si se permite que avance o se deteriore. Habitualmente, las advertencias requieren que se les preste atención apropiada pero no inmediata y su color es AMBAR. Las indicaciones de asesoramiento son en general únicamente a título informativo y pueden o no pueden requerir la acción de la tripulación. Son de color AZUL. BLANCO, o VERDE. Se aplican tres principios básicos al diseño de los sistemas de aviso del puesto de pilotaje, a saber:

- deberían alertar a la tripulación y recabar su atención;
- deberían informar de la índole de la situación; y
- deberían preferentemente ***proporcionar orientación*** respecto a la acción apropiada requerida.

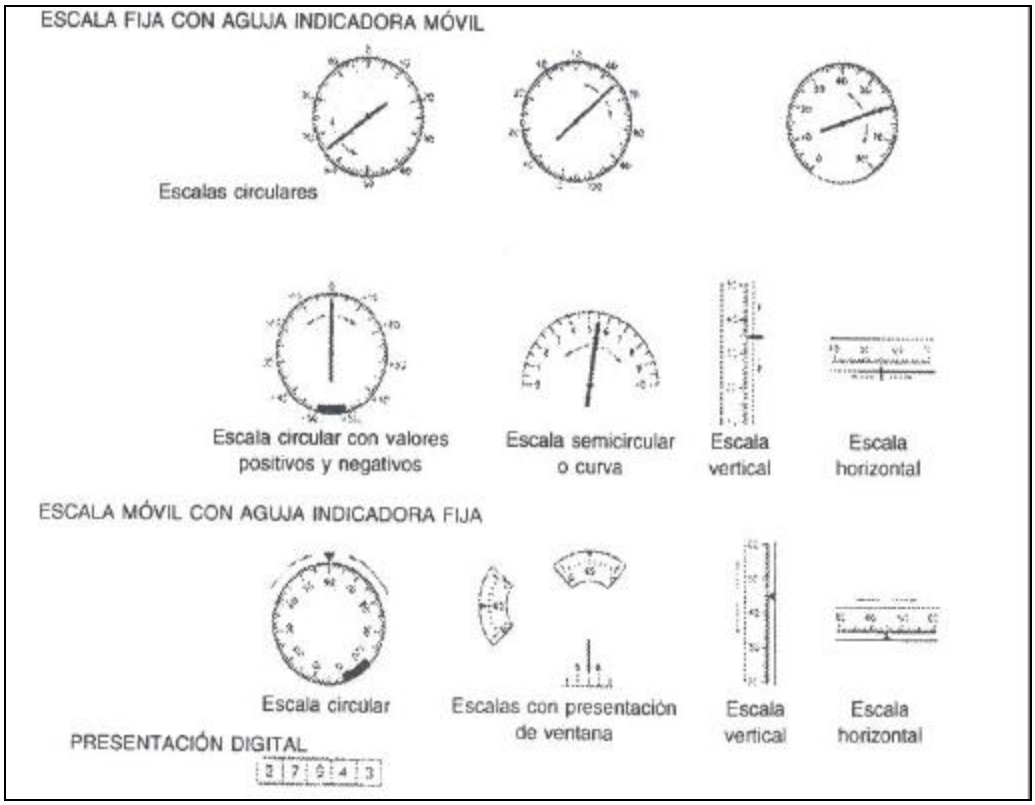


Figura 4-6. Ejemplo de presentaciones utilizadas para ofrecer información cuantitativa
(Adaptado de McCormich et al, 1983)

4.6.12 Se puede examinar este último aspecto desde diversos puntos de vista. En este contexto cabe mencionar los casos de aeronaves involucradas en accidentes a causa de que la tripulación, al producirse la falla de un motor, apagó el motor que no tenia falla en lugar de apagar el motor averiado. Entre los elementos que se pueden considerar al diseñar los sistemas ACW hay que incluir los siguientes: primero, la fiabilidad del sistema, pues se perderá confianza en un sistema que esté plagado de avisos espúreos. Segundo, si aparecen excesivas señales ACW se dejará de prestar atención y de responder a las señales, convirtiéndose en una molestia. Y por ultimo, cuando se cuenta con múltiples avisos auditivos (es decir, se utiliza el mismo sonido para alertar acerca de mas de una situación dada), es preciso adoptar ciertas consideraciones especiales. Dado que esos avisos auditivos son eficaces para atraer la atención pero pueden dar lugar a errores o retrasos en la respuesta correctiva, cabe agregar mensajes orales con miras a mejorar la identificación y la interpretación.

4.6.13 Los asesoramientos, las advertencias y los avisos del puesto de pilotaje pueden agruparse en cuatro amplias categorías, a saber:

- los que informan sobre la performance o sobre las desviaciones respecto a las envolventes operacionales o a los perfiles de vuelo seguros (por ejemplo, indicaciones de pérdida, de exceso de velocidad, y de proximidad del terreno); habitualmente son de gran urgencia;

- los que informan sobre la configuración de la aeronave (por ejemplo la posición del tren de aterrizaje y de los flaps);

- los que informan sobre la situación en que se encuentran los sistemas de la aeronave; cabe incluir al respecto las bandas limitadoras y las banderas que aparecen en los instrumentos;

- los que tienen relación con las comunicaciones (por ejemplo, SELCAL e interfono).

En diciembre de 1974, un Boeing 727 se estrelló 12 minutos después de la salida del aeropuerto de Kennedy (Aeropuerto JFK de Nueva York). La velocidad aerodinámica y la altitud indicadas en el registrador de datos de vuelo (FDR) son coherentes con la performance de ascenso pronosticada hasta que la aeronave alcanzó 16 000 ft (unos 5 500 m), momento en que se produjeron condiciones de engelamiento. La velocidad aerodinámica cuando se activo el sacudidor de palanca se estimó que era de 165 kt, en comparación con los 412 kt registrados en el FDR. La actitud en cabeceo se considera que era de 30° en encabritamiento.

La tripulación no había activado los calentadores del tubo Pitot y el hielo se había acumulado y bloqueaba los extremos de los tubos pitot, indicando una velocidad aerodinámica y avisos de número de Mach erróneos. La tripulación diagnosticó incorrectamente los avisos de pérdida como vibración o flameo de número de Mach y colocó la aeronave en posición de encabritamiento, lo que dio como resultado que entrara en pérdida y cayera en barrena.

Fuente: NTSB AAR 75-13.

4.6.14 Hay que reiterar el importante principio que se reseña a continuación: en caso de falla, el usuario de una pantalla (presentación visual) no debería recibir en dicha presentación informaciones poco fiables. La falla debería anunciarse en la propia pantalla o presentación visual y no en un indicador cualquiera. Es muy probable que si en las presentaciones aparecen datos, aunque sean poco fiables, pronto o tarde se emplearan.

Mandos

4.6.15 Los mandos son el medio con que cuenta el operador humano para transmitir mensajes o para dar órdenes a la maquina. El mensaje debería transmitirse dentro de márgenes de precisión especificados y dentro de determinados periodos de tiempo. Distintos tipos de mandos ejercen distintas funciones: pueden emplearse para transmitir informaciones discretas (por ejemplo, seleccionar un código de respondedor) o informaciones continuas (por ejemplo, selector de la temperatura a bordo). Pueden enviar una señal de control a un determinado sistema (por ejemplo, la palanca de flaps) o pueden controlar una presentación directamente (por ejemplo, un botón o perilla de ajuste de altímetro). Al igual que ocurre con las presentaciones, las características de los usuarios deben ser tenidas en cuenta por el diseñador.

4.6.16 Los requisitos funcionales, y la fuerza necesaria para la manipulación de los instrumentos, decidirá cuál es el tipo y el diseño de mando que se vaya a adoptar. A continuación figura un ejemplo de lista de verificación sobre el modo de seleccionar los mandos con arreglo a sus funciones:

Función/fuerza	Tipo de mando
Funciones discretas o fuerzas de baja intensidad,	botones pulsadores interruptores de presión o de palanca e interruptores rotativos
Función continua o fuerzas de baja intensidad	perillas o botones rotativos, ruedecillas moleteadas que se accionan con el pulgar y pequeñas palancas o manivelas

Fuerzas de control altas	volantes de mano y grandes palancas, manivelas grandes y pedales (para accionar con el pie)

En diciembre de 1972, un Lockheed L-1011 se estrelló en las zonas pantanosas de las Everglades cerca de Miami. Mientras la tripulación trataba de remplazar una bombilla defectuosa correspondiente al tren de aterrizaje de proa, se desconecto inadvertidamente el piloto automático y la aeronave descendió hasta estrellarse en las Everglades. El sistema que contiene las bombillas indicadoras de la situación en que se encuentra el tren de aterrizaje de proa no contaba con un separador de color oscuro colocado entre las dos bombillas, como es el diseño habitual. Dicho separador de color oscuro permite que los pilotos vean que una de las luces está fundida, pues la mitad del panel esta oscuro. La segunda bombilla, si funciona, confirma a la tripulación que el tren de aterrizaje esta bien desplegado. Probablemente esta aeronave había efectuado varios vuelos sin que se hubiera detectado que estaba fundida una de las bombillas correspondientes al tren de aterrizaje de proa. La segunda bombilla se fundió cuando la aeronave se aproximaba a Miami. Esto hizo que ambas bombillas estuvieran al mismo tiempo fundidas, lo cual es una situación que se produce con bastante poca probabilidad. El hecho de que no hubiera un separador de color oscuro fue pues uno de los factores que contribuyó a la serie de acontecimientos resultantes en el accidente.

Fuente: Resumen ADREP 72/557 de la OACI.

"...en vuelo de crucero, el primer oficial seleccionó la palanca de combustible de baja presión (LP) en lugar de las bombas de combustible adyacentes durante la tarea de equilibrado el combustible. El motor núm. 1 se apagó e inmediatamente se volvió a poner en marcha…"

Fuente: Feedback núm. 1, marzo de 1983.

"...cuando efectuábamos el rodaje desde la plataforma donde se estacionan dispersos aviones y estabamos realizando la lista de verificación correspondiente, llegamos a la 2selección de flaps". El comandante confirmó que debían colocarse los flaps en posición de despegue, de manera que agarre la palanca y la empuje hacia abajo. Como la palanca se acciono con mucha suavidad, miré para comprobar si en realidad no hubiera accionado equivocadamente la palanca de alta presión (HP) del motor núm. 2 que esta situado a estribor y este se hubiera apagado. La parte superior de la palanca de los flaps y la palanca de combustible HP están situadas juntas una de otra…"

Fuente: Feedback núm. 2, julio de 1983.

"....algunos lectores acaso recuerden que hemos publicado varios informes sobre pilotos que accidentalmente cerraron las palancas de combustible en los aviones BAC 1-11. La empresa British Aerospece (Bae) tomó los informes muy en serio y publicado un boletín mundial ("British Aerospace Policy Letter") alertando a todos los exploradores sobre ese posible problema. Tal vez no sea una solución definitiva pero es ciertamente un paso en la buena dirección para resolver el problema."

Fuente: Feedback núm. 3, diciembre de 1983.

4.6.17 Otro de los requisitos básicos en materia de mandos, desde el punto de vista de la ergonomía, es la ubicación de dichos mandos en el puesto de trabajo. Con todo, hay que recordar que el emplazamiento óptimo de una presentación visual acaso no sea el lugar más óptimo a efectos de distancia de accionamiento o de visión.

4.6.18 Otro de los aspectos que cabe considerar en materia de diseño es la relación mando-presentación visual, que es la relación que existe entre la cantidad de cambio que aparece en la presentación visual a

raíz del accionamiento del mando y la cantidad de cambio que se produce en el mando cuando el operador lo acciona: y también es un aspecto del diseño la dirección en que se mueve el indicador de la presentación visual (por ejemplo, la aguja) con relación a la dirección en que se mueve el botón o palanca de mando. Según se indica en la Figura 4-7, una perilla o botón rotativo situado en el lado derecho de una presentación visual longitudinal vertical debería girar hacia la derecha que la flecha indicadora se mueva hacia arriba. La resistencia de accionamiento del mando afecta a la velocidad y precisión de su operación, a la "sensación" que produce el mando, a la suavidad de movimiento del mando y a la posibilidad de que el mando se accione inadvertidamente. La codificación del mando (es decir, forma, tamaño, color, etiquetado y ubicación) tiene por objeto mejorar su identificación y reducir los errores y el tiempo necesario para seleccionar y activar, el mando adecuado (véase la Figura 4-8). Por último dentro de la enumeración de principios para diseños de manos, cebe mencionar que se debe tener presente el modo de evitar su accionamiento inadvertido. Esto puede lograrse recurriendo a métodos tales como los dispositivos de compuertas, el bloqueo y el interbloqueo (por ejemplo, mediante la interconexión de mandos para garantizar que las palancas de inversión de empuje no se pueden accionar hasta que las palancas de empuje están en régimen de marcha lenta). En algunos casos, si se acciona un mando en forma incompatible con las compuertas, el bloqueo y el interbloqueo (por ejemplo, mediante la interconexión de mandos para garantizar que las palancas de inversión de empuje no se pueden accionar hasta que las palancas de empuje están en régimen de marcha lenta). En algunos casos, si se acciona un mando en forma incompatible con las condiciones en que se encuentran en ese momento los demás, se producen avisos visuales o auditivos (por ejemplo, si se cierran las palancas de empuje cuando el tren de aterrizaje está replegado, se oirá un aviso).

En todos los tipos de una determinada aeronave de transporte birreactora, el interruptor del motor para casos de incendio es un control dotado de muchas funciones que con una simple acción cierra la ignición, el combustible, el suministro de fluido hidráulico, y el conducto neumático correspondiente al motor afectado. Reconociendo las consecuencias dimanantes de la actuación indebida de este control, los diseñadores hicieron grandes esfuerzos por reducir la probabilidad de que se produjera errores en este sentido. El interruptor en caso de incendio tiene una forma y una sensación al tacto características, y está emplazado en un lugar donde se puede ver con facilidad. El interruptor requiere para su accionamiento un movimiento de tracción de largo recorrido, lo cual no corresponde a ningún otro control del puesto de pilotaje. En la empuñadura del interruptor hay una luz que indica cual es el motor que está incendiado. Además, la empuñadura está cerrada en su posición normal a menos que exista alerta de incendio en el motor correspondiente (aunque también se cuenta con un mecanismo de sobrecontrol manual). Dicho mecanismo de sobrecontrol está ubicado de manera que si el operador desea utilizarlo tenga que hacer una acción deliberada para activarlo. Este sistema ha funcionado bien a efectos de protección en caso de incendio de los motores desde que se introdujo hace 25 años.

Fuente: "Error Tolerant Avionics and Displays" (Aviónica y pantallas de presentación tolerantes de errores), Delmar M. Fadden. Human Error Avoidance Techniques: Proceedings of the Second Conference (Técnicas para evitar errores humanos: actas de la segunda conferencia). SAE P-229.

4.6.19 La utilización de teclados en el puesto de pilotaje ha aumentado constantemente a lo largo de los años, a raíz de la llegada de los sistemas computadorizados y de la aviónica moderna. Se considera que un mecanógrafo experimentado puede hacer un error no corregido cada 2 000 a 4 000 pulsaciones. En general, se estima que los miembros de la tripulación del puesto de pilotaje no son mecanógrafos experimentados. Además, la utilización del teclado acaso se haga en condiciones ambientales adversas (por ejemplo, con poca luz y turbulencia). Cuando se trata de aplicaciones de a bordo, la precisión y la detección de errores son mucho más importantes que la velocidad con que se mecanografía. Al diseñar los teclados hay que tener en cuenta entre otros aspectos los siguientes: tamaño de las teclas, separaciones entre teclas para evitar su pulsación inadvertida y soportes adecuados para las manos a fin de evitar vibraciones. La disposición del teclado tradicional de las máquinas de escribir se conoce con el nombre de las seis primeras letras de la hilera superior (por ejemplo, QWERTY en inglés y AZERTY en francés). El

DVORAK es una disposición del teclado distinta, que tiene el nombre de su autor, August Dvorak (véase la Figura 4-9). Sin embargo, todas estas configuraciones son poco adecuadas en general para su aplicación en el puesto de pilotaje debido a las limitaciones de espacio y a la necesidad de escribir con una sola mano. En la Figura 4-10 hay un ejemplo de tablero que ha sido adoptado para muchos sistemas de navegación de a bordo.

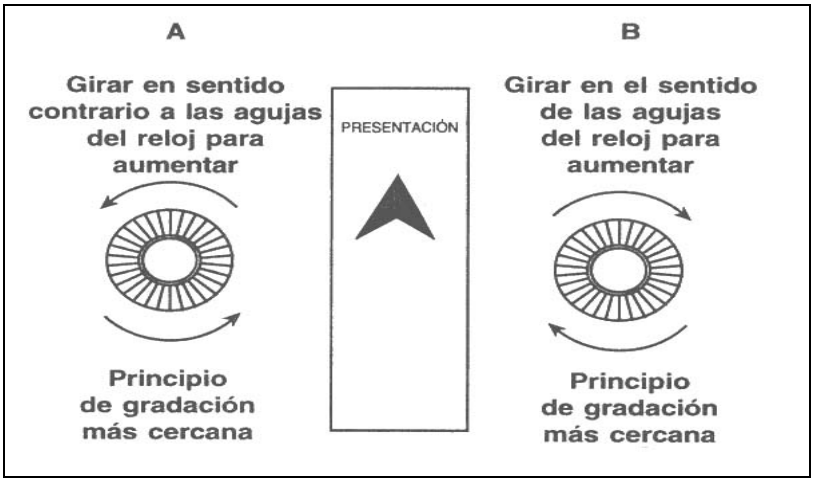


Figura 4-7. Dos estereotipos generalizados de este mando y su presdentación visual

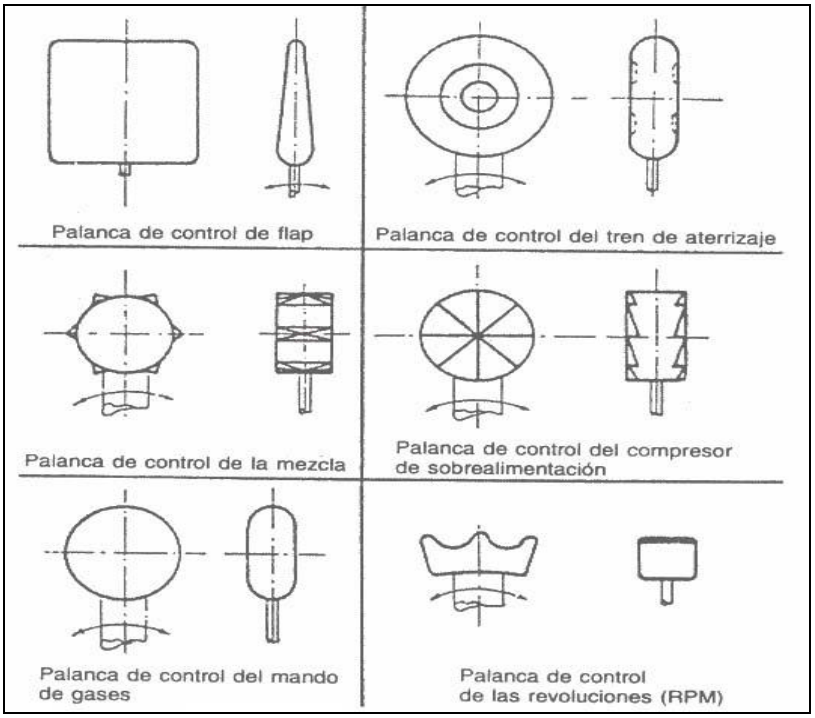


Figura 4-8. Requisitos FAA en materia de palancas de mando del puesto de pilotaje
(adaptado de 14CFR, Capítulo 1, Sección 25.781)

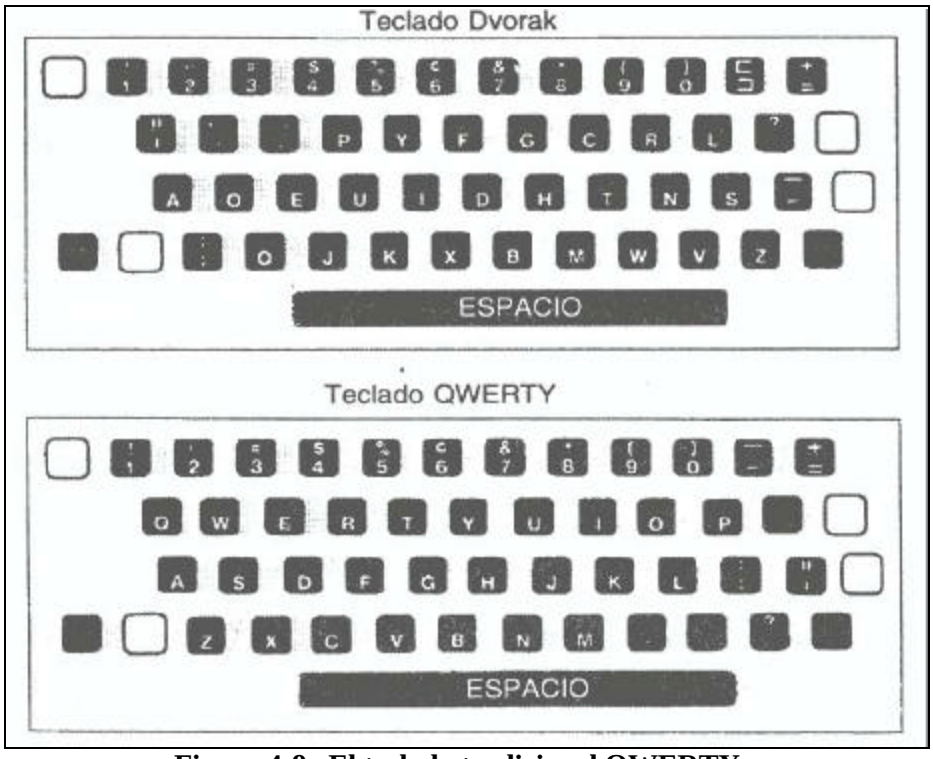


Figura 4-9. El teclado tradicional QWERTY y La vesión Dvorak, máas eficiente

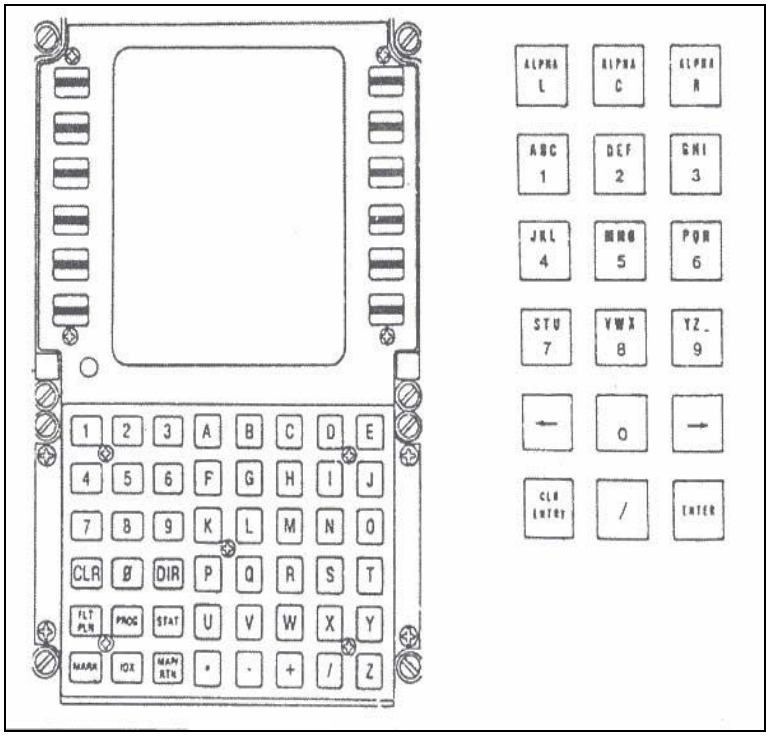


Figura 4-10. Ejemplo de teclado para un sistema de gestión de vuelo o de navegación (izquierda) y disposicón dirigida
(adaptado de *Human Factors* in Flight (Factores humanos), L.C. butterbaugh y T.H. Rockwell, 1982)

En julio de 1987, un Lockheed L-1011 voló a menús de 100 ft (unos 30 m) de un Boeing 747 en el Atlántico septentrional. Más tarde se llegó a la conclusión de que el incidente se había provocado por un error en los datos introducidos en el sistema por la tripulación del L-1011. La tripulación había seguido supuestamente los procedimientos de entrada de datos según lo establecido, cerciorándose de que los datos introducidos en el sistema los verificaba otro miembro de la tripulación; pero aun así se produjo el error. Posteriormente, la tripulación no siguió los procedimientos de verificación establecidos, de manera que el error siguió inadvertido hasta que casi se produjo el choque.

fuente: Resumen ADREP 87/331 de la OACI

4.6.20 Durante muchos años, el puesto de pilotaje se consideró el lugar común en el que convergían numerosos sistemas, tales como los hidráulicos, eléctricos, neumáticos y de presionización, que por otra parte no tenían entre si ninguna otra relación. Cada uno de los sistemas estaba diseñado por un grupo de especialistas distintos y sus mandos y presentaciones visuales conexas dependían en gran medida de las especificaciones funcionales concretas del sistema en cuestión. La tripulación de vuelo tenia pues ante si una serie de presentaciones visuales, palancas, interruptores y botones de mando de diversos tamaños, formas e indicaciones, que habitualmente procedían de distintos catálogos y fabricantes. La principal tarea del diseñador era asegurarse de que todas las piezas del equipo se instalaban dentro del espacio disponible. Este método de diseño no ha tenido en cuenta en general el modo de facilitar a la tripulación la realización de sus tareas de la manera más eficiente y efectiva.

4.6.21 En años recientes, varios grupos de la industria de la aviación civil y militar, incluidos fabricantes, líneas aéreas, pilotos y autoridades, han desplegado actividades conjuntas que condujeron al desarrollo del concepto de un diseño tripulación-sistema. Este concepto resalta la integración funcional de todos los elementos del sistema, teniendo en cuenta los requisitos de la tripulación (por ejemplo, a efectos de mandos y presentaciones visuales). Entre los factores integrados en el concepto de diseño de sistemas también se incluyen los aspectos de geometría del puesto de pilotaje, los equipos accesorios (asientos, ventanas y protectores antideslumbrantes), distintas variables ambientales (por ejemplo, ruido, vibraciones, luz, temperatura y condiciones meteorológicas), y accesorios misceláneos (por ejemplo, soportes para las tazas de café, facilidades para comida, reposapiés y guardaequipaje). Entre esos factores también se cuentan las características de las personas que operarán y mantendrán todos los componentes del sistema.

4.6.22 Este método de sistemas para llevar acabo el diseño del puesto de pilotaje esta englobado en la actividad denominada ingeniería de sistemas. El propósito de esta actividad es establecer relaciones entre los componentes del sistema, evaluar los efectos que cada uno de los componentes tiene en los demás y, en última instancia, integrar todos los componentes del sistema en una entidad funcional efectiva. Los operadores humanos, el personal de mantenimiento y los instructores se consideran componentes del sistema; por ello, este método considera que el producto final es un conjunto ser humano--máquina. En consecuencia, el puesto de pilotaje se ve como un sistema en el que intervienen los componentes Elemento humano, Equipo. Soporte lógico y Ambiente.

4.6.23 Para lograr un diseño efectivo, los métodos actuales de ingeniería de sistemas incorporan elementos de ergonomía, los cuales atañen por su parte a los aspectos de trabajo del puesto de pilotaje y a la capacidad y limitaciones de los usuarios. Los ergonomistas tratan de reconocer y resolver los posibles problemas de factores humanos en una etapa temprana de la fase de diseño, antes de que se proceda a la producción del equipo.

4.6.24 El método adoptado por la ergonomía comienza con una evaluación de los requisitos de las tareas y características de los usuarios que repercutirán en las decisiones de diseño, tales como las especificaciones de trazado y configuración del puesto de pilotaje. Además, el diseñador debe tener en cuenta las restricciones que pueden limitar las opciones de diseño. Entre tales restricciones cabe incluir las características aerodinámicas de la aeronave, que tienen relación con la sección transversal del fuselaje y con la forma de la proa. Por ejemplo, la anchura del puesto de pilotaje del Concorde es de 148 cm, debido a los requisitos aerodinámicos, y representa un entorno relativamente apretado si se compare con un Boeing 747 cuyo puesto de pilotaje tiene una anchura de 191 cm.

4.6.25 La visibilidad hacia abajo durante la aproximación es un requisito que repercute en el diseño del parabrisas y que establece la posición de los ojos del piloto (véase la Figura 4-11). La posición de los ojos al efectuar el diseño es un punto de referencia importante que ayuda a decidir cuál será la ubicación de los equipos, como por ejemplo las pantallas y presentaciones visuales.

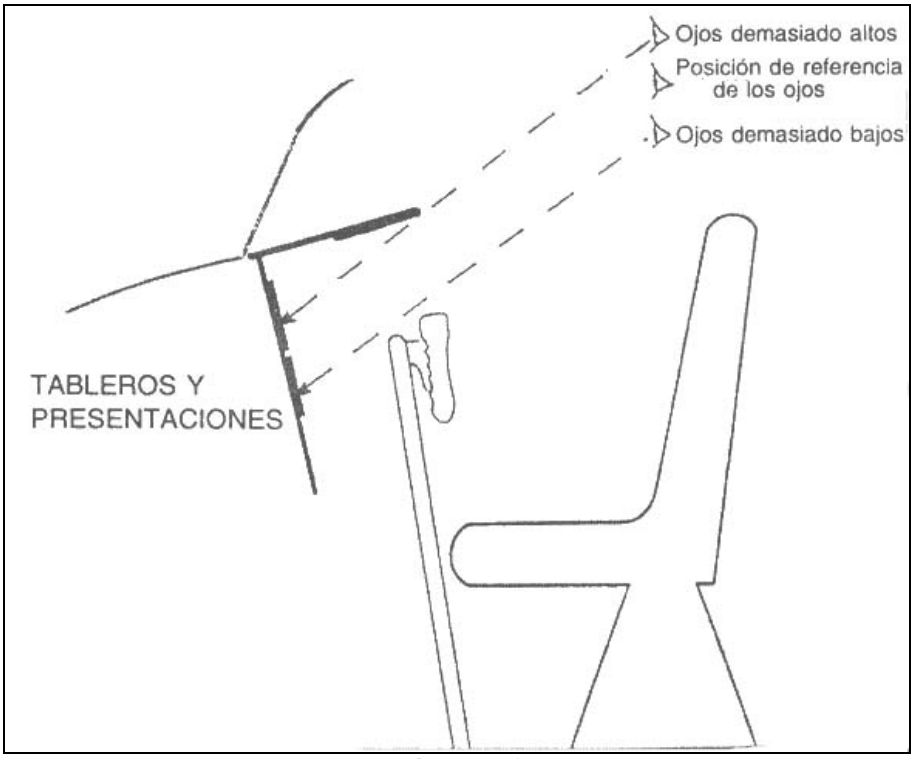


Figura 4-11. Posición de referencia de los ojos
(adaptado de *Human Factors* in Flight (Factores humanos en vuelo), F.H. Hawkins, 1987)

4.6.26 La distancia entre los asientos de los pilotos es un factor a considerar cuando se requiere que los pilotos efectúen comprobaciones mutuas o cuando ambos pilotos utilizan las mismas presentaciones visuales o mandos. Si el acceso a los asientos de los pilotos plantea dificultades acaso se decida separarlos algo, pero habría que examinar debidamente esta posibilidad pues al no quedar alineados el piloto y los mandos conviene cerciorarse de que no se producirán condiciones que puedan menoscabar las operaciones.

4.6.27 La distancia de visión de las presentaciones es otro elemento importante que depende de los aspectos de geometría del puesto de pilotaje. Cuando se trata de aeronaves de gran tamaño, las distancias de visión típicas a partir de los ojos del piloto son de 71-78 cm para el tablero principal, 20 cm para el tablero del techo y 2 m para el tablero lateral de sistemas (véase la Figura 412). El tamaño de las

presentaciones visuales (por ejemplo, alfanuméricas) viene determinado por la ubicación de la presentación visual y por la distancia respecto de los ojos del posible usuario. Los problemas de la distancia de visión se aplican de modo especial a las personas que usan lentes. Las distancias de visión constituyen un tema pertinente para los "puestos de pilotaje de vidrio".

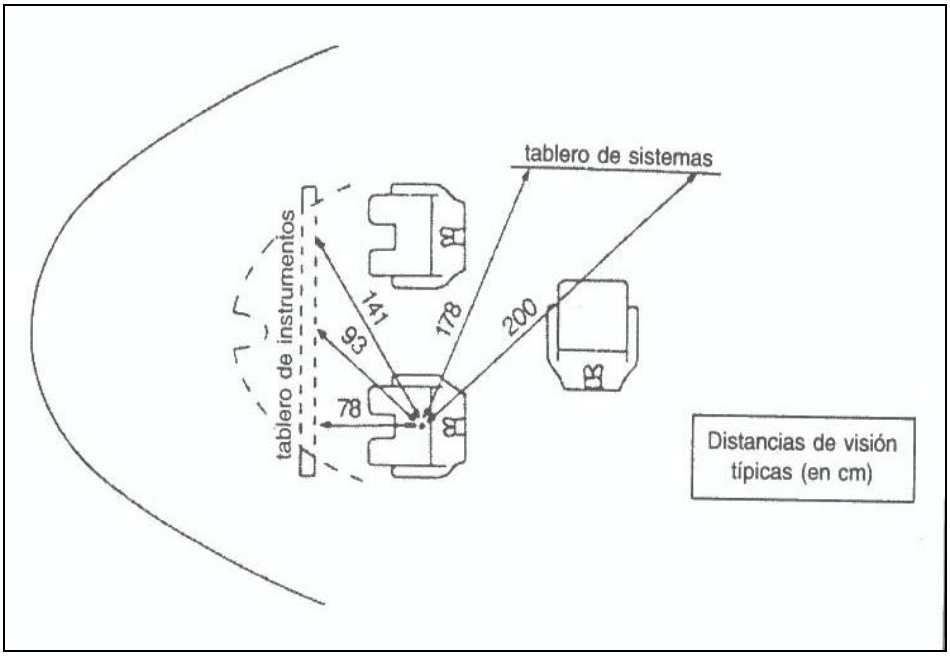


Figura 4-12. En un gran reactor, distancias típicas desde los ojos del piloto Hasta los distintos tableros del puesto de pilotaje
(adaptado de *Human Factors* in Flight, F.H. Hawkins, 1987)

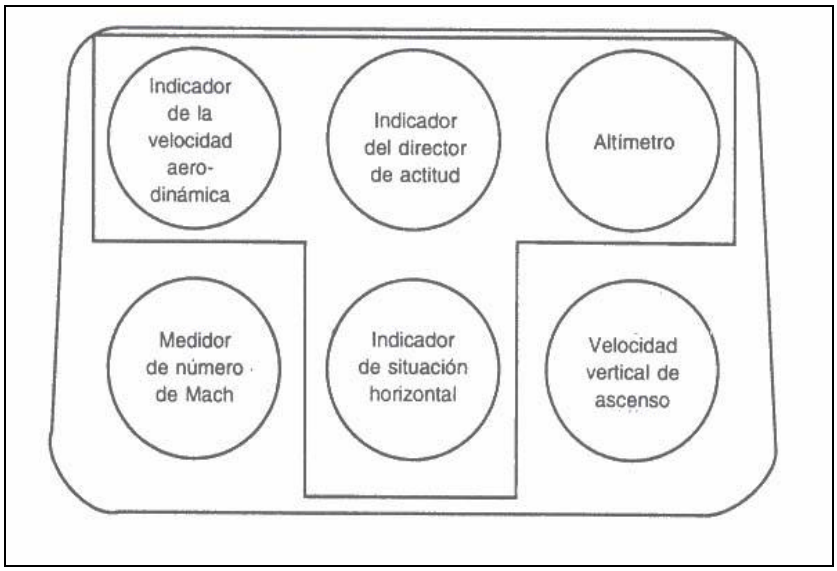


Figura 4-13. "Tablero básico en T", forma habitual de instalar los modernos tableros de instrumentos de vuelo
(adaptado de HFIF, F.H. Hawkins, 1987)

4.6.28 El tablero que contiene los instrumentos de vuelo ha sido objeto de gran atención por parte de los diseñadores. La disposición o trazado básico en 'T" que existe en la mayoría de las aeronaves de hoy en día ha sido el resultado de la necesidad de poder ver con rapidez y precisión cuatro parámetros básicos — velocidad, actitud, altitud y rumbo— siendo prioritaria la actitud (véase la Figura 4-13). Los tableros de instrumentos que presentan información cuantitativa sobre los motores) están dispuestos en bloque o grupo de instrumentos. Si se produce un trastorno en el modelo simétrico del bloque por existir una indicación de desviación en uno de los instrumentos, la tripulación se dará cuenta inmediatamente. Los tableros sinópticos (por ejemplo, combustible, sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos) presentan el sistema en forma esquemática y los mandos y pantallas están debidamente ubicados. Los tableros de guía de vuelo van instalados por lo general en la parte antideslumbrante del parabrisas. De este modo, ambos pilotos los pueden ver sin tener que mirar por encima de la palanca de mando y se consigue mejorar la visión de los instrumentos. En la Figura 4- l5 se presenta un ejemplo de lista de verificación para evaluar un tablero típico de guía de vuelo. Hay otros tableros que requieren un diseño ergonómico adecuado, como por ejemplo los mandos de radio y de interfono, los cortocircuitos. Los equipos de cocina de a bordo, y la operación de las puertas.

En enero de 1989, un Boeing 737-400 se estrelló poco antes de llegar a la pista del aeropuerto de East Midlands situado cerca de Kegworth, Leicestershire, Reino Unido. Durante el ascenso hasta la altitud de crucero, se produjeron en el motor núm. 1 una serie de paradas del compresor. Dichas paradas se debían a una falla estructural que causaba vibraciones en la célula y producía humo y vapores en el puesto de pilotaje, además de crear fluctuaciones en los parámetros del motor núm. 1. Creyendo que el motor núm. 2 había sufrido daños, la tripulación redujo el mando de gases de dicho motor. Las vibraciones causadas por las aceleraciones del motor núm. 1 cesaron cuando se disminuyó el mando de gases del motor núm. 2. Esto convenció a la tripulación que habían resuelto correctamente la emergencia. Seguidamente, apagaron el motor núm. 2 y desviaron el avión para proceder al aterrizaje. Cuando el avión se encontraba a 2,4 millas (unos 4 Km) de la pista, hubo una reducción súbita de la potencia y apareció un aviso de incendio en el motor núm. 1 y poco después el avión se estrello.

Fuente. Resumen ADREP 89/1 de la OACI.

En su informe el AAIB de Gran Bretaña recomienda que se evalúe el modo de presentar la información en los nuevos instrumentos y su eficacia para transmitir la información conexa a la tripulación de vuelo. También recomienda que los sistemas de instrumentos de los motores se modifiquen con miras a incluir un mecanismo para atraer la atención de la tripulación y que sirva de alerta respecto de posibles anormalidades del sistema. En la Figura 4.14 se ilustra la nueva disposición propuesta.

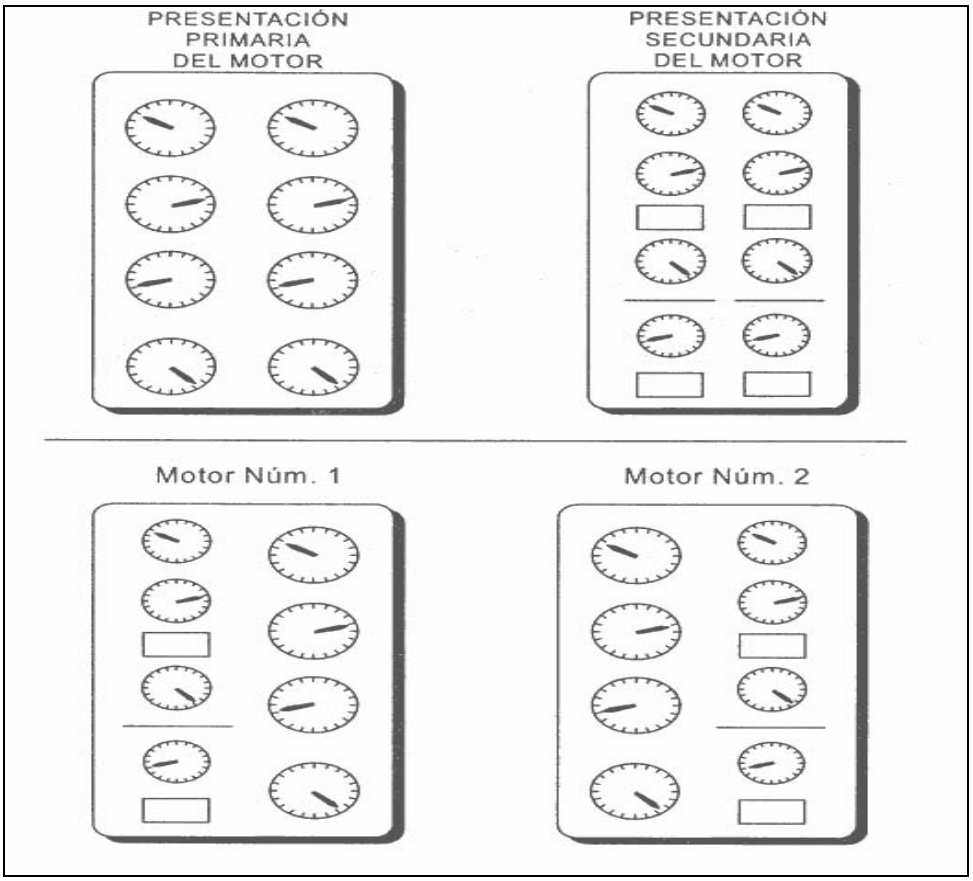
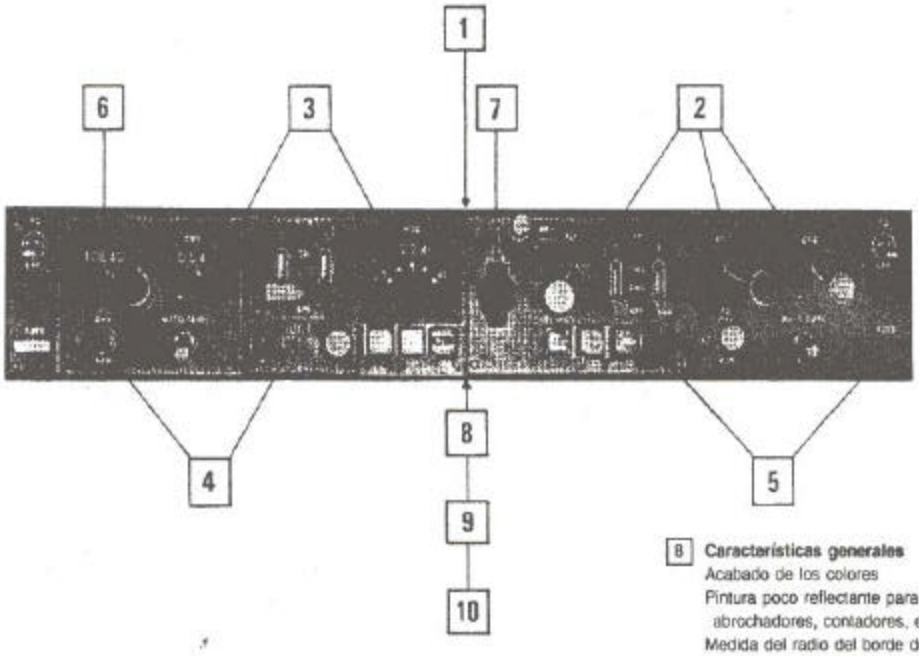


Figura 4-14. Ejemplos de puestos de pilotaje muy automatizados



1 Instalación
Miembros de la tripulación que lo utilizarán: prioridades
Ubicación: visión y alcance
Instalación vertical u horizontal
Función operacional
Vulnerabilidad a reflejos: luz solar directa
Dimensiones normalizadas

2 Datos de Lectura
Tamaño de los caracteres alfanuméricos
Tipo de las letras/cifras
Visibilidad desde la posición de referencia de los ojos de los pilotos: paralaje
Contador, dirección del movimiento
Contador, características del movimiento (analógico/digital)
Cobertura del cristal con revestimiento antirreflectante
Pintura poco reflectante
Utilización de colores
Blanco sobre negro o negro sobre blanco; contraste

3 Botones y palancas
Codificación: forma, textura, color
Tamaño
Interferencia de los dedos
Relación de giro, posibilidad de rotación rápida
Retén positivo (es decir, retención en el sentido del avance)
Señales inequívocas de posición; visibilidad a partir de la posición de referencia de los ojos de los pilotos
Fuerza de operación
Dirección del movimiento
Fricción de los dedos, agarre.

4 Interruptores (de presión o palanca)
Dirección del movimiento
Interferencia; operación inadvertida; protección, bloqueo de palanca, agrupamiento de controles para su activación
Codificación, forma, textura, colores
Tipo y tamaño
Señal de la posición: visibilidad desde la posición de referencia de los ojos de los pilotos
Fuerza de actuación

5 Interruptores (botón pulsador)
Tamaño y forma
Separación, separadores, operación inadvertida
Instalación vertical/horizontal: utilización en turbulencia
Anuncio de funciones, día/noche
Indicación en marcha/apagado, día/noche
Presión de activación y recorrido

6 Nomenclatura en los tableros
Tipo y tamaño de las letras
Nomenclatura redundante (abarrotamiento)
Abreviaturas normalizadas
Ubicación
Obstrucciones a la visibilidad

7 Controles
Dirección/relación de movimiento
Fricción de los dedos, agarre
Codificación; forma, colores
Interrelación funcional
Interferencia de los dedos, operación inadvertida
Requisito operacional de accionamiento "sin mirar"
Fuerza de operación
Característica de retén

8 Características generales
Acabado de los colores
Pintura poco reflectante para los tableros, abrochadores, contadores, etc.
Medida del radio del borde de las placas de luces (posibilidades de ocasionar daños)
Eliminación de características peligrosas
Compatibilidad con otros tableros del puesto de pilotaje
Ubicación relativa de los componentes/ módulos del tablero

9 Iluminación de los tableros
Brillo frente a voltaje
Equilibrio, compatibilidad con otros tableros
Brillo uniforme, iluminación uniforme de los datos de lectura
Tipos de colores (cálidos/fríos)
Utilización de códigos de colores/brillo en los interruptores activados por pulsación, etc.
Deslumbramiento, puntos de mayor intensidad luminosa, dispersión por rendijas (Obsérvese también la medida del radio del borde de las placas de las luces)
Controles, continuos/escalonados, integración con el sistema del puesto de pilotaje, ubicación
Posibilidades de reflexión de la luz, apantallamiento
Ubicación de los interruptores/controles según la intensidad de la luz
Iluminación de las posiciones de los botones/ palancas
Iluminación de la posición en marcha/ apagado de los interruptores accionados por pulsación

10 Mantenimiento
Facilidad para desmontar e instalar
Vulnerabilidad en las operaciones de desplazamiento y manejo que pueden dañar los equipos

Figura 4-15. Lista de verificación para evaluar un tablero típico de puesto de pilotaje

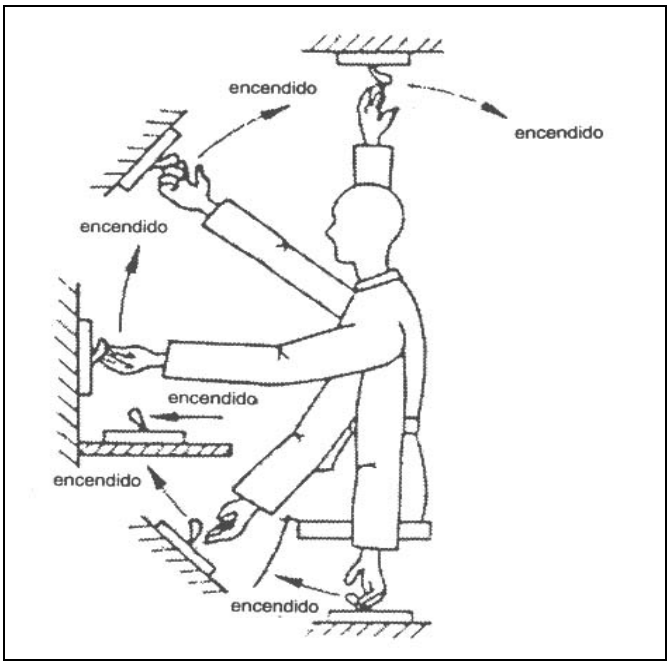


Figura 4-16 El concepto de posición de los conmutadores por "barrido" que está remplazando lentamente la disposición previa de "hacia delante"
(adaptado de *Human Factors* in Flight, FH Hawkins, 1987)

4.6.29 Los interruptores de presión (palanca) pueden estar colocados o bien según el concepto "en secuencia horizontal" siendo la posición de activación hacia adelante, o bien pueden estar colocados "en secuencia vertical" (véase la Figura 4-16), accionándose también hacia adelante y en forma de barrido. El concepto de "secuencia horizontal" presenta un problema de ambigüedad cuando se trata de tableros montados verticalmente o casi verticalmente. Dicho concepto también tiene poca flexibilidad cuando los módulos deben ser reubicados y el nuevo emplazamiento de los interruptores ya no se ajusta al concepto de "secuencia horizontal" y accionamiento hacia adelante. El concepto de colocación en "secuencia vertical" resuelve estas dificultades. Cuando se examinan las flotas de compañías que cuentan con distintos tipos de aeronaves, se pueden encontrar ambos conceptos respecto de los interruptores. Esta falta de normalización ha dado lugar a confusiones y a errores por parte de la tripulación.

4.6.30 Los requisitos en materia de personal de tripulación complementario es otro factor que cabe considerar en el diseño y trazado del puesto de pilotaje. Cuando la aeronave cuenta con tres miembros de la tripulación, el tercer miembro de la tripulación puede ocupar un asiento lateral encarado hacia un tablero aparte, o puede estar sentado entre los pilotos mirando al frente. Los fabricantes han utilizado uno u otro de estos dos diseños a lo largo de los años. Como norma general, cuando la complejidad de los sistemas aumenta hasta el punto de que se requiere una amplia instrumentación, se precisa de un puesto de trabajo distinto. En el caso de las aeronaves que cuentan con dos miembros de la tripulación, se emplea un gran tablero colocado en el techo para instalar los mandos que de otro modo habría que colocar en el tablero lateral. En general, los tableros colocados en el techo deberían tener los elementos más frecuentemente utilizados en la parte delantera y los que se utilizan con mayor frecuencia deberían estar ubicados en la parte posterior, porque resulta relativamente incomodo manipular los instrumentos colocados en esa parte posterior.

4.6.31 El hecho de que se cuente con una tripulación de dos o tres personas tiene repercusiones en materia de diseño que van más allá del simple proceso de reubicar mandos y pantallas o presentaciones. Por ejemplo, la respuesta de emergencia en el caso de una aeronave que cuente con una tripulación de dos personas y suponiendo que se produzca una primera falla en equipos dotados de módulo de reserva

redundante, se precisaría probablemente una intervención mínima de la tripulación. La conmutación de las funciones al módulo de reserva cuando falla el equipo primario debería efectuarse automáticamente, de manera que no sea necesario la intervención manual de un tercer miembro de la tripulación. No obstante, hay que informar de todos modos a la tripulación de lo ocurrido e indicarles cuáles son las otras opciones que pueden utilizarse como medidas ulteriores de emergencia. Además, deberían evitarse las actividades y procedimientos que requieren trabajar durante largo tiempo con la cabeza inclinada mirando los instrumentos, a fin de tener la máxima oportunidad de observar el exterior de la aeronave.

En diciembre de 1983, un Airbus A300B4 se estrelló poco antes de la pista en el aeropuerto de Kuala Lumpur durante una aproximación efectuada en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (lMC). Entre los factores contribuyentes se menciono que la aeronave se había arrendado de otra compañía y que sus controladores eran algo distintos de los otros A3000 de dicha empresa arrendataria. En el manual que se había proporcionado con el avión accidentado no figuraban los detalles de algunas modificaciones hechas en los instrumentos originales antes de proceder a la transferencia de la aeronave.

fuente: Resumen ADREP 84/6 de la OACI

4.6.32 Los principios generales relativos al diseño de asientos se aplican por igual a los asientos del puesto de pilotaje y a los asientos de los pasajeros. Entre esos principios cabe citar los siguientes: distribuir el peso del cuerpo en toda la zona de las nalgas y alrededor de los huesos donde se asienta el cuerpo, y proporcionar una altura de asiento adecuada para evitar la presión excesiva en la parte posterior de los muslos. La columna vertebral debería mantenerse equilibrada y conservar su curvatura relativamente natural mediante el diseño de un soporte apropiado para la región lumbar y del sacro (sacrolumbar) así como mediante el diseño apropiado del asiento. Los brazos del asiento deberían suministrar apoyo adecuado al antebrazo, permitiendo al mismo tiempo una buena movilidad para los hombros, los brazos y el torso. Además se deben tener en cuenta factores tales como la durabilidad y el peso del material, su inflamabilidad, integridad estructural, fiabilidad, así como el espacio disponible, los requisitos en materia de certificación y el costo. También hay que prestar atención adecuada a los mandos colocados en los asientos, a los sistemas de cinturones de seguridad o arneses y a los reposapiés.

4.6.33 Los pilotos deben permanecer sentados durante muchas horas y tener puesto el cinturón de seguridad, por lo que las características del asiento abarcan mucho más que los aspectos médicos y los problemas consiguientes que puedan plantearse (por ejemplo, dolores en la espalda). Los dolores o las dolencias en la espalda son bastante penosas y pueden repercutir en la motivación, en el comportamiento y en la performance o rendimiento.

4.7 EL AMBIENTE O ENTORNO

Estrés

4.7.1 El estrés ha sido definido por Hans Selye como toda respuesta no especifica del cuerpo a determinadas circunstancias que se le presentan a la persona.[1] Este concepto supone que existe un estado "normal" u "optimo" para las funciones corporales y que los elementos causantes de estrés (es decir, los estímulos o situaciones que lo ocasionan) constituyen una desviación de ese estado normal. En general, el estrés representa un esfuerzo que el cuerpo hace para adaptarse o para encarar exigencias circunstanciales y volver lo antes posible al estado normal. Cabe diferenciarlo en los siguientes tipos: estrés vital (actividades de la vida), estrés ambiental, y estrés cognitivo. El ***estrés vital*** viene producido por sucesos adversos que ocurren en la vida de una persona (por ejemplo, divorcio, muerte en la familia). Los tipos de estrés ambiental y cognitivo están mas bien relacionados con actividades concretas llevadas a cabo por el ser humano. El ***estrés ambiental*** incluye los efectos que tienen factores tales como la temperatura, la

humedad, el ruido, la presión, la iluminación y las vibraciones. El ***estrés cognitivo*** atañe a las exigencias cognitivas (o mentales) de la tarea propiamente dicha. Las medidas que existen para contrarrestar y minimizar los posibles efectos dañinos del estrés ambiental y del estrés cognitivo quedan comprendidas dentro del campo de la ergonomía.

4.7.2 EL estrés ha estado vinculado tradic ionalmente con el interés (viveza de los sentidos), lo cual tiene relación con cambios no específicos (por ejemplo, actividades hormonales y del cerebro) que ocurren en el cuerpo cuando se producen estímulos externos. En general, los niveles de estrés e interés (viveza) están correlacionados positivamente, es decir, un estrés elevado va unido a un nivel de interés elevado. La ley Yerkes-Dodson que aparece en forma de gráfico en la Figura 4-17 establece una relación entre performance e interés. Allí se demuestra que los niveles de performance de las personas aumentan según el grado de interés, hasta un punto a base del cual todo incremento adicional de dicho interés menoscabara en general la performance de la tarea. La forma que adquiere la curva indicativa de la relación es la misma para las distintas tareas, pero la forma exacta de cada curva y su emplazamiento dentro del diagrama variará con arreglo a la complejidad de la tarea realizada.

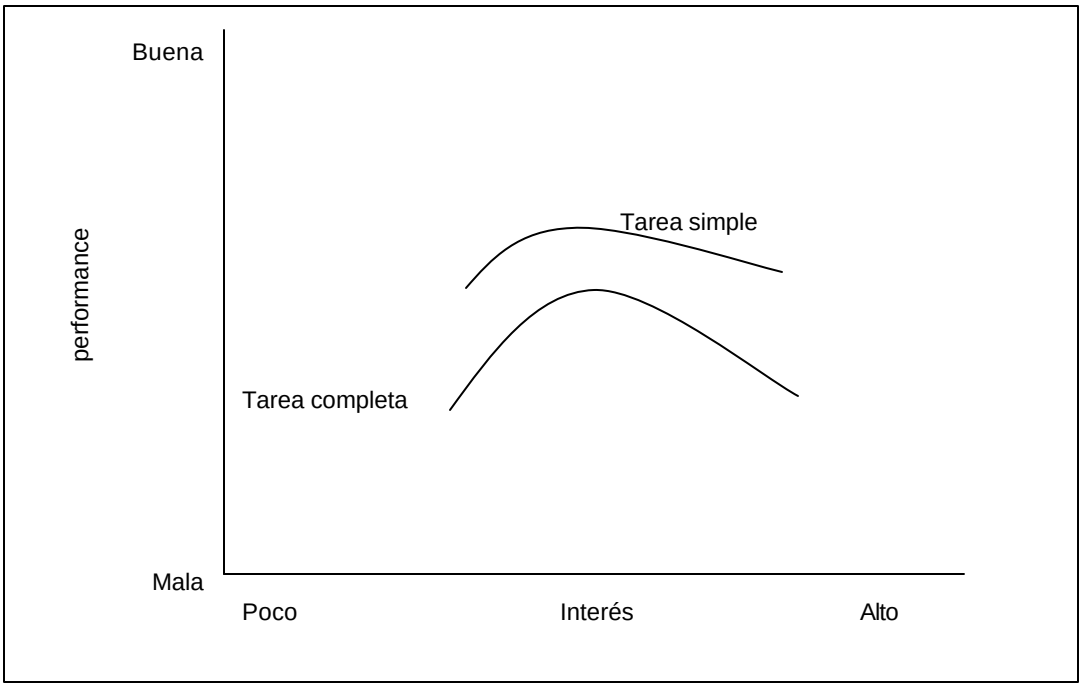


Figura 4-17. La ley Yerkes-Dodson sobre performance e interés

4.7.3 El estrés está relacionado con la capacidad de la persona para prestar atención a los estímulos del entorno. En una situación simple donde existen pocos estímulos, el estrés mejorara la performance pues la atención podrá centrarse. En una situación compleja donde existen muchos estímulos, el estrés disminuirá la performance porque se hará caso omiso de muchos estímulos. Esto explica muchos accidentes en los que la tripulación sometida a estrés "centró su atención" en un determinado instrumento que era defectuoso (aun cuando ese instrumento no tuviera gran importancia) y no prestó la debida atención a otros elementos cruciales de información.

Ruido

4.7.4 El ruido se define como sonido no deseado. Hay dos aspectos importantes del ruido que deben ser objeto de examen, a saber: las fuentes de ruido, y los efectos fisiológicos y sociológicos sobre la persona

que está expuesta al ruido. El ruido afecta a la persona de muchas maneras, dependiendo de si es un ruido esperado, si hace la tarea más difícil, y si la persona está relajada o alerta.

4.7.5 Las principales fuentes de ruido en una aeronave de ala fija son los motores, el aire acondicionado, la presionización y los sistemas hidráulicos, y también la turbulencia en la capa limite. Dentro de la aeronave, el ruido es mayor en los lados del fuselaje que en el centro. El nivel de ruido del puesto de pilotaje cambia con facilidad según sea la interacción de la corriente de aire con la superficie del fuselaje. La insonorización reducirá el ruido pero también contribuirá a aumentar el peso de la aeronave. Esto tiene muchas repercusiones poco deseadas, como por ejemplo el incremento en los costos de combustible. Las mejoras en el diseño para reducir el ruido en la fuente serian una alternativa mejor en ese sentido. Por ejemplo, cuando se quitaron los limpiaparabrisas en un gran reactor de transporte se redujo el nivel de ruido en el puesto de pilotaje en 2 dB.

4.7.6 El efecto patológico más importante del ruido, que es la incapacitación auditiva, ya se ha discutido en 4.2. Entre otros efectos fisiológicos cabe citar los cambios en la presión de la sangre y en el número de pulsaciones del corazón, los dolores de cabeza, el cansancio y los problemas gastrointestinales tales como las ulceras. En el pasado, las tareas monitoras de emisiones de radio de alto frecuencia (HF) durante periodos de tiempo prolongados constituían una fuente notable de ruido. Esto se ha atenuado gracias a la introducción del sistema de llamada selectiva (SELCAL). Los progresos tecnológicos en las comunicaciones — al igual que en otras áreas —proporcionaran ciertamente nuevas mejoras a efectos de proteger la capacidad auditiva. Con todo, el hecho es que los miembros de la tripulación que están expuestos a intensos ruidos en la aeronave durante largos periodos de tiempo pueden fácilmente esperar que sufrirán una cierta pérdida de su capacidad auditiva edemas de la pérdida natural que ocurre con la edad.

4.7.7 El ruido afecta a la performance pues se produce interferencia con la detección y comprensión de las señales o del lenguaje atinentes a las tareas. El ruido interfiere con las comunicaciones orales pues modifica la relación señal-a-ruido y disminuye la inteligibilidad del lenguaje. Asimismo afecta a las comunicaciones orales por producir incapacitación auditiva.

Un avión Beechcraft B-99 bimotor se estrelló durante una aproximación por instrumentos al aeropuerto del valle Shenandoah, Virginia, en septiembre de 1985. El personal NTSB llegó a la conclusión de que entre los factores que contribuyeron a los errores de la tripulación de vuelo había que mencionar "...las dificultades de comunicaciones dentro del puesto de pilotaje debidas a los elevados niveles de ruido ambientales del avión..."

Fuente: Resumen ADREP 88/4 de la OACI.

4.7.8 Dado que molesta a la mayor parte de la gente, el ruido puede repercutir en las condiciones sociológicas de la persona. En el puesto de pilotaje, esta molestia se combina con los problemas que el ruido causa en las comunicaciones. Esto puede dar lugar a frustraciones y provocar ansiedad debido a la necesidad de repetir los mensajes o a las dificultades de comprensión. A su vez, esto puede aumentar la carga de trabajo y la fatiga. Aunque es tarea del ergonomista tratar de minimizar el ruido mediante elementos de diseño y mediante el suministro de protección auditiva, los miembros de la tripulación deberían ser conscientes de que el ruido tiene un efecto solapado y puede ser dañino, y deberían conocer los métodos que permiten reducir los niveles de ruido o protegerse contra sus efectos perjudiciales.

Temperatura

4.7.9 Las temperaturas extremas son uno de los factores más corrientes de estrés ambiental. Dado que el ser humano sólo se encuentra cómodo dentro de una estrecha banda de temperaturas, es necesario saber cómo funciona la persona en distintos niveles de temperatura antes de poder adoptar las medidas correctivas pertinentes. Las cuestiones relativas a las necesidades de aire acondicionado y a la performance de la persona en condiciones de estrés por causa del color o del frío deberían ser temas resueltos y considerados durante el diseño del sistema. Los sistemas de mando ambiental de la cabina son los principales medios para regular el entorno interno de la aeronave.

4.7.10 El ser humano genera calor cuando trabaja en tareas mecánicas y también, aunque en menor medida, cuando descansa. El exceso de calor se transmite al entorno, principalmente a través de la transpiración y del sudor, a fin de mantener una temperatura corporal relativamente constante de 37°C (Celsius). El éxito en la regulación de la temperatura corporal depende de varios factores: la temperatura ambiente, la humedad, y la velocidad del aire. Si la temperatura corporal aumenta en más de 2°C, la eficiencia fisiológica se verá menoscabada.

En febrero de 1984, un Cessna T-303 se estrelló durante el aterrizaje en Hickory, Carolina del Norte, Estados Unidos. La aeronave se salió por el extremo de la pista y chocó con una valla. El piloto estaba incomodado pues un calentador no funcionaba y la luz del techo no podía apagarse.

Fuente: Resumen ADREP 86/5 de la OACI.

4.7.11 Los efectos fisiológicos de temperaturas ambientes extremas son bien conocidos, pero los efectos que el estrés debido al calor produce en la performance de la persona, es un tema más complejo. En general se acepta que el calor excesivo ocasionará una disminución de la performance, pero no hay mucho acuerdo sobre cuánta disminución se producirá o cuánto tiempo tardara en manifestarse la disminución de la performance debido al calor. El ser humano puede soportar la exposición a temperaturas extremas solo por un corto lapso antes de que se manifieste una deterioración medible. La aclimatación prolonga este lapso. En personas no aclimatizadas, la deterioración se manifiesta cuando la temperatura ambiente excede los 30°C, la humedad relativa es elevada y la exposición sobrepasa las tres horas. Obviamente, la ropa y el nivel de actividad física desempeñan también un papel importante.

4.7.12 Cuando está expuesto al frío, el cuerpo trata de mantener la temperatura de los órganos centrales y para ello produce temblores y restringe el flujo sanguíneo que va a la superficie del cuerpo. Las temperaturas corporales inferiores a 35°C son peligrosas. La conciencia se obnubila a los 34° C, a lo cual sigue la inconsciencia a alrededor de los 30° C, manifestándose habitualmente irregularidad cardiaca entre 30° y 28° C; y la muerte se hace inminente. Aunque la humedad no es un factor, la velocidad del aire es importante; por ello, en los informes meteorológicos se proporciona cada vez mas el factor de enfriamiento a causa del viento. (El enfriamiento a causa del viento no es algo sociológico, pues efectivamente se produce una disminución en la temperatura del cuerpo.) El frío incrementa el tiempo necesario para la reacción y para el movimiento, y la destreza manual empieza a deteriorarse cuando la temperatura de la piel de la mano es inferior a 18°C.

Humedad

4.7.13 La humedad puede ser un problema en el caso de aeronaves de reacción de transporte en vuelos a gran altitud, porque la humedad relativa es muy baja en esas altitudes operacionales. La incomodidad que produce una humedad relativa baja no significa necesariamente indisposición física. La deshidratación

general puede evitarse si se toman líquidos en cantidad adecuada. Los diuréticos tales como el café o el té deberían evitarse. La instalación de humidificadores en la aeronave podría aumentar la humedad de la cabina/puesto de pilotaje, pero se plantean posibles problemas de peso, condensación y contaminación debida a minerales, todo lo cual debe ser tenido en cuenta por el diseñador.

Presión

4.7.14 La presionización de la cabina elimina muchos problemas conexos con los vuelos a gran altitud pero comporta otros posibles problemas, siendo el más importante de ellos el riesgo de descompresión rápida. El periodo de tiempo que la persona mantiene un estado de conciencia útil (TUC) después de una descompresión rápida depende de la altitud de la aeronave, del régimen de caída de la presión, y del nivel de actividad física del individuo en el momento en que se produce el hecho. En el caso de las altitudes típicas (35 000 ft, es decir unos 10 000 m) a que vuelan las aeronaves de transporte de reacción, la TUC variara entre 33 y 54 segundos. Cabe esperar que estos valores promedios se reduzcan a la mitad cuando la altura es de 40 000 ft (unos 13 000 m). Esto resalta la importancia que tiene contar con una disponibilidad inmediata de oxigeno complementario para los miembros de la tripulación.

4.7.15 La fiabilidad técnica de los sistemas automáticos de suministro de oxigeno, así como el diseño de ciertos tipos de máscaras de colocación rápida destinadas a la tripulación de vuelo, han resultado en ocasiones de nivel inferior al optima. Habría que tener en cuenta que los sistemas de oxigeno se emplearán en condiciones de ansiedad y acompañados de otros elementos de estrés, y reviste la máxima importancia tanto la simplicidad de uso como la fiabilidad.

Iluminación

4.7.16 El carácter y la cantidad de la iluminación del puesto de pilotaje necesaria para determinada tarea puede variar considerablemente. Son factores de importancia la rapidez y la precisión con la que deben leerse las pantallas, la iluminación ambiente, otras fuentes luminosas (especialmente, la luz del sol) y la presencia de resplandor. Se define al resplandor como una condición de la visión en que hay incomodidad para ver o la visión esta disminuida para percibir objetos importantes, o ambas cosas a la vez, debido a una distribución inapropiada o gama de luminosidad (o sea, densidad de la luz, o intensidad luminosa por área proyectada unitaria) o a contrastes extremos en el espacio o en el tiempo.

4.7.17 El deslumbramiento es un aspecto importante a efectos de evaluar el entorno iluminado. El deslumbramiento puede estar ocasionado por luces brillantes o reflexión de la luz en las superficies del entorno. Puede ocasionar incomodidad o molestia y puede causar interferencia en la performance visual. El tipo de reflexión de las superficies depende de las propiedades de la superficie (por ejemplo, si se trata de una superficie pulida, áspera o mate). Hay pruebas indicativas de que la tolerancia al deslumbramiento contiene un elemento subjetivo. Las técnicas más efectivas para reducir el deslumbramiento son, entre otras, el bloqueo de la superficie deslumbrante o la colocación de luces suplementarias para compensar los efectos del deslumbramiento.

Vibración

4.7.18 La vibración es toda forma de movimiento que cambia periódicamente su magnitud de desplazamiento en relación con un punto determinado, y se trata de un fenómeno físico generalizado. El movimiento de los pistones dentro de los cilindros del motor o las perturbaciones que se generan en una aeronave que vuela a través de una turbulencia de aire, son formas de vibración que pueden transmitirse al ser humano. Por lo general, la vibración se transmite por contacto directo entre el cuerpo y la estructura que vibra, y puede tener efectos nocivos.

4.7.19 La vibración reviste importancia operacional en la aviación porque puede menoscabar la agudeza visual, interferir en el control neuromuscular y provocar fatiga. Aunque no tanto como antes, todavía se producen elevados niveles de vibración en los helicópteros y también en las aeronaves de ala fija cuando vuelan a bajo nivel.

4.7.20 Cabe suministrar protección contra la vibración si se presta atención a la fuente de las vibraciones. si se modifica el canal de transmisión, o si se cambian las propiedades dinámicas de los componentes de la aeronave. La reducción de la vibración dimanante de los motores de la aeronave es una tarea primaria que incumbe a los ingenieros de diseño y de mantenimiento. La instalación de dispositivos denominados amortiguadores dinámicos de vibraciones ha conseguido disminuir los niveles de vibración en los helicópteros y otro método ergonómico para disminuir la vibración consiste en aislar los asientos de la tripulación de vuelo de las fuentes de vibración.

BIBLIOGRAFÍA

Chapanis, A., 1965 *Man-machine engineering* Wadsworth. Belmont, California, U.S.A.

Damon, A., Stoudt, H.W. & McFarland, R.A., 1966 *The Human Body in Equipment Design*. Harvard. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.

Edwards & Edwards, *The Aircrafr Cabin* Gower Technical Press.

Emsting & King, *Aviation .Medicine* Butterworths.

Grandjean, E., 1980 *Fitting the Task to the Man*: An Ergonomic Apgroach Taylor & Francis. London, United Kingdom.

Hawkins, Frank H., *Human Factors in Flight* Gower Technical Press.

Kantowitz & Sorkin. *Human Factors*, Understanding People-System Relationships John Wiley and Sons.

O'Hare & Roscoe, Flighitdeck Performance. *The Human Factor* lowa State University Press. Ames, lowa, U.S.A.

Roscoe, S. (Ed.), 1980 *Aviation psychology* lowa State University Press, Ames. lowa, U.S.A.

Salvendy (Ed) *Handbook of Human Factors* John Wiley and Sons.

Sanders & McCormick, *Human Factors in Engineering and Design* McGraw-Hill.

Shackel, B. (Ed), 1974 *Applied ergonomies Handbaok* IPC Science and Technology Press. Surrey, England.

Sloan & Cooper, *Pilots under Stress.* Routledge & Keegan Paul.

Stokes, Wickens & Kite, *Display Technology. Human Factors Concepts* Society of Automotive Engineers.

Wiener & Nagel, *Human Factors in Aviation* Academic Press.

Manual de medicina aeronáutica civil de la OACI (Doc 8984).

CAPÍTULO 5
CUESTIONES RELATIVAS A FACTORES HUMANOS EN LA GESTIÓN DEL TRÁNSITO AÉREO

5.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo trata de las cuestiones de factores humanos relativas al control de tránsito aéreo (ATC). Su objetivo es proporcionar orientación práctica en materia de factores humanos a las personas interesadas en los sistemas ATC. Su propósito es demostrar como las capacidades y limitaciones humanas pueden influir en el desempeño de las tareas y en la seguridad. También se identifican las fuentes de los conocimientos en materia de factores humanos. Este capítulo:

- describe cómo considerar los factores humanos dentro de un sistema;
- explica las cuestiones de factores humanos relacionadas con la introducción de automatización en el ATC;
- describe los criterios para seleccionar a los controladores y analiza las cuestiones relativas a la instrucción del controlador de tránsito aéreo;
- considera determinados atributos humanos pertinentes a los sistemas ATC; y
- proporciona una lista de referencias.

5.2 LOS FACTORES HUMANOS DENTRO DE LOS SISTEMAS

A fin de describirlos de manera fácil, los diversos temas relativos a los factores humanos se analizan separadamente en este capítulo. En la práctica, estos temas nunca están separados sino que siempre están relacionados entre sí de manera importante. Ninguna cuestión de factores humanos de la vida real en el ATC puede analizarse completamente bajo un único concepto. Por ejemplo, cualquier especificación del puesto de trabajo o del espacio de trabajo ATC tendrá consecuencias en la organización de las tareas, en el desempeño, en las posibilidades de error, y probablemente también en la instrucción y las funciones de equipo. El modelo SHELLL[1] puede utilizarse para identificar esferas que adolecen de problemas, remontar a los orígenes de determinados problemas y definir tareas apropiadas de recopilación de datos. El modelo SHELLL comprende las principales interacciones entre el ser humano y los demás aspectos del sistema pero puede también existir un segundo y un tercer orden de interacciones. Por ejemplo, lo que un controlador ve realmente en una pantalla puede depender de qué información es la que se presenta (equipo), cuán apropiado es para la tarea (soporte lógico), si está obscurecido por el resplandor (medio ambiente) y qué es lo que el controlador esta esperando ver después de conversar con el piloto (elemento humano).

5.2.2 La finalidad del sistema ATC es mantener la afluencia del tránsito aéreo de modo que sea seguro, ordenado y ágil y constituye un ejemplo de un gran sistema ser humano-máquina: En sistemas de este tipo los seres humanos interactúan con la máquina para ejecutar las funciones del sistema pero, habitualmente, los seres humanos no tienen todos iguales tareas, trabajo, equipo ni funciones, aun cuando puedan tener una formación y calificaciones profesionales similares. Un sistema ATC seguro y eficiente debe incluir la tecnología apropiada. Debe también estar dotado de controladores de tránsito aéreo profesionales que tengan la instrucción y los conocimientos debidos y que puedan entender y utilizar todas las instalaciones y servicios disponibles para proporcionar un servicio ATC satisfactorio.

5.2.3 Además de la seguridad, el orden y la rapidez, el sistema ATC tiene varios objetivos menos conocidos: economía del combustible; atenuación de ruido; perturbación mínima del medio ambiente; rentabilidad (que se hace cada vez más importante debido al carácter empresarial que asume el ATC); imparcialidad respecto a todos los usuarios en materia de normas y reglamentación; y la satisfacción de los pedidos de los usuarios siempre que sea posible. Un objetivo secundario pero vital es garantizar el suministro continuo de una dotación de controladores que puedan satisfacer las normas, criterios y objetivos del ATC con las instalaciones y equipo existentes o nuevos. Esto implica que se dedique considerable esfuerzo en una organización ATC a la capacitación de los (nuevos) controladores de tránsito aéreo y al desarrollo de los sistemas ATC, para todo lo cual es indispensable el aparte y la participación de controladores de tránsito aéreo operacionales. Esto debería manifestarse en la magnitud del personal de controladores.

Son ejemplos de interfases SHEL relacionadas con el ATC:	
Elemento humano soporte lógico:	*Las diferencias existentes en los procedimientos de reglaje del altímetro (pulgadas en vez de hectopascales; altura de las altitudes o niveles de transición) pueden dar lugar a errores por parte de las tripulaciones que actúan en un espacio aéreo extranjero o con el que no están familiarizados *Los manuales de procedimientos ATC nacionales o locales no están al día en lo que respecta a los procedimientos operacionales que se aplican;
Elemento humano-equipo:	*Las sillas ajustables con ruedas son a menudo más cómodas que las sillas rígidas con patas ordinarias; *Que los auriculares sean adecuados;
Elemento humano-medio ambiente:	*Existencia de control de la temperatura o climatización en las salas de operaciones; *En las torres: ventanas en ángulo, vidrio ahumado, etc. Igualmente, posición de la torre de manera que se evite estar al sol la mayor parte del día;
Elemento humano - elemento humano *relaciones empleado - empleador	*Todos los aspectos de la coordinación y la comunicación;

La armonización del ser humano y la máquina

5.2.4 La mayoría de las cuestiones relacionadas con los factores humanos en el ATC no son nuevas sino que son consecuencia de la capacidad y limitaciones fundamentales del ser humano. Más aún, hay que tener en cuenta los factores humanos ante los cambios que se producen en otras esferas por ejemplo, ante la mayor demanda de servicios de tránsito aéreo o cuando surgen nuevos adelantos tecnológicos. El logro de todos los beneficios esperados de estos adelantos exige una armonización satisfactoria del ser humano y la maquina de modo que el ser humano no impida el progreso técnico debido a que se le haya dado tareas que van más allá de su capacidad. El objetivo de los factores humanos en el ATC es armonizar las especificaciones y el diseño del sistema ATC con las capacidades y limitaciones humanas. Esta

armonización del ser humano y el sistema constituye un proceso activo, cada evolución puede entrañar cambios tanto para uno u otro como para ambos. La armonización satisfactoria exige la aplicación correcta de la gran masa de datos de que se dispone en materia de factores humanos.

5.2.5 El controlador de tránsito aéreo necesita entender como ha sido diseñado el sistema de control de tránsito aéreo y cómo puede funcionar a fin de interactuar con el mismo y aportar el beneficio de los conocimientos profesionales del controlador. Las razones fundamentales de la aplicación de los principios relativos a los factores humanos al ATC son el mejoramiento de la seguridad y la prevención de los accidentes.

La evolución del control de tránsito aéreo

5.2.6 En años recientes se ha constatado un aumento sin pausa del tránsito aéreo a escala mundial. La introducción de aeronaves más grandes y más rápidas junto con el creciente numero de aeronaves pequeñas ha exigido que el ATC atienda a una mayor variedad de tipos de aeronaves. A pesar del equipo más eficiente en el aire y en tierra y del empleo más intensivo y productivo del sistema ATC, valores máximos de tránsito aéreo a la capacidad máxima o casi máxima del sistema ATC se han hecho más comunes y más persistentes.

5.2.7 Se prevé que en muchas partes del mundo la demanda futura de servicios de tránsito aéreo supere a la capacidad de los sistemas ATC actuales, Los cuales deberán, por lo tanto, transformarse o reemplazarse a fin de atender de manera segura y eficiente esta demanda acrecentada. La ulterior sectorización del espacio aéreo resulta, en última instancia, inefectiva como solución debido al trabajo adicional de coordinación y enlace que entraña. Se ha tenido que idear, probar y aplicar otras soluciones que incluyen:

- el suministro de mejores datos al controlador;
- la sustitución de las funciones manuales por modos automatizados;
- el tratamiento y la presentación automatizada de datos;
- la ayuda automatizada para las tareas cognitivas humanas como, por ejemplo, la resolución de problemas y la toma de decisiones;
- utilización flexible del espacio aéreo, basada en las necesidades operacionales en vez de los límites geográficos;
- cambiar, de las intervenciones tácticas de corto plazo que resuelven los problemas a medida que se plantean, a la planificación estratégica anticipada de una afluencia de tránsito eficiente a fin de impedir que se planteen problemas.

5.2.8 Algunas veces los sistemas quedan recargados y hay que imponer controles a la afluencia: la gestión de afluencia del tránsito aéreo (ATFM) constituye actualmente un proceso corriente en las zonas muy activas para coordinar la planificación de la afluencia del tránsito aéreo a través de los sectores y de las FIR. Si bien la ATFM es básicamente una herramienta estratégica para impedir que se recarguen los sistemas de control de tránsito aéreo se necesita la experiencia del controlador de tránsito aéreo y un conocimiento profundo del área para planificar la afluencia del tráfico. El objetivo del ATFM como se aplica en Europa no es controlar las aeronaves en el aire sino minimizar las demoras asignando salidas y rutas a las aeronaves que están todavía en tierra. En los Estados Unidos se elaboró una forma de ATFM en la que una dependencia central (Washington) puede intervenir en el tránsito aéreo para optimizar la

afluencia, por ej, con determinado destino o evitando sistemas con determinadas condiciones meteorológicas.

5.2.9 Otros factores pueden agravar las difíciles circunstancias que está enfrentando el ATC. La magnitud de la dotación de controladores puede mantenerse igual aun cuando se necesiten más controladores debido al aumento del tráfico. También pueden necesitarse más controladores si la nueva tecnología permite que se disminuya la separación aplicable entre aeronaves lo cual no solamente logra los aumentos previstos en la capacidad del sistema para atender el tráfico sino que también requiere que el controlador intervenga más rápidamente si no se mantienen los criterios de separación. La pista, la ruta de salida ó el circuito de aproximación preferido por el controlador y el piloto puede no estar disponible debido a restricciones en materia de atenuación de ruido.

5.2.10 Las técnicas de gestión del tránsito aéreo están cambiando constantemente. Están surgiendo nuevos métodos de enlace de datos y comunicaciones por satélite, está mejorando la calidad del tratamiento radar y de datos, se están creando sistemas anticolisión, se está explorando la posibilidad de rutas directas de aeronaves entre aeropuertos de salida y llegada en vez de a través de aerovías y se están investigando las posibilidades de sistemas de navegación aérea del futuro para el próximo siglo. Asimismo hay que considerar las opciones que ofrecen tales adelantos tecnológicos en términos de seguridad, eficiencia, rentabilidad y compatibilidad teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones humanas. Estos adelantos cambian los procedimientos y métodos del ATC, el medio de trabajo y la función de los controladores, planteando a todos los interesados el desafío de no descuidar las cuestiones de factores humanos. El requisito supremo de la seguridad nunca debe quedar comprometido por el ATC sino mantenerse y perfeccionarse a través de todo cambio futuro.

Transferencia de información

5.2.11 Los objetivos del ATC son prevenir los choques entre aeronaves y evitar otros peligros potenciales por medios que al mismo tiempo fomenten la eficiencia del vuelo. Como puede lograrse esto depende de muchos factores, que comprenden:

- las características de cada aeronave y de su equipo;
- el carácter y el grado del control que se ejerce sobre el tránsito;
- las normas, principios y procedimientos aplicables;
- los medios para ejercer el control del tránsito aéreo;
- los conocimientos, la pericia y la experiencia del piloto;
- los conocimientos, la pericia y la experiencia del controlador;
- la cantidad, densidad y componentes del tránsito aéreo;
- la información disponible sobre cada aeronave;
- los factores ambientales, lo cual incluye el equipo de tierra, el terreno y las condiciones meteorológicas.

5.2.12 La información relativa a las aeronaves es de dos clases: cuantitativa y cualitativa. La información cuantitativa por ejemplo, sobre la posición, nivel de vuelo, velocidad, rumbo y maniobras generalmente puede expresarse y comunicarse digitalmente, y proporcionarse de manera visual. La información cualitativa por ejemplo, sobre la fiabilidad, validez y seguridad de los datos, no se presenta de manera visual habitualmente sino que depende del modo en que se percibe y se transmite la información, especialmente en términos de su frecuencia de actualización. Exactitud, precisión y de los tipos de error, falla o degradación a los cuales puede ser susceptible. El controlador experimentado aprende a reconocer y ajustarse a la información de mala calidad.

5.2.13 La información cualitativa determina a menudo cuán ajustadamente puedan volar cerca las aeronaves de manera segura y de ahí establece la capacidad del sistema ATC en la mayoría de las circunstancias, aun cuando otros factores como los mínimos de estela turbulenta o el número y disponibilidad de pistas puedan tener un efecto sobre la capacidad. La separación permitida entre aeronaves puede generalmente ser más pequeña en un ambiente radar (cuando la información sobre la misma es de alto calidad y actualizada frecuentemente) que cuando están más allá de la cobertura radar y se aplican criterios de separación reglamentarios.

El espacio de trabajo del controlador

5.2.14 Los espacios de trabajo del control de tránsito aéreo deben ser seguros y eficientes bajo las condiciones más desfavorables posibles. Esto se aplica a los atributos del elemento humano (como, por ejemplo, las normas mínimas de visión), del equipo (equipo que está por remplazarse), del soporte lógico (procedimientos distintos de los habituales) y del medio ambiente (por ejemplo, el resplandor del sol). Por lo tanto, deben verificarse los espacios de trabajo y validarse para dichas condiciones y no para condiciones medianas u óptimas. Cada espacio de trabajo debe tener en cuenta la información a presentar, los tipos de control necesarios para cada tarea y su disposición en relación a uno y otro y a las pantallas y, por ultimo, el diseño de los muebles. Esto exige una aplicación a fondo de pruebas constatadas del punto de vista ergonómico en lo que atañe a la posición, disposición, separación y codificación de los mandos y de la información presentada. Hacer concesiones sobre estos principios puede dar lugar a un funcionamiento menos eficiente, que insumirá más tiempo, será más propensa a errores y que podrá poner en peligro la seguridad.

5.2.15 Las decisiones en materia de espacio de trabajo y diseño predeterminan muchas de las clases de error humano que son posibles y que ocurrirán más tarde o más temprano. Esto se aplica especialmente a las decisiones relativas a las presentaciones visuales y codificaciones, a los tipos y sensibilidad de los dispositivos de control y entrada de datos, a la disposición del equipo en el espacio de trabajo, a los canales de comunicación y a los medios de activarlos, y a la relación percibida entre las presentaciones visuales y los dispositivos de entrada de datos.

Comunicaciones

Las instalaciones disponibles en materia de comunicaciones en el espacio de trabajo tienen que poder verse de manera muy fácil. El componente principal de las comunicaciones consiste en un soporte lógico para cuya utilización hace falta el equipo. Las instalaciones de comunicaciones deben formar parte integrante del espacio de trabajo y de manera que, cuando se está utilizando un canal de comunicaciones, dicha operación se pueda ver claramente y sin posibilidad de confusión. Deben proporcionar una indicación positiva de una transmisión satisfactoria. Hasta ahora, buena parte de la información transmitida de un controlador a otro o entre pilotos y controladores se ha comunicado verbalmente (o sea, una interfaz elemento humano-elemento humano) y los formatos de mensaje han incluido el reconocimiento oficial de que cada mensaje ha sido recibido y entendido. En el futuro, será mayor el volumen de información que se transmite automáticamente entre las aeronaves y los sistemas terrestres,

entre los satélites y las computadoras, y a través de diversos otros sistemas de comunicaciones que no exigirán la intervención directa del controlador. El controlador no puede tener conocimiento de tal información a menos que se haya previsto, de manera especial, comunicársela para que este al tanto de la misma. El papel que desempeñan los grupos y equipos de personas a menudo disminuye cuando las comunicaciones se automatizan dada que el enlace humano con la maquina a través de la interfaz elemento humano-maquina es accesible habitualmente a uno de los controladores pero no a todos ellos.

Ejemplo: En un entorno ATC ordinario con comunicaciones orales, no es infrecuente que el controlador que se halla en la posición contigua oiga una instrucción errónea o un error de confirmación en una transmisión del controlador de otra posición, o detecte un error de confirmación del piloto a otro controlador. En un medio más automatizado (p.ej., con el sistema de comunicaciones de enlace de datos controlador-piloto (CPDLC) como método principal de comunicación) este mecanismo adicional de defensa no existe.

5.2.17 Los sistemas ATC continuarán utilizando todavía durante muchos años una combinación de diversos tipos de comunicaciones. El ATC debe proporcionar servicio a diferentes tipos de aeronaves cuyo equipo de comunicaciones de a bordo puede no ser similar. El controlador debe entender cómo funcionan todos los tipos de información que se le puedan presentar y saber integrarlos. Si hay ayudas automatizadas para las comunicaciones el controlador debe saber cómo funcionan. Los diferentes tipos de información que se transmiten pueden combinarse y utilizarse de manera compatible únicamente de la manera que resulte posible según la interfaz elemento humano--máquina que se haya establecido.

5.2.18 Para evitar ambigüedades y posibles fuentes de error, el contenido, la estructura, los diálogos, el vocabulario y las secuencias de los mensajes ATC orales se han normalizado en todo lo posible. Gran parte de esto ya se ha hecho desde hace años. El alfabeto fonético de la OACI es el resultado de un amplio estudio cuyo objetivo era seleccionar un conjunto de palabras que se podrían pronunciar de manera bien identificable y distinta una de la otra a través de canales de comunicaciones con degradación y ruido aun cuando las emplearan personas cuyo idioma nativo no fuese el inglés. El alfabeto fonético de la OACI ha demostrado ser eficiente y es poco probable que nuevos estudios en esta materia lograsen algún perfeccionamiento de importancia. (No obstante, el hecho de que sea apropiado para el reconocimiento por seres humanos no implica que lo sea por las máquinas.)

5.2.19 Las fuentes principales de las confusiones y analogías fonéticas están bien establecidas. Las aeronaves con distintivos similares dentro del mismo espacio aéreo pueden inevitablemente constituir una causa posible de error humano y tales circunstancias es mejor evitarlas en la planificación previa. Cada vez que las aeronaves tengan que volar en la misma área durante alguna etapa del vuelo, se les debería asignar distintivos de llamada muy diferentes. La ambigüedad puede evitarse dando siempre los contenidos de los mensajes ATC en formato y orden normalizados. Esto reduce la posibilidad de que, por error, se confunda un tipo de información por otra.

Ejemplo: EL número "250" podría significar un nivel de vuelo, un rumbo o velocidad y podría incluso ser la parte del número de vuelo de un distintivo de llamada. Es obvio que sin la observancia de los procedimientos normalizados hay muchas posibilidades de ambigüedad en esto.

5.2.20 Las comunicaciones pueden mejorarse por una buena disciplina de los controladores y pilotos. Es importante hablar siempre despacio y claramente, especialmente cuando el idioma utilizado no es el

idioma nativo ni del que habla ni del que escucha. Hacia el final de un turno prolongado, o de un vuelo prolongado, el controlador, o el piloto, puede estar cansado y habría que hablar de manera muy lenta y clara. Es común familiarizarse con las voces y puede ser causa de confusión para el piloto si un controlador diferente del previsto contesta, como puede ser causa de confusión para el controlador si partes del diálogo con la tripulación de una aeronave se entablan con diferentes miembros de la misma. Las transmisiones donde se interrumpe el principio o el fin del mensaje pueden ser potencialmente peligrosas, especialmente si el controlador esta ocupado, que es cuando es más probable que suceda esto. La confirmación habitual de los mensajes y el pedido de repetirlos en caso de duda puede ayudar a prevenir los errores. Hay que tener especial cuidado en evitar el escollo de la propensión humana a oír lo que se espera oír en vez de oír lo que se dijo realmente.

Ejemplo: En una situación en que una aeronave acaba de tomar contacto con la pista y la aeronave siguiente informa estar en final (p. ej., sobre la radiobaliza exterior), el controlador responderá de ordinario a la aeronave que está en final que es la "número uno". Muy a menudo en dicho caso, el piloto confirmará "autorizado para aterrizar", dado que es lo que estaba esperando oír.

5.2.21 De modo análogo a la elaboración del alfabeto de la OACI para deletreo en las comunicaciones orales, la OACI está introduciendo normas para usar en la CPDLC. Antes de implantarla, es de suma importancia que se tengan en cuenta los aspectos de factores humanos, tanto para el puesto de pilotaje como para la parte terrestre.

5.3 AUTOMATIZACIÓN EN EL CONTROL DEL TRÁNSITO AÉREO

Automatización total o parcial

5.3.1 Muchos de los sistemas ATC modernos incluyen algunas funciones, por ejemplo, en la recopilación y tratamiento de datos, que son totalmente automatizadas sin ninguna intervención humana. Dichas funciones pueden tener importantes repercusiones en materia de factores humanos, por ejemplo, si el controlador no puede determinar si ha tenido lugar algún proceso automatizado ni si el mismo se ha llevado a cabo satisfactoriamente. Si alguna de estas funciones totalmente automatizadas eran ejercidas previamente por el controlador, la falta del conocimiento que antes obtenía ejerciendo dichas funciones puede ser percibida por el controlador como una pérdida aparente de percepción de la situación.

5.3.2 Esta sección trata principalmente de una forma diferente de automatización en ATC, en la que la automatización de una función es parcial o incompleta y cuya finalidad es ayudar al controlador. Las consecuencias desde el punto de vista de los factores humanos de dichas formas de automatización son directas e inmediatas. Plantean problemas de relación ser humano-máquina que han de ser identificados y resueltos durante el proceso de diseño del sistema, con una confirmación subsiguiente de que los objetivos operacionales de la automatización han sido alcanzados. Se refieren principalmente a la interfaz elemento humano-soporte lógico.

Razones para la automatización

5.3.3 Existen varías razones para la introducción progresiva de la automatización en los sistemas ATC. Una de ellas tiene que ver con los adelantos tecnológicos y de navegación que proporcionan datos más exactos, precisos, fiables y actualizados respecto a la posición de cada aeronave, sus planes y destinos, su nivel de vuelo y velocidad y el progreso de su vuelo. Dichas innovaciones están acompañadas a menudo de adelantos en la tecnología de presentación visual que realzan la presentación de las aeronaves en las pantallas ATC (p. ej. ADS), así como de adelantos en la asistencia automatizada para la resolución de

problemas, previsiones y toma de decisiones. La recopilación, almacenamiento, compilación, integración, presentación y comunicación de la información constituyen procesos esenciales en ATC y todos ellos pueden beneficiarse con la automatización.

5.3.4 El tránsito aéreo esta aumentando en todo el mundo. La información concerniente a las aeronaves está mejorando en cantidad y calidad y debe ser así para posibilitar que un mayor número de aeronaves vuelen dentro del mismo espacio aéreo con tanta seguridad como lo hacen actualmente. Debido a que hay más aeronaves y hay mayor información respecto a cada una de ellas, la cantidad de información ATC está aumentando más allá de la capacidad de los sistemas actuales de tratarlos y a pesar de ello debe mantenerse la seguridad y la eficiencia. Los problemas no pueden resolverse siempre sectorizando aún más el espacio aéreo y empleando más controladores, debido a que en cierta etapa el recarga que entraña el enlace, la coordinación y comunicaciones adicionales contrarresta, en última instancia, a las demás ventajas. Las tendencias a largo plazo son de que haya más información sobre cada aeronave, menos demoras permitidas para transmitirlas, debido a que las aeronaves están más próximas unas de las otras, y a que los controladores disponen de menos tiempo para dedicarse a cada aeronave.

5.3.5 La información ATC y los útiles del controlador pasan a través del medio impreso (o sea, las fichas de progreso del vuelo), las presentaciones visuales electrónicas, el tratamiento de datos (ayuda de las computadoras) y la automatización (ejecución por computadora). Este proceso por evolución ha llegado a etapas muy diferentes en diferentes Estados. Se ha llegado a la conclusión de que es inevitable la automatización acrecentada del ATC. Las cuestiones que se plantean, por lo tanto, se refieren a cuándo, donde y cómo debería introducirse la automatización y no a si se debería introducir.

Ejemplos de automatización al ATC son: el ATIS (que elimina la necesidad de leer los datos meteorológicos a través de la R/T); la notificación de la altitud en modo C; la presentación visual de la secuencia de vuelo llegando o vuelos saliendo entre las dependencias del control de aeródromo y del control de aproximaciones/salidas, ya sea por circuito cerrado de televisión, ya sea por otros medios electrónicos (lo cual elimina la necesidad de frecuentes coordinaciones orales); los enlaces de datos tierra-tierra entre las dependencias o centros ATC (lo que también elimina la necesidad de frecuentes comunicaciones orales).

Objetivos de la automatización

5.3.6 Si se utiliza y emplea debidamente, la automatización puede aportar enormes ventajas. Puede ayudar a la eficiencia, mejorar la seguridad, ayudar a prevenir errores y aumentar la fiabilidad. La tarea consiste en garantizar que este potencial se pueda lograr ajustando las ayudas automatizadas a la capacidad humana y mediante la adaptación mutua del ser humano y de la máquina para lograr las máximas ventajas que el uno y la otra posibilita. Según el tipo de tránsito (densidad de tránsito, tipo de aeronave) y el equipo terrestre (medios de comunicación y vigilancia) pueden elaborarse diferentes tipos de útiles para lograr estas metas:

1) herramientas que proporcionen información adicional sin introducir cambios mayores en los métodos de trabajo, por ejemplo. una red de TV;

2) automatización parcial o total de las tareas no especializadas existentes, por ejemplo, la transmisión de datos de control a través del enlace de datos utilizando el radar secundario (SSR) para correlacionar una ficha de progreso de vuelo de papel y la respuesta radar que presenta la identidad de la aeronave cerca de la respuesta;

3) útiles que proporcionen información que introduce un cambio radical en los métodos de trabajo, por ejemplo radar o vigilancia dependiente automática (ADS);

4) automatización de las tareas especializadas, utilizando sistemas especializados o útiles que pueden calcular y pasar a través de trayectorias libres de conflicto en 4D dentro de un sistema integrado aire-tierra, por ejemplo, la planificación de la afluencia del tránsito, la resolución de conflictos o el establecimiento de la secuencia de tránsito dentro del área terminal.

5.3.7 La influencia de las consideraciones de factores humanos en la eficiencia de los útiles aumenta del tipo I al tipo 4. Muchos servicios ATC en todo el mundo están ya equipados con útiles de tipos 1 a 3 y tienen cierta experiencia en las cuestiones de factores humanos que entrañan, pero es necesario considerar cuidadosamente las cuestiones que plantean los útiles de tipo 4. En los sistemas automatizados el ser humano seguirá siendo el elemento clave del sistema: la máquina ayudará al ser humano y no al revés. La colaboración ser humano-máquina debe estudiarse en las primeras etapas de desarrollo de cualquier útil; de no ser así, puede suceder que el útil no se emplee del modo proyectado o que no se emplee en absoluto, lo cual puede perjudicar a la eficiencia o a la seguridad del sistema[5].

Limitaciones

5.3.8 las funciones humanas dentro del sistema ATC deben describirse claramente. Deben superarse diversas limitaciones que incluyen lo siguiente:

- debe mantenerse el nivel de competencia humano. Aun los sistemas altamente fiables pueden fallar y el sistema debe seguir siendo seguro. Aunque no necesariamente eficiente, en la eventualidad de una falla. El controlador debería seguir siendo capaz de ocuparse del tránsito sin ayuda de la maquina aun si esto entraña una carga de trabajo muy elevada Si el sistema automatizado queda interrumpido, el controlador humano debe todavía poder ocuparse del tránsito, al menos hasta que todas las aeronaves presentes en el sector hayan aterrizado o dejado el área de responsabilidad, de ser necesario sin las relaciones normales piloto-controlador.

- cuando sea posible que las funciones automatizadas vuelvan a las funciones humanas en la eventualidad de una falla, también debe ser posible, mientras el sistema está funcionando manualmente, restaurar las funciones automatizadas cuando la falla ha sido subsanada. La competencia humana es de particular importancia al automatizar las tareas expertas, por ejemplo la resolución de conflictos. La competencia puede mantenerse únicamente mediante la práctica corriente la cual se pierde gradualmente si nunca hay oportunidad de ejercerlas. Esto introduce lo que podría llamarse "la paradoja de la automatización": otra razón para automatizar las tareas humanas a menudo es reducir, o afrontar la reducción del número de operadores humanos. Si, en cambio (como se indicó arriba), se pretende que el ser humano se haga carga de la situación en caso de falla del equipo, es evidente que el número de operadores debería ser igual al de una situación sin automatización. Análogamente, podría sostenerse que la cantidad de tráfico atendida en un entorno ATC automatizado nunca debería ser superior al que puede atenderse sin dicho grado de automatización. Además, si la calidad del equipo automatizado es tal que hay apenas unas pocas fallas. La necesidad de entrenar a los operadores para que se hagan carga de un caso tan raro, que habitualmente se realiza en simulador, resulta muy elevada y exigirá recursos humanos adicionales.

- la imagen mental del controlador respecto al tránsito debería mantenerse. Esta imagen puede volverse menos detallada y más vaga si el controlador participa cada vez menos activamente en los procesos de control y no necesita disponer de un entendimiento tan detallado del tránsito aéreo para controlarlo.

- la carga de trabajo debe mantenerse dentro de un umbral de valores mínima y máximo. Demasiado poco trabajo hace aparecer el aburrimiento, la inatención y la pérdida de la pericia. Y

esto puede ser peligroso en períodos de baja densidad de tráfico. Por encima del umbral, la sobrecarga puede hacer que el controlador no pueda garantizar más la seguridad. La automatización puede entrañar, en ciertas condiciones, tareas adicionales que crean un recarga de trabajo. No hay todavía alguna manera satisfactoria de cuantificar la carga de trabajo en un proceso tan complejo como el del control de tránsito aéreo. La carga de trabajo puede generarse por diferentes parámetros que son difíciles de sumar, entre otros, el número de aeronaves y la complejidad de la situación del tránsito, lo cual no es una simple cuestión de cantidad de aeronaves.

- las diferentes clases de carga de trabajo no son equivalentes. El tiempo economizado reduciendo una clase de carga de trabajo no siempre puede aprovecharse en otra clase. Por ejemplo, la reducción de los requisitos para la entrada de datos no entraña necesariamente que se dispondrá de más tiempo para tomar decisiones. Las tareas que exigen diferentes pericias y capacidades pueden no ser intercambiables. Funciones que han sido automatizadas pueden necesitar verificación humana.

- la satisfacción que se siente por el trabajo realizado es un elemento que no debe faltar. Esto exige esfuerzo, el estímulo de las dificultades y el empleo de la competencia que se tiene. La automatización puede reducir mucho del esfuerzo necesario para ciertas tareas así como la tensión que aportan pero también puede dar lugar a una pérdida de la satisfacción que se siente por la labor cumplida al eliminar una parte del interés intrínseco del trabajo y el control percibido sobre ciertas funciones. Esto es de especial importancia en lo que atañe a la resolución de problemas, la toma de decisiones, las previsiones y la planificación (es decir, con útiles de tipo 4).

- el controlador debe poder entender y confiar en el sistema automático. Este debe ser fiable o por lo menos el controlador debe saber cuándo puede no serlo, este conocimiento puede constituir un aspecto de la competencia del controlador, por ejemplo, reconocer en qué circunstancias podría existir una falsa alarma. No debería introducirse un útil que no es fiable; si se introduce puede que se le ignore o se le emplee mal.

ejemplo: En varios de los sistemas ATC de los años 70 y 80, se había incorporado una forma rudimentaria de detección de conflictos. A menudo se trataba de un dispositivo que presentaba visualmente todas las aeronaves de los alrededores a los que se habla asignado el mismo nivel de vuelo. El método de presentación visual podría ser una identificación intermitente o una enumeración de dichas aeronaves en forma tabular en una lista especial en la pantalla. Ni que decir que esta información bien intencionada era desdeñada por la mayoría de los controladores de tránsito aéreo (si no todos) que trabajaban con tales sistemas.

- la repartición de las tareas y la división de responsabilidades entre los controladores no debe entrañar ninguna ambigüedad. La repartición eficaz de las tareas exige una planificación rigurosa y un diseño correcto del espacio de trabajo. Cada controlador debe saber siempre cuáles son las tareas que le compete efectuar manualmente, cuáles las que deben llevarse a cabo en su totalidad por el sistema automatizado, cuáles son las tareas que se llevan a cabo en su totalidad por los demás controladores con o sin el sistema automatizado y que tareas se comparten con los demás controladores. Si las funciones de planificación y de control ejecutivo están separadas físicamente puede ser imposible para cada uno dar cumplimiento a las funciones principales del otro en la eventualidad de una falla del sistema.

- la información se transmite del ser humano al sistema y del sistema al ser humano y el proceso de coordinación ser humano-maquina debe definirse cuidadosamente. Es necesario estar seguro de que la información transmitida es atendida por el controlador y por el sistema o por el piloto en el caso de, por ejemplo, un enlace de datos. Asimismo, la coordinación ser humano-maquina no consiste únicamente en el intercambio de información. No debe existir ninguna interferencia entre los procesos de decisión automatizados ni en las decisiones tomadas por el controlador. Es sumamente difícil lograr esto cuando las decisiones pueden ejecutarse por una sucesión de actos y no por un solo acto en un momento fijo.

Ejemplo: En Europa, las restricciones de la ATFM son causadas a menudo por las limitaciones de instalaciones que son distantes de los aeropuertos desde los que salen los vuelos (a los que se aplican dichas restricciones). Resulta difícil tanto para los controladores como para los pilotos en los aeropuertos relativamente tranquilos aceptar demoras debido al "tránsito aéreo muy activo" y que posteriormente no siempre se observen las restricciones.

- si bien podría ser sumamente fácil para el controlador utilizar un dispositivo como, por ejemplo, las fichas electrónicas de progreso de vuelo para informar a la máquina acerca de las decisiones humanas, puede ser mucho más difícil informar al sistema acerca de las futuras intenciones del operador humano. Una de las metas es transmitir las intenciones del ser humano a la maquina de manera que la maquina pueda ayudar al ser humano a darles cumplimiento.

5.3.9 Es un error elaborar sistemas primero y tratar de idear después la manera que el ser humano los utilice. Es por esto que la participación de los controladores es necesaria durante todo el transcurso de la elaboración de los sistemas, desde sus especificaciones iniciales hasta que se llega a la etapa operacional. La interfaz ser humano-máquina debería integrar diferentes útiles automatizados mejorando al mismo tiempo la presentación de la información al ser humano y las comunicaciones entre el ser humano y la máquina. No es necesario (incluso puede ser peligroso) presentar demasiada información, como puede suceder siempre con sistemas sumamente automatizados. La finalidad es presentar información oportuna y pertinente cuando se la necesita. Otros dispositivos de entrada de datos pueden ser más apropiados para cierto tipo de diálogo e interacciones que para otros.

Otro ejemplo: Una de las limitaciones del TCAS que fue pronto descubierta por los controladores es el hecho de que los circuitos lógicos de los primeros TCAS no tenían en cuenta que las aeronaves podían ascender o descender a altitudes asignadas de modo seguro que podían estar separadas por apenas 1 000 pies. Esto a su vez resultaba en maniobras TCAS con las que tal aeronave que supuestamente debía estar a 1 000 pies por encima de otra terminaba, en realidad, pasando debajo de ella. En las versiones ulteriores del circuito lógico del TCAS este problema quedó resuelto en gran parte.

5.3.10 Una innovación, cuyo origen era el de los sistemas a base de conocimientos inteligentes, y en los aspectos de la inteligencia artificial y de los sistemas especializados, fue la introducción de formas de asistencia que ayudarían al controlador a tomar decisiones, resolver problemas, hacer previsiones y programar la labor futura. Las mismas se basaban en el cálculo de los datos captados automáticamente, y su valor por cierto. igualmente, su viabilidad depende de la disponibilidad de esos datos y de la potencia de cálculo. Estas ayudas pueden tratar mayores datos, más rápidamente, más a menudo y de manera más fiable que el ser humano. Son útiles debido a que permiten al controlador humano hacer más en menos tiempo. Si fallen, no obstante, el controlador humano que ocupa el lugar de las mismas utilizará mucha

menos información, adoptará decisiones menos felices, será más lento u omitirá algunas funciones. Por lo tanto, uno de los problemas de la automatización es el grado en el que el ser humano puede actuar como reserve en caso de falla. Cuanto más útil es la asistencia automatizada cuando esta funcionando normalmente, tanto más difícil será para el controlador tomar su lugar si falla.

5.3.11 Como en todo sistema que depende de la intervención humana en caso de falla del mismo, se espera que el controlador esté pronto para hacerse carga de la situación y mantener un servicio ATC seguro, lo cual implica que la información del controlador debe actualizarse continuamente y que el controlador debe mantener una comprensión total de la situación del tránsito. Si no se da cumplimiento a este requisito, no se puede volver de manera segura a formas más manuales de control si el sistema falla. El ser humano no puede ser tan eficiente al volverse al modo manual sin la ayuda de la computadora pero debe seguir desempeñándose de manera segura.

5.3.12 Uno de los problemas de la automatización del ATC ha sido siempre la integración de diferentes clases de información de diferentes fuentes. Las fichas de progreso de vuelo no pueden colocarse en las mismas posiciones relativas que los ecos del radar y contienen demasiada información para condensarla en una leyenda en una pantalla radar sin incurrir en problemas insuperables de superposición de leyendas, desorden y ambigüedades de interpretación. Por lo tanto, la automatización en ATC ha procurado a menudo mejores modos de integrar y multiplicar las referencias de las dos clases de datos.

5.3.13 Con las fichas de progreso de vuelo no se entra ninguna información en la computadora. En todo lugar en que se utilizan, el controlador debe mantener actualizada la información anotándola sobre las mismas manualmente pero también tiene que actualizar la información correspondiente en la computadora, de manera que todos los cálculos basados en dicha información y presentados en forma de ayuda de computadora sean correctos. Si el controlador tiene mucho trabajo, la actualización de la información puede verse afectada debido a que la operación puede atrasarse, aunque entonces se haga cada vez más difícil ponerse al día. La duplicación de tareas mediante la actualización de la información en dos formas diferentes parece inútil. No obstante, efectuando la misma tarea en dos formas puede ayudar a impedir errores que son típicos de una forma únicamente y puede ayudar también a reforzar la comprensión y la memoria. Estas cuestiones tienen que considerarse de manera que el evitar la duplicación no provoque otros problemas.

Ejemplo: En un sistema ATC europeo automatizado (diseñado a finales de los años 70), existen fichas de progreso de vuelo tanto de papel como electrónicas. La filosofía original era que las franjas de papel se eliminarían gradualmente tomando su lugar las fichas electrónicas pero por diversas razones se conservaron ambas, lo cual implica que los controladores necesitan actualizar los dos tipos, aumentando así considerablemente la carga de trabajo. La mayoría de los controladores desarrolla el estilo de trabajo para utilizar uno de los dos como su fuente primaria, y solo actualizan el otro cuando están por dejar el lugar al próximo controlador.

5 3 14 Actualmente se están probando diversas formas de fichas de progreso de vuelo automatizadas Se trata de remplazar las fichas de papel del progreso del vuelo y así ayudar al controlador a reducir a lo mínimo la duplicación de tareas, facilitando que se entren en el sistema las acciones y decisiones del controlador y ayudando a integrar la información radar y la información tabular de las fichas de progreso de vuelo. Las fichas electrónicas de progreso de vuelo constituyen un ejemplo del objetivo de la automatización de reducir los trabajos de rutina y aumentar el tiempo disponible para que cada controlador controle las aeronaves Se está avanzando bastante en esto aunque el problema que se esta planteando parece más complejo que el previsto originalmente, debido a que las fichas de progreso de vuelo de papel son de utilidad para una variedad más compleja de funciones ATC que las imaginadas inicialmente.

Otras repercusiones de la automatización

5.3.15 Se pueden adoptar diferentes filosofías que correspondan a los diferentes papeles respectivos para el ser humano y la máquina en las tareas automatizadas. Por ejemplo, si la máquina cumple una función informativa pueden calcularse soluciones de alternativa proponerse al controlador un orden de preferencia que depende de los criterios de performance.

El controlador tiene la responsabilidad de validar las soluciones propuestas y elegir una de ellas o si ninguna parece correcta disponer y aplicar otra solución. El controlador puede igualmente definir limitaciones adicionales que las soluciones propuestas deben satisfacer; en un proceso de secuencias en una área terminal, por ejemplo, el controlador puede imponer para determinada aeronave una hora de llegada a la que debe satisfacer cualquier solución computada. En algunos casos el controlador puede delegar la aplicación de una solución a la máquina. En una función informativa, la máquina nunca puede tomar una decisión sin el acuerdo del controlador.

5.3.16 Si la maquina resulta adecuada siempre, puede desarrollarse en el controlador una confianza excesiva en ella y el controlador puede llegar a aceptar de manera rutinaria las soluciones que le propone la máquina sin verificarlas. No obstante, si la máquina parece inadecuada en algún sentido, es posible que no se la utilice en absoluto. Todas las formas de ayuda automatizada para el controlador deben ser sumamente fiables pero esto puede inducir la complacencia humana. Gradualmente se puede perder la competencia humana y si la maquina falla, el controlador puede aceptar una solución inapropiada o llegar a ser incapaz de formular una alternativa satisfactoria.

5.3.17 La función informativa puede ser más apropiada para funciones de planificación que consisten en mayor parte en la manipulación de las limitaciones. El controlador que planifica podría definir limitaciones que no han sido tomadas en cuenta por el instrumento y transmitirlas a la maquina. Si la máquina ha sido diseñada adecuadamente. Puede lograrse una verdadera cooperación ser humano-máquina, guardando la competencia humana. Dicha cooperación ser humano-máquina sucede ya, por ejemplo en ciertos instrumentos de secuencia en las áreas terminales. **Las formas más apropiadas de relación ser humano-maquina dependen del tipo de tarea que se automatiza y especialmente de la interacción entre las funciones de planificación y ejecución**. Son ejemplos de funciones de planificación la asignación de niveles de vuelo en un sector en ruta y la coordinación entre sectores y el establecimiento de secuencias de aeronaves en un área terminal, mientras que la detección resoluciones de conflictos, la supervisión y vigilancia constituyen funciones ejecutivas. Puede ser más fácil diseñar instrumentos satisfactorios para los controladores que planifican, que para los controladores con funciones ejecutivas especiales como, por ejemplo, la prevención de choques.

5.3.18 En otra función, el sistema puede reconocer clases de problemas que puede resolver en su totalidad. Por ejemplo, en un proceso de detección/resolución de conflictos podría resolver conflictos que entrañan dos aeronaves pero que no entrañan tres. Pueden asignarse tareas ya sea al ser humano, ya sea a la máquina, a reserva de que la máquina pueda aceptar un problema que se le asigne. El proceso de asignación puede ayudar a evitar extremos en la carga de trabajo del controlador. El cumplimiento satisfactorio de las funciones de las máquinas que pueden resolver problemas en su totalidad exige un trabajo de desarrollo a fondo.

5.3.19 La automatización de los datos puede plantear problemas de factores humanos, dado que puede privar al controlador de importantes informaciones respecto a la fiabilidad y durabilidad de la información. Por ejemplo, debido a que muchas de las informaciones transmitidas mediante la palabra no pueden expresarse en términos digitales, se omiten en el proceso de automatización; de esta manera, si bien puede contener importantes informaciones *cuantitativas* puede ya no contener el componente *cualitativo* (confianza, dudas, carga de trabajo, urgencia, etc.) necesario al controlador a fin de hacer el

mejor uso del mismo. La importancia de dicha información cualitativa puede establecerse antes de eliminarla y es posible que haya que adoptar otros métodos de suministrarla.

5.3.20 Siempre que se ejecuten tareas automáticamente en vez de manualmente, lo que el controlador individual entiende y recuerda respecto al tránsito que esta controlando puede cambiar. El reconocimiento de esto antes de introducir la automatización permite formular los ajustes si los cambios resultantes de entendimiento y memoria no son aceptables. El desempeño de las tareas de rutina de ATC ayudan a la memoria, lo cual no ocurre si el controlador ejecuta las tareas automáticamente. Esto puede ser aceptable siempre y cuando se reconozca por anticipado y que tanto el sistema como las tareas se hayan planificado teniéndolo en cuenta.

Funciones de equipo

5.3.21 La automatización puede afectar a algunas interfaces elemento humano-elemento humano en el ATC y como consecuencia de ello pueden cambiar algunos métodos de verificación y supervisión. El sistema manual ATC esta sujeto a inspección y verificación; un supervisor ó un colega puede ver todo lo que hace un controlador, formarse un juicio de su competencia, ayudar al controlador que esté sobrecargado y llamar la atención respecto a problemas que pueden haber quedado sin detectar. Algunas funciones resultan más difíciles cuando hay ayuda automatizada para la resolución de problemas, la toma de decisiones y previsiones, debido a que estas funciones son mucho menos observables inmediatamente por los demás. También se hace más difícil juzgar el desempeño de un controlador mediante evaluaciones en el trabajo, las cuales se utilizan para decisiones relativas a la evolución de la carrera, asensos, reentrenamiento, asignación de tareas e instrucciones y procedimientos apropiados. La introducción de la ayuda de computadoras puede necesitar una reestimación de todos esos factores

5.3.22 Los papeles y funciones de equipo en los sistemas automatizados difieren de los que pueden ejercerse cuando los sistemas son manuales. En los sistemas más automatizados, los controladores son más autosuficientes y autónomos y cumplen más tareas en interacción con la maquina, en vez de hacerlo con los colegas o pilotos. Hay menos conversación y más utilización del teclado. Esto afecta la viabilidad y desarrollo de las funciones tradicionales de equipo como por ejemplo, la supervisión, la asistencia, la evaluación y la instrucción en el trabajo.

5.23 La mayoría de las formas de asistencia por computadora procuran ayudar en las tareas individuales más bien que en las tareas de equipo, las cuales dependen de las interfaces elemento humano-elemento humano. Si ha habido una automatización amplia de las tareas, puede ser más difícil para los controladores menos experimentados aprender y aprovechar del trabajo junto a colegas de gran experiencia y competencia. Los controladores pueden también ser menos capaces de observar el error de un colega. Los efectos de dichos cambios pueden ser considerables y puede ser necesario volver a diseñar los espacios de trabajo y revisar los métodos de selección e instrucción para restablecer el ajuste óptimo del ser humano y de la máquina.

5.3.24 Cuando los trabajos son efectuados por miembros de un equipo muy ajustadamente coordinado, el consenso general respecto a los méritos relativos del desempeño individual puede constituir la base no solamente del respeto y confianza profesionales sino también de las promociones o asignaciones de otras responsabilidades. Las pruebas para adoptar tales decisiones pueden, no obstante, cambiarse al haber automatización de tareas como también la evidencia disponible para la evaluación del desempeño individual. Si el ATC consiste en aceptar decisiones de la computadora, en ese caso esto no confirma cuán competente es el controlador. Habrá que encontrar otros medios para verificar si se han mantenido la competencia y los conocimientos profesionales del controlador. Las simulaciones ATC pueden satisfacer tales necesidades exactamente como los simuladores de vuelo lo hacen para algunos pilotos.

Normalización

Una de las cuestiones que plantea la automatización tiene que ver con la normalización, especialmente en las comunicaciones. Los mensajes entre los controladores y pilotos poseen formatos, fraseología y secuencias normalizados. Los mensajes para algunas de las demás comunicaciones como, por ejemplo, los que se intercambian con los vehículos en tierra, tienen una normalización menos completa. Muy a menudo, algunos métodos y procedimientos no normalizados que se han establecido entre los controladores en determinados emplazamientos ATC pueden plantear problemas si resultan incompatibles con las formas normalizadas de la ayuda por computadora que se está introduciendo en el sistema, ya sea para remplazar la comunicación oral humana, ya sea para presentar el contenido de la comunicación oral humana en otras formas como, por ejemplo, palabras visualizadas o mensajes acústicos sintetizados.

5.3.26 Las comunicaciones orales son más seguras cuando todo el mundo utiliza un lenguaje común, formatos normalizados, secuencias de mensajes normalizadas y acuses de recibo normalizados destinados a la utilización universal. Las excepciones pueden dar lugar a equivocaciones y errores de interpretación y corresponde desalentarlas. Si bien las formas más corrientes de automatización parecen rígidas e inflexibles, la automatización puede, en principio, aceptar mayor flexibilidad que los seres humanos en las formas de los mensajes, en el contenido y en el lenguaje y esto plantea una vez más la cuestión de cual es el grado de normalización conveniente para la seguridad.

5.3.27 La automatización propone un modo mejor para controlar el tránsito aéreo. Sin embargo, diferentes controladores han tenido tradicionalmente cierta flexibilidad en su selección de técnic as de control. Otras técnicas pueden ser equivalentes en general en términos de seguridad y eficiencia sin que ninguna sea obviamente superior a todas las demás. Un sistema automatizado puede desalentar la flexibilidad humana e imponer la normalización. La recomendación con las formas actuales de asistencia automatizada es aplicar una normalización rígida y no introducir ninguna variante o simplificación dada que las mismas den lugar probablemente a nuevos tipos de equivocaciones o errores de interpretación por parte del elemento humano. Esto puede bien tener su efecto sobre la satisfacción en el trabajo para el controlador de tránsito aéreo.

Ejemplo: En las CPDLC es tecnológicamente factible que todas las estaciones puedan utilizar su propia lengua al entrar los datos y disponer de un dispositivo automático que traduzca esto al idioma de la parte receptora. Pero esto introduce un nuevo problema de factores humanos, especialmente cuando se trata de emplear la opción de "formato libre de las CPDLC a fin de transmitir mensajes no normalizados, o al trabajar en una sala de operaciones multinacionales o en el entorno del puesto de pilotaje. Esos problemas pueden bien conducir a la adopción de un lenguaje común a usar en las CPLDE, a pesar de las posibilidades tecnológicas.

Interfaz ser humano máquina y el error humano

5.3.28 La interfaz ser humano-máquina consiste principalmente de los enlaces elemento humano-soporte lógico y elemento humano-equipo. Tradicionalmente la mayor parte de la información ha sido transmitida de la máquina al ser humano mediante presentaciones visuales y del ser humano a la máquina mediante dispositivos de entrada de datos y mandos. La automatización cambia lo que se comunica a través de la interfaz ser humano-máquina, ya sea dando lugar a que algunas informaciones no se transmitan de ninguna manera, ya sea cambiando el formato de las informaciones transmitidas, por ejemplo, de la palabra humano a la entrada a través del teclado, lo cual a su vez cambia las clases de error humano que son posibles al entrar determinados mensajes. Los errores del habla causados a menudo por confusiones fonéticas (sonidos que son demasiado similares para distinguirse de manera fiable). Los errores ópticos y de lectura pueden ser causados por caracteres alfanuméricos que parecen similares el uno al otro, líneas de

datos que pueden confundirse el uno por el otro, bloques de datos que parecen similares, leyendas visuales para las teclas que dan lugar a una impresión equivocada de sus funciones, etc.

5:3.29 Si bien las clases de error humano no son todas iguales, su carácter general puede a menudo predecirse debido a que las decisiones respecto a la selección del método de entrada o a la forma y contenido de la información presentada constituyen también decisiones respecto al error humano. Puede no ser posible predecir quien cometerá determinado error en determinada circunstancia pero es posible predecir, antes de cambiar el sistema, qué errores humanos ya no volverán a suceder y qué nuevas clases de error serán posibles en lo sucesivo y deberán por lo tanto prevenirse.

Ejemplo: En un sistema ATC europeo automatizado diseñado en los años 80, cuando se oprimía una tecla equivocada durante la entrada de la hora en los datos del plan de vuelo, este desaparecía pasando a una parte de la memoria del sistema desde la cual era imposible recuperarlo hasta el día siguiente, o aún más tarde, causando así problemas operacionales. Esos errores por supuesto no ocurrían antes de introducirse el sistema automatizado, cuando los datos del plan de vuelo se inscribían manualmente en las franjas.

Una de las aplicaciones más importantes de los factores humanos a toda forma de ayuda automatizada es esta determinación de las nuevas clases de error humano especialmente las que podrían ser peligrosas que pueden surgir como consecuencia del cambio.

5.4 LA SELECCIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS CONTROLADORES DE TRANSITO AEREO

Selección de los candidatos

5.4.1 El control de tránsito aéreo es una actividad de grandes exigencias; su seguridad y eficiencia reposan en la selección de quienes resultaran los más capaces de llevar a cabo las tareas propias de esta ocupación. Un buen procedimiento de selección elimina los candidatos que no son apropiados en la etapa inicial, con lo cual se economizan los gastos de instrucción. La selección e instrucción tienen que ver principalmente con el elemento humano, aun cuando las demás interfaces que forman parte del modelo SHELL también influyen.

5.4.2 Para que el proceso de selección sea eficaz el número de candidatos debe exceder al número de vacantes por un margen considerable. Un requisito previo para un procedimiento de selección satisfactorio, por lo tanto, es que el ATC sea visto como una profesión deseable, y atraiga a muchos solicitantes. Puede ser necesaria una publicidad a escala nacional y de carácter positiva para incitar a que haya un número suficiente de candidatos apropiados. Cuanto más estrictos sean los criterios para la selección, mayor será la proporción de las solicitudes rechazadas y mayor debe ser el grupo inicial de candidatos que cumplen con las exigencias. Habiendo candidatos apropiados, el proceso de selección constituye el primer paso vital en la producción de controladores de tránsito aéreo competentes. Es indispensable que haya un procedimiento imparcial de selección basado en los principios de los factores humanos.

5.4.3 El análisis de las funciones del ATC dentro de determinado contexto establece la pericia, capacidad y conocimiento necesarios para ejercerlas y el grado de elementos comunes en las mismas Si el grado de características comunes es elevado, el mismo procedimiento de selección puede utilizarse para todas las funciones del ATC: si el grado de elementos comunes es bajo, diferentes funciones pueden necesitar diferentes procedimientos de selección. Diversas necesidades de los sistemas locales o características del ATC pueden señalar otros atributos humanos pertinentes que podrían incluirse; entre estos están comprendidos la magnitud y las características del tránsito, la naturaleza del terreno, las ayudas para la

navegación aérea y otras, las relaciones geográficas entre naciones y los factores climáticos y meteorológicos.

Exámenes

5.4.4 Se utilizan análisis detallados de las tareas para determinar muchos de los atributos medibles del desempeño humano que contribuyen al éxito. Cuando se han definido los atributos humanos pertinentes, se hace pasar a los candidatos exámenes que evalúan dichos atributos. Los exámenes deberían ser normalizados y el puntaje de los resultados debe aplicarse según un método imparcial. Todos los atributos evaluados mediante pruebas concretas pueden no ser igualmente importantes para el ATC y por lo tanto el puntaje de algunos elementos del examen pueden ser más importante que otros. Algunos exámenes pueden medir la capacidad humana general que se considera pertinente para muchos aspectos del ATC. Otros pueden medir una capacidad más específica necesaria para determinadas tareas del ATC.

5.4.5 Numerosas capacidades humanas, que se pueden medir mediante exámenes normalizados, parecen tener un valor de predicción en la selección de los controladores. Los mismos incluyen la inteligencia general, el razonamiento espacial, el razonamiento abstracto, el razonamiento aritmético, la participación en las tareas. La facilidad de palabra y la destreza manual. Todos forman parte de las mismos procedimientos de selección pero ninguno ha obtenido una aceptación universal. Ningún examen en particular se aproxima a los niveles de predicción que sería necesario para justificar una total confianza en el mismo para la selección de controladores. Muchas de las pruebas de personalidad más comúnmente disponibles también han sido ensayadas de manera experimental en la selección de controladores pero ninguna se utiliza ampliamente y su papel ha estado limitado generalmente a interpretar otras medidas o indicar la necesidad de reunir mayores elementos en lo que respecta al candidato.

5.4.6 El puntaje en algunos exámenes puede ser más importante que en el puntaje de otros temas. Se pueden utilizar los procedimientos de variación de los exámenes para sugerir la ponderación apropiada para cada examen a fin de maximizar el valor predictivo de toda la batería de exámenes. Los procesos de presentación y cálculo del puntaje de los exámenes se están haciendo más automatizados y constituyen una ventaja administrativa (más objetiva) si se pudiera utilizar una presentación y cálculo del puntaje automatizado e imparcial. los candidatos deben recibir práctica y familiarización con los procedimientos de exámenes automatizados, no obstante, de modo que su desempeño en el transcurso de los mismos no disminuya debido a la falta de familiaridad con las interfaces ser humano-máquina y con el diálogo con las computadoras.

5 4 7 El proceso de selección no es estático si no que se transforma a medida que cambian las funciones, tareas y el equipo en el ATC. Pueden introducirse modificaciones apropiadas de los procedimientos de selección cuando en la investigación debidamente llevada a cabo y validada se haya demostrado que otras dimensiones humanas verificables son pertinentes.

Otros datos

Los procedimientos y datos que no se relacionan con los exámenes son también importantes en el proceso de selección. La edad, los antecedentes médicos, la vista, oído, la estabilidad emocional y los niveles de educación adquiridos son todos pertinentes para poder ser un controlador. Incluso los requisitos básicos antropométricos pueden formar parte del procedimiento de selección y puede ser imposible, por ejemplo, aceptar personas de estatura excepcionalmente alta o baja. Dentro del espacio de trabajo del ATC, Algunos espacios de trabajo del ATC, particularmente los de las torres, pueden no ser accesibles a las personas con impedimentos físicos. Los controladores deben mantener su aptitud sicofísica y por lo tanto los que tienen una dolencia médica con un pronóstico potencialmente desfavorable no pueden ser seleccionados. La dependencia a los estupefacientes o al alcohol constituye habitualmente una condición de descalificación.

5.4.9 Los conocimientos previos de aviación, la enseñanza y práctica previa de exámenes similares a los utilizados para seleccionar controladores o la experiencia ATC previa (por ejemplo, como controlador militar o como ayudante de control de tránsito aéreo) pueden parecer ventajosos pero en realidad sus ventajas y pertinencia son a menudo desalentadores y los Estados difieren en el valor que atribuyen a ese tipo de experiencia. Una dificultad es que las personas con más experiencia probablemente sean de mayor edad y aquellos cuya edad es mayor de 30 años probablemente no lleguen a terminar satisfactoriamente la instrucción ATC. La experiencia pertinente previa puede constituir un mejor elemento de predicción de la motivación para llegar a ser un controlador que la capacidad de serlo y puede ser más aplicable para enfrentar emergencias que la labor ATC ordinaria.

5.4.10 La entrevista permitirá confirmar si los candidatos pueden expresarse claramente cuando hablan, atributo indispensable, dada que buena parte de la actividad del ATC se lleva a cabo mediante la palabra hablada. Una entrevista puede ayudar a revelar de qué manera cada candidato se armoniza con las demás personas. Otro atributo indispensable cuando la mayor parte de la labor del ATC no se lleva a cabo por una persona solo sino en grupo y por equipos. La entrevista debería ser normalizada, estructurada y ser manifiestamente justa para todos los candidatos en su desarrollo y puntaje.

Instrucción

5.4.11 El objetivo de la instrucción del controlador de tránsito aéreo es garantizar que los controladores poseen los conocimientos, pericia y experiencia necesarios para dar cumplimiento a sus obligaciones de manera segura y eficiente y para satisfacer las normas nacionales e internacionales relativas al ATC. El controlador debe poder entender y asignar prioridades a la información pertinente, planificar anticipadamente, tomar decisiones oportunas y apropiadas. ponerlas en ejecución y asegurarse de que se les da cumplimiento

5.4.1.2 La instrucción entraña aprender, entender y recordar. Establece una relación, entre lo que el controlador ya conoce, con la información que el sistema proporciona sobre el tránsito en curso y pendiente. relaciona la información que el sistema presenta automáticamente al controlador con la información que el controlador debe recordar sin ninguna ayuda y proporciona orientación sobre el modo en que la memoria humano puede reforzarse y hacerse más fiable. La instrucción implica igualmente los principios del aprendizaje y de la presentación de la información ATC a las capacidades y limitaciones del procesamiento y entendimiento de la información humano. La finalidad es hacer el mejor uso posible de la fuerza y capacidad humana y superar o evitar las limitaciones humanas o sus aspectos no adecuados, especialmente en lo que atañe a los conocimientos, pericia, tratamiento de la información, entendimiento, memoria y carga de trabajo.

Contenido de la instrucción y modo de impartirla

5.4.13 Dos aspectos fundamentales de la instrucción son el contenido de la misma y el proceso de enseñanza. Con respecto al contenido de la instrucción conviene dividir la instrucción en series de cursos o fases. Las mismas comienzan con los principios y métodos básicos y avanzan al término satisfactorio de cada fase a aspectos más complejos del ATC. Este enfoque exige que se domine primero los principios y métodos básicos, lo cual ayuda a garantizar que las etapas ulteriores de la instrucción podrán basarse en los conocimientos ya adquiridos. Cursos separados junto con evaluaciones imparciales proporcionan referencias para determinar el avance de la instrucción, una forma de seguro de calidad, aplicable a la instrucción. Esto puede ser especialmente útil para demostrar que los cambios en la instrucción, ya sea en su contenido, ya sea en los métodos de enseñanza como por ejemplo, la introducción de ayudas didácticas automatizadas, han sido satisfactorias y benéficas.

5.4.14 Es posible deducir de las tareas previstas cuál debe ser el contenido de la instrucción y qué es lo que el controlador debe aprender, para descubrir únicamente que no se puede enseñar o que los controladores no pueden aprenderlo. Al introducir cambios en los sistemas por alguna razón, por lo tanto, es vital establecer cuáles son los nuevos conocimientos que el controlador debe adquirir y demostrar que puede enseñarse v aprenderse, las nuevas formas de asistencia automatizada deben poder enseñarse; si no es posible. Las ventajas previstas no se materializaran y podrán surgir nuevas formas de error humano debido a que la asistencia automatizada no se entiende completamente.

5.4.15 Pueden emplearse diversos métodos de enseñanza para la instrucción del ATC. La instrucción en aula de principios y teorías según los tradicionales métodos académicos, tan común en el pasado. es cada vez menor ahora, debido en parte a que se prefiere una participación mas activa, debido en parte a que la pertinencia de la teoría es a menudo cuestionada también en parte debido a presiones financieras. La instrucción basada en una simulación en tiempo real, alguna de la cual puede ser bastante rudimentaria; es objeto de gran preferencia como medio práctico para impartir instrucción a grupos de estudiantes v es común una confianza fundamental en la instrucción mediante la simulación. En la instrucción en el trabajo, un alumno que ya ha recibido instrucción sobre los principios del ATC aprende sus aspectos prácticos de los otros controladores directamente en los centros y torres. En un futuro próximo habrá más conjuntos ddácticos de autoinstrucción para que el alumno practique determinados procedimientos y pericias en una computadora.

5.4.1.6 La tarea del encargado del entrenamiento en el trabajo es de sumo esfuerzo. No todos los controladores son buenos para entrenar ni todos los controladores quieren ser entrenadores. El controlador que entrena debe querer enseñar, debe ser competente y confiar en su propia pericia y debe poder ocuparse de la situación del tránsito a través de otra persona, enseñando a dicha persona las técnicas del trabajo y manteniendo al mismo tiempo el control general de la situación. Existen principios y técnicas de entrenamiento que todos los que lo imparten deberían conocer de manera que el entrenamiento sea eficiente y se mantenga la norma de los servicios de tránsito aéreo. El entrenamiento es una tarea de especialistas, que se lleva a cabo además de estar controlando a las aeronaves. Por dicha razón, se verá que es necesaria cierta experiencia operacional antes de que un controlador comience a entrenar.

5.4.17 Existen diferencias nacionales de criterios sobre la gama de funciones ATC que cada controlador individual debería estar calificado para ejercer, que se reflejan en las formas y duración de la instrucción. Un conocimiento básico de los métodos y procedimientos ATC es indispensable aun en sistemas muy avanzados, debido a que la seguridad puede depender de dichos conocimientos en la eventualidad de alguna forma de falla del sistema. Puede ser necesario que se imparta instrucción complementaria regular para mantener la competencia del controlador en las funciones manuales necesarias en caso de que falle el sistema. Los cursos de repaso y las verificaciones de la competencia pueden utilizarse para asegurarse de que el controlador mantiene los conocimientos y pericia profesionales que no se emplean frecuentemente en sistemas más automatizados pero que siguen siendo necesarios.

5.4.18 La eficiencia del aprendizaje depende de los métodos de enseñanza: de su contenido y de la presentación de los textos, atributos y motivación del alumno y si la instrucción es suministrada por una persona o una máquina. Depende también de que la instrucción sea teórica o práctica, general o específica. El contenido de lo que se enseña. La sucesión en que se enseñan los elementos, el ritmo de la enseñanza y la magnitud de la reiteración y de la repetición de la información ATC enseñada deberían estandarizarse en su totalidad según principios didácticos conocidos. El conocimiento de los resultados del progreso es indispensable para el aprendizaje satisfactorio.

5.4.19 El controlador competente necesita saber y entender:

- Como funciona un ATC:

- el sentido de toda la información presentada:
- las tareas a llevarse a cabo;
- las reglas. procedimientos e instrucciones aplicables;
- las formas y métodos de comunicación dentro del sistema;
- como y cuándo utilizar cada útil suministrado dentro del espacio de trabajo;
- las consideraciones en materia de factores humanos aplicables al ATC;
- los modos en que se acepta responsabilidad por una aeronave y se transfiere de un controlador al próximo;
- los modos en que el trabajo de varios controladores se armoniza de manera que se apoyen mutuamente en vez de constituirse en obstáculos;
- qué cambios o signos podrían indicar deterioraciones o fallas del sistema;
- características de performance de las aeronaves y maniobras preferidas;
- otras influencias sobre el vuelo y las rutas como, por ejemplo, las condiciones meteorológicas, el espacio aéreo restringido, la atenuación del ruido, etc.

Aspectos de la instrucción

5 4.20 Lo que hay que hacer en el ATC no se explica por si solo. El espacio de trabajo típico del ATC no contiene ninguna instrucción sobre su finalidad. Las tareas, las instalaciones y servicios, ni que es lo que significa verdaderamente la información presentada visualmente ni para qué sirven los mandos y demás dispositivos de entrada de datos ni que es lo que se considera satisfactorio o fallado ni que debería hacerse después de haberse terminado cada tarea. Aun en sistemas bastante automatizados. El ATC no puede funcionar sin la presencia humana se basa en la intervención del controlador y seguirá siendo así en un futuro previsible. De ahí la importancia de identificar todo lo que el controlador necesita para saber y asegurarse de que lo sabe, todo lo que el controlador necesita hacer y asegurarse de que lo hace y todo lo que el controlador necesita decir y asegurarse de que lo dice clara y correctamente y en el momento debido. Estos son los objetivos esenciales de la instrucción.

5.4.21 La instrucción debería seguir los procedimientos y métodos recomendados en materia de factores humanos. Debería ser suficientemente flexible como para adaptarse a las necesidades de cada controlador. Debería incorporar un entendimiento básico de los factores humanos de manera que los controladores tengan cierta intuición de sus propias capacidades y limitaciones especialmente en lo que atañe a los posibles errores humanos. Los controladores deberían saber lo suficiente como para elegir las ayudas más apropiadas en su espacio de trabajo a fin de mejorar el desempeño y la eficiencia de sus tareas, especialmente al seleccionar las presentaciones visuales disponibles.

5.4.22 La instrucción debe también garantizar que el controlador puede hacer frente a la carga de trabajo necesaria para controlar el tránsito que se le presente. Esto significa conocer cuáles son las decisiones y procedimientos correctos en toda circunstancia así como su ejecución del modo debido. El controlador necesita también ser capaz de aprender como programar su trabajo de manera eficiente. Los objetivos de

la instrucción son enseñar al controlador cómo planificar el ATC enfrentar de manera satisfactoria toda situación inesperada. Los importantes objetivos de la instrucción son inspirar una buena pericia, buenos conocimientos y hábitos y reforzarlos de manera que sean durables y se mantengan. Deben mantenerse activamente dado que la pericia disminuye, los conocimientos se olvidan y los hábitos se quebrantan si se utilizan raramente el sobreaprendizaje puede ser útil en forma de instrucción y práctica adicionales destinados deliberadamente a reforzar lo que ya se ha aprendido.

5.4.23 La instrucción no debería solamente incitar a ciertas decisiones sino también disuadir o prevenir que se tomen otras. Una parte importante de la instrucción es romper las malas costumbres o prevenir que aparezcan. Por ejemplo, el controlador debe dar prioridad a una emergencia y descargarse de otras tareas. Sin embargo el controlador nunca debe quedar tan totalmente absorbido por un solo problema que no se de cuenta de todo lo otro que está sucediendo. Esto podría significar la necesidad de romper el hábito de concentrarse en una única tarea hasta que llegue a su término y formar un nuevo hábito de observar frecuentemente la pantalla radar u otras presentaciones visuales para verificar si todo está bien. La instrucción debe alentar esta observación y estado de alerta constantes.

5.4.24 Es fundamental que el controlador esté capacitado y se sienta seguro para ocuparse de altos niveles de tránsito de manera que dichas tareas no resulten excesivamente absorbentes o pesadas. La instrucción debe guardar relación con la capacidad máxima de atención del sistema para el cual el controlador esta recibiendo instrucción. La intervención positiva del controlador para prevenir una condición de sobrecarga es tan importante como la capacidad de mantener separadas las aeronaves. La instrucción debería preparar asimismo al controlador para condiciones de carga escasa en que hay poco tránsito pero en que a pesar de ello las posiciones del control deben seguir estando ocupadas y el controlador debe estar alerta y ser capaz de detectar cualquier hecho inesperado inmediatamente.

5.4.25 La instrucción engendra confianza en si mismo a través del desempeño satisfactorio. La enfermedad o la falta de bienestar por cualquier causa debe subsanarse si sus consecuencias hacen que el controlador sea ineficiente e incluso potencialmente peligroso. La instrucción que ha generado de manera satisfactoria sólidos conocimientos y confianza al aplicar dichos conocimientos puede ayudar a sostener a los controladores a través de circunstancias que pueden llevar a la tensión en otros que no han recibido dicha instrucción.

La instrucción y los cambios en los sistemas

5.4.26 En lo posible todo cambio que se haga en los sistemas ATC debería permitir que la pericia y los conocimientos que tienen los controladores sigan siendo aplicables. Todo cambio de importancia en el sistema ATC que afecte lo que el controlador individual debería hacer o necesitar saber como, por ejemplo, una nueva forma de asistencia automatizada, debería normalmente estar asociada a una redefinición cuidadosa de todos los cambios consiguientes en los conocimientos, pericia y procedimientos del controlador. Debería darse un reentrenamiento apropiado **antes** que el controlador deba hacer frente a los cambios mientras está controlando el tránsito aéreo real. Las ventajas de todo cambio al sistema ATC que afecten al controlador se obtendrán únicamente si los cambios correspondientes en los conocimientos y pericia del controlador se han introducido mediante el reentrenamiento apropiado. Debería ser normal que los controladores recibieran cursos regulares de repaso durante los cuales se pusieran en práctica los conocimientos y la pericia y se verificaran y modificaran éstos según las necesidades.

5.4.27 El controlador debe poder planificar el control de tránsito aéreo, poner en ejecución los planes, tomar decisiones, resolver problemas y formular previsiones. Para realizar las tareas de control esenciales el controlador debe entender la información presentada cualquiera sea la forma que adopte. El controlador debe recordar las formas de asistencia disponibles y saber cuándo es apropiado invocarlas. El controlador debe conocer la correcta serie de medidas en todas circunstancias. El estudio de los factores humanos trata

de los procesos del pensamiento que el controlador debe seguir y los efectos de los cambios de equipo sobre los mismos. De ser necesario, el equipo o los procedimientos deben ser modificados para asegurarse de que estos procesos del pensamiento no cambien demasiado ni muy rápidamente. Siempre que estos procesos del pensamiento deban cambiar es indispensable volver a entrenar al controlador. Esto entraña a menudo la revisión de los enlaces elemento humano-soporte lógico.

5.4.28 Si los cambios son relativamente menores, la finalidad de volver a entrenar puede ser transferir lo que ya se sabe. Si los procedimientos de control anteriores fuesen totalmente inapropiados en el nuevo contexto, uno de los objetivos de la vuelta a la instrucción es volver a aprender lo nuevo y eliminar toda analogía entre lo viejo y lo nuevo de manera que nunca el controlador, guiado por la costumbre, lleve a cabo medidas antiguas e inapropiadas en el nuevo sistema. Los Estados que introduzcan nuevos sistemas pueden aprender qué es lo que entraña la nueva instrucción remitiéndose a la experiencia de otros Estados que ya han introducido sistemas similares. Otra consecuencia de un cambio que entrañe un reentrenamiento de importancia es que el plan de estudios de la instrucción inicial de los alumnos controladores tendrá que revisarse.

5.4.29 La instrucción inicial del nuevo controlador y el reentrenamiento de los controladores habilitados posteriormente a cambios en el sistema no son siempre del mismo tipo. La instrucción inicial echa las bases del conocimiento de los principios y métodos del ATC; el reentrenamiento entraña no solamente aprender nuevos conceptos y métodos adecuados para el nuevo sistema sino también olvidar y descartar lo aprendido previamente, que constituye un conocimiento que es familiar y métodos inapropiados..

Instrucción en factores humanos.

5.4.30 las cuestiones que hay que tener en cuenta en la instrucción de los controladores en materia de factores humanos deben incluir:

- aprender y entender todas las normas, reglamentos, procedimientos, instrucciones, horarios, planificación y métodos pertinentes a una gestión eficaz del ATC;

- los procedimientos de enlace y coordinación con los colegas y pilotos;

- reconocer y prevenir el error humano;

- armonizar la máquina con el controlador de manera que se pueda observar, prevenir y subsanar todo error humano;

- la verificación de la marcha de la instrucción de cada alumno mediante evaluaciones imparciales que todos consideren equitativas;

- la identificación de los puntos menos fuertes de cada persona a fin de impartir instrucción adicional o experiencia práctica, así como de instrucción complementarla apropiada y apoyo para ayudar a superar dichos puntos menos fuertes y subsanar fallas y fuentes de error;

- la adquisición de los conocimientos en materia de actitudes y métodos profesionales en el ATC, que constituyen la indicación de la competencia profesional;

- la aceptación de las normas profesionales imperantes y la motivación personal de lograr siempre y superar dichas normas.

5.4.31 Un aspecto de la instrucción para controlador que tradicionalmente ha sido objeto de poca atención es formar a los controladores para que actúen como un equipo. La mayor parte de la instrucción está destinada a los controladores como individuos, ya sea en simulador, ya sea en la formación en el empleo (OJT). Recientemente ha comenzado a desarrollarse la tendencia de incluir procesos en equipo en los planes de estudio para la formación ATC. En Europa se ha logrado cierto adelanto en esta esfera por parte del Grupo de recursos humanos de EATCHIP[6].

5.5 EL ELEMENTO HUMANO ATRIBUTOS ESPECIFICOS

Reconocimiento de su significado

5.5.1 Los factores humanos sobre los que se hace más hincapié en general, y tal vez los que tienen mayor influencia, son los relacionados con las tareas que ejecuta cada controlador elemento humano-soporte lógico). Con el equipo proporcionado (elemento humano-equipo) y con los efectos de las características del sistema en materia de seguridad y eficiencia del desempeño (elemento humano-medio ambiente). Estas características incluyen las instalaciones y útiles disponibles, el espacio de trabajo, los dispositivos de presentación visual, los dispositivos de entrada de datos, las comunicaciones, las formas de asistencia por computadora y las especificaciones de la interfaz ser humano-maquina. En el control de tránsito aéreo, no obstante, también hay que considerar otras cuestiones de factores humanos.

5.5.2 Algunos atributos humanos (elemento humano) no tienen equivalente aparente en las maquinas. Aun cuando son sumamente pertinentes dichos atributos pueden parecer no serlo debido a que no se pueden aplicar a ellos las comparaciones elemento humano-maquina, y por lo tanto pueden omitirse al asignar responsabilidades cuando se considera la asignación de responsabilidades al ser humano o a la máquina. Los primeros estudios en materia de factores humanos a menudo omitieron dichos atributos humanos, debido a que no se reconocía su importancia o debido a que se sabía muy poco acerca de los mismos para que pudieran ser de utilización práctica. No obstante ahora se reconoce su importancia y se sabe mucho más al respecto. Ya no deben ser ignorados. Constituyen dos categorías amplias según su orígenes y el modo en que pueden cambiarse.

5.5.3 Una categoría de atributos humanos se refiere a los efectos del ATC sobre los que trabajan en el mismo. Esta categoría abarca cuestiones en las que pueden influir los cambios de procedimientos, medio ambiente y condiciones del ATC. Comprende temas tales como la atención, el tedio, la complacencia y el error humano que pueden considerarse al efecto que tienen en el controlador las influencias que predisponen dentro del sistema ATC y que pueden por lo tanto cambiarse si se modifica el sistema.

5.5.4 La segunda categoría se refiere a los atributos fundamentales y universales que son relativamente independientes de los aspectos concretos del ambiente ATC y a los cuales este debe por lo tanto, adaptarse. Esta categoría incluye las necesidades de las personas en el trabajo, las diferencias individuales. La competencia humana en determinadas tareas como por ejemplo, la vigilancia y las características del tratamiento de la información por parte del ser humano, el pensamiento, la toma de decisiones y el recordar. El ATC no puede cambiar dichos atributos pero debe adaptarlos utilizando sus aspectos ventajosos y evitando sus limitaciones. Es importante darse cuenta al resolver los problemas de factores humanos que la dirección de las causas no es siempre la misma y que por lo tanto las soluciones más satisfactorias de determinados problemas pueden diferir en cuanto al tipo. En ambas categorías el resultado práctico es un desajuste entre el sistema y el ser humano que puede tener que resolverse mediante cambios en uno. o en el otro, ó en ambos. La solución preferida depende de la categoría.

La primera categoría

Las tensiones (estrés)

5.5.5 Las tensiones constituyen principalmente un problema del elemento humano aun cuando cualquiera de las interfases SHEL pueden ser pertinentes a las mismas. La incidencia de dolencias relacionadas con las tensiones entre los controladores comparada con la de grupos más generales de población varía en diferentes contextos y puede no ser el mismo en todos los Estados. Se ha sostenido durante mucho tiempo que los controladores de tránsito aéreo soportan tensiones excesivas debido a su ocupación. Esto se ha atribuido ordinariamente a aspectos de las funciones ATC como, por ejemplo, las elevadas exigencias de las tareas, las presiones que impone el tiempo o que imponen las responsabilidades, o el equipo inadecuado. Más recientemente, se han atribuido a las influencias de la organización o a las interfaces elemento humano-elemento humano como, por ejemplo, las condiciones de empleo. Las malas relaciones entre la gerencia y los controladores, equipo inadecuado, el insuficiente aprecio de la pericia de los controladores, la imputación de culpa por fallas, las excesivas horas de trabajo, la instrucción inadecuada, las esperanzas frustradas de carrera o el menosprecio publico injustificado o debido a una mala información sobre el ATC.

5.5.6 Otros dos factores pueden contribuir a la tensión. Una es la labor por turnos, los cuales pueden perturbar los ciclos de sueño y afectar a las relaciones domésticas y sociales. El otro es el estilo de vida moderno que parece inducir síntomas relacionados con la tensión en algunas personas casi independientemente de su trabajo. Un controlador con síntomas indicadores de tensión podrá tener que ser retirado de las funciones activas. Esto puede constituir un remedio costoso pero esencial dado que la seguridad y la eficiencia del ATC no deben ser comprometidas y que los problemas de tensiones pueden ser difíciles de resolver. Es mucho mejor prevenirlos mediante espacio de trabajo, equipo y planificación de las tareas adecuados, horarios y estilos de trabajo considerados. Una gerencia que apoya y entiende al personal y la preocupación por la salud y el bienestar de las personas. Debido a que las tensiones pueden tener causas tan diferentes. La prevención satisfactoria o la reducción de la tensión en toda circunstancia dada depende del diagnóstico correcto de su origen.

5.5.7 Deberían examinarse las siguientes posibilidades. Si las demandas del ATC con respecto a determinado trabajo son excesivas para casi todos los que lo hacen, las demandas deben reducirse volviendo a planificarse las tareas y reasignando responsabilidades. Si las demandas del ATC con respecto a determinado trabajo han resultado excesivas para un controlador en particular pero no para la mayoría de ellos, la persona debería ser transferida a un trabajo con menos exigencias. Si las condiciones de empleo como. por ejemplo. Las horas de trabajo o los períodos de trabajo-descanso, más bien que el propio ATC imponen una tensión inevitable en cada controlador, la solución es ajustar las horas de trabajo, los ciclos de trabajo-descanso u otras condiciones de empleo que inducen la tensión. Si la lista de disponibilidad y los ciclos de turnos, incluida la labor nocturna ocasional o regular, están lejos de ser óptimos y dan lugar a dificultades domésticas o a perturbaciones del sueño, es necesario introducir cambios en dichas áreas.

5.5.8 Es necesaria la prudencia en lo que respecta a los efectos previstos de la disminución de la tensión. Pueden haber urgentes razones medico- humanitarias para hacerlo y los beneficios desde el punto de vista de los costos pueden derivarse de esto al haber un menor porcentaje de movimientos de personal y los costos consiguientes menores de contratación e instrucción. Puede haber beneficios desde el punto de vista de la seguridad o del desempeño pero las condiciones de tensión no están siempre estrechamente relacionadas con los incidentes o accidentes y las razones para la mitigación de la tensión no se limitan al desempeño y a la seguridad. Ha habido muchos estudios amplios sobre la tensión en el ATC pero continúa siendo un tema animado y controvertido que no se ha resuelto totalmente todavía.

5.5.9 Otro tipo de estrés que se constata en el entorno de los controladores de tránsito aéreo es el provocado por haberse visto envuelto o haber sido testigo de accidentes de tránsito aéreo mortales o incidentes que pudieron culminar en muertes. A este tipo de estrés se le denomina a menudo como estrés pos-traumático o estrés de incidente critico y puede dar lugar a desórdenes graves en la vida corriente o en el comportamiento del o de las personas involucradas, lo cual podría resultar en que tales personas abandonen la profesión de controlador. En la Parte 2 del presente manual se proporciona la descripción de una técnica para manejar este tipo de estrés.

Tedio

5.5.10 En comparación con el tema de la tensión, ha sido mucho menor la investigación relacionada con el tedio, que también constituye una cuestión relacionada con el elemento humano. Aun cuando a menudo constituye un problema, no se entienden bien todas sus causas y consecuencias. No todas las presunciones basadas en el sentido común sobre las causas y efectos del tedio parecen ser correctas. El tedio puede ocurrir cuando hay poca actividad: la solución es proporcionar más trabajo.

El tedio puede ocurrir cuando hay considerable actividad pero se ha transformado en una rutina, exigiendo poco esfuerzo y estando desprovisto de estimulo e interés: el remedio es mantener una participación directa y activo en la secuencia de control. El tedio tiende a aumentar a medida que aumente la pericia y la experiencia: el remedio es concebir las tareas con una jerarquía de pericia requerida, dado que las oportunidades de ejercer pericias de elevados niveles pueden ayudar a prevenir el tedio.

5.5.11 A menos que haya una excesiva reiteración del contenido de la instrucción, el tedio no sucede demasiado durante la instrucción debido a que la carga de trabajo puede ser controlada ajustando el nivel de las demandas de las tareas con la capacidad del controlador. La ejecución de tareas que exigen gran pericia no son inmunes al tedio si el desempeño especializado puede desarrollarse sin una atención estrecha, pero los intentos de aliviar el tedio en tales circunstancias pueden incidentalmente deteriorar la ejecución de las tareas que exigen la gran pericia. El tedio no esta siempre relacionado con la seguridad aun cuando el sentido común sugiere que lo deba estar.

Ejemplo: Muchos controladores pueden haber experimentado que cuando había sólo unas pocas aeronaves en el espacio aéreo, después de un período especialmente ocupado, se producía una pérdida de separación entre estas pocas aeronaves (o casi), mientras que durante el precedente período de gran actividad no habla ningún problema en absoluto.

5.5.12 A la gente no le gusta sentir aburrimiento. El tiempo se arrastra y el ser humano puede inventar tareas, procedimientos o alternativas que pueden hacer pasar el tiempo más rápidamente. Esto no conviene al interés fundamental en materia de eficiencia del ATC. Un factor pertinente es el grado en que el ser humano es dirigido por el sistema, lo cual puede producir aburrimiento o tiene cierto control sobre el mismo y puede ejercer iniciativas, en especial en lo que atañe a las demandas de la tarea y a la carga de trabajo. Muchas formas de asistencia automatizada en ATC pueden tener el efecto no previsto de aumentar el tedio.

5.5.13 las siguientes recomendaciones pueden prevenir o mitigar el tedio:

- permitir a los controladores tanta libertad como sea posible para controlar y programar su propia carga de trabajo;

- tratar de mantener los niveles de dotación de personal ajustados de manera que siempre haya suficiente labor especializada a llevar a cabo;

- diseñar los espacios de trabajo, el equipo y las tareas de manera que fomenten la jerarquía de pericias y proporcionar oportunidades para emplear dichas pericias;

- permitir a los controladores seleccionar el nivel apropiado de asistencia automatizada;

- tratar de asegurarse de que las personas no estén solas en el trabajo. dado que el predominio y las consecuencias del tedio son a menudo menos graves estando en grupo que solo.

Confianza y complacencia

5.5.14 La confianza y la complacencia constituyen principalmente cuestiones del elemento humano. En un trabajo que exige rapidez en la resolución de los problemas y en la toma de decisiones, la confianza en las propias capacidades es fundamental. No hay lugar para las personas indecisas en el ATC. No obstante, la confianza puede conducir al exceso de confianza y a la complacencia. Si un trabajo nunca pone a prueba las limitaciones del individuo toda dificultad puede parecer familiar y todo problema previsible: esto puede inducir a la complacencia. La complacencia puede reducirse en parte mediante niveles de trabajo elevados (aunque no excesivos), por el control de la programación de las tareas y por la instrucción y la evaluación mediante el planteo off-line" de problemas difíciles y estimulantes.

Prevención de errores

5. .15 Se hacen todos los esfuerzos posibles en el diseño de los sistemas, espacio de trabajo, interfaces ser humano-maquina, tareas y funciones, en la previsión de las demandas de las tareas; en el ajuste de la pericia y de los conocimientos con las funciones: y en la especificación de las condiciones de empleo para asegurarse de que el controlador prestará atención a sus tareas continuamente y cometerá el menor número de errores posible. El éxito con el que se logra esto depende de las contribuciones adecuadas de los factores humanos durante las etapas formativas de la planificación y diseño de los sistemas. De esta manera las fuentes potenciales de errores e inatención se detectan con suficiente anticipación como para eliminarlas. La mayoría de las clases de error humano posibles que ocurrirán esta determinada por los aspectos del diseño del sistema (equipo, soporte lógico, media ambiente), que es la razón por la cual su carácter general es a menudo previsible. No obstante, las cuestiones relacionadas con el elemento humano habitualmente constituyen las causas principales de predisposición de cada error en particular. Los seres humanos son falibles y los controladores de tránsito aéreo siguen siendo falibles y sujetos a error cualquiera sea el grado de experiencia y competencia que tengan. Aun cuando debería hacerse todo lo posible para prevenir el error humano, no tiene sentido plantear la seguridad del sistema ATC basándose en la suposición de que todo error humano puede prevenirse. Algunos errores ocurrirán v el sistema debe seguir siendo seguro cuando eso sucede, si se le diseña de manera que pueda tolerar errores.

Muchos tipos de error pueden preverse analizando las tareas y las funciones. en función de las características de las presentaciones visuales, de los dispositivos de entrada de datos de comunicaciones \ de la interfaz ser humano-máquina así como de los requisitos del ATC. A veces los seres humanos pueden detectar errores a medida que los cometen y corregirlos inmediatamente. A veces en un medio en el que hay un equipo que este actuando. Los colegas pueden detectar los errores del controlador y señalárselo. A veces las máquinas pueden estar programadas para detectar y prevenir los errores humanos al no aceptar o no ejecutar medidas que son incorrectas o no válidas o al compensar automáticamente sus consecuencias negativas.

5. 5 .17 En la comunicación oral, las principales fuentes de error son las confusiones fonéticas. Las omisiones, la anticipación a lo que uno espera oír y el orden normalizado de las cuestiones. En una información tabular, se puede tomar por error una línea o bloque de datos en lugar de otros, y los caracteres y las formas que son insuficientemente diferentes pueden identificarse erróneamente, las

leyendas deficientes, el desajuste entre las presentaciones visuales y los mandos y los intervalos entre las acciones y la retroinformación constituyen algunas de las fuentes de error en las relaciones presentación visual-control. Los únicos errores que el controlador puede cometer son los que permite el diseño de la interfaz ser humano-maquina.

5.5.18 Se han recopilado diversas clarificaciones de error humano en el ATC. Entre los más detallados están los que se basan en los incidentes de tránsito aéreo notificados dada que muchos informes contienen detalles de errores humanos que han ocurrido en realidad. Otra solución empieza con una clasificación de los errores que se basa en la evidencia general respecto a las características de los procesos de información y pensamiento humanos y formula distinciones, por ejemplo, respecto a errores de planificación o de ejecución, y de errores atribuibles a un conocimiento deficiente, a la aplicación de reglas equivocadas, o a fallas de atención. Las clases de errores que pueden ocurrir en ATC pueden categorizarse según dichas distinciones, las cuales pueden entonces guiar la formulación de procedimientos apropiados para eliminarlos o prevenir sus consecuencias más graves.

Fatiga

5.5.19 Una importante cuestión relativa al elemento humano es la de los controladores que se van fatigando, debido a que cuando el cansancio es excesivo, la capacidad de las personas de juzgar sufre impedimentos y puede ponerse en riesgo la seguridad y eficiencia del servicio del ATC. Esto es inaceptable, tanto desde el punto de vista de la seguridad y del desempeño cómodo de la salud bienestar en la ocupación. Los controladores no deben cansarse en exceso debido a los horarios de trabajo prolongados o a las exigencias no razonables de las tareas y, por lo tanto, la prevención de la fatiga de los controladores debe desempeñar un papel importante en las decisiones de la gerencia. Los remedios incluyen la repartición de las funciones, el ajuste de los niveles de dotación de personal, el acortamiento de los períodos de turno, el mejoramiento de los ciclos de trabajo y descanso, el suministro de instrucción adicional, elsuministro de mayor asistencia computarizada y la instalación de equipo moderno.

5.5.20 Los niveles de dotación deben entrañar la previsión de pausas de descanso adecuadas durante cada turno. El período máximo recomendado de trabajo continuo y sin pausa es normalmente de unas dos horas, especialmente cuando la demanda del tránsito es muy elevada. El descanso debería tomarse siempre lejos del medía ambiente del ATC sentarse y tratar de aflojar la tensión dentro del medio ambiente de trabajo no es lo mismo que descansar, dado que el controlador sigue estando de servicio y puede tener que volver al trabajo rápidamente en cualquier momento. El controlador no debe asumir ninguna responsabilidad del ATC durante el período de descanso. Aun cuando las demandas del tránsito han sido suaves y el controlador ha tenido menos trabajo y se ha aburrido, sigue necesitando las pausas para descanso. La actividad inferior no constituye nunca un sustitutivo satisfactorio para una pausa de descanso real.

5.5.21 Es necesario proporcionar pausas para comidas dentro de los turnos. La duración misma del turno depende de las demandas que plantea el tránsito. Si el turno de trabajo incluye períodos de permanencia a la orden pero sin trabajar realmente y de varios factores logísticos, No es prudente finalizar un turno, especialmente un turno nocturno, en el momento en que el controlador cansado ha de conducir el auto de vuelta a su casa durante horas de intenso tránsito de superficie. Incluso con las pausas para el descanso y las comidas, no se recomienda normalmente más de unas ocho horas continuas de trabajo a menos que el tránsito aéreo sea reducido o intermitente. Los controladores que trabajan durante un número establecido de horas, pueden preferir los turnos más largos para poder disponer de períodos continuos más largos lejos del trabajo y la formación de listas de disponibilidad que permite varios días consecutivos de descanso a intervalos regulares es a menudo algo sumamente apreciado pero no debe lograrse al precio de una severa fatiga debido a turnos excesivamente prolongados.

El trabajo del ATC incluye comúnmente algunos turnos nocturnos. Esto puede ser un tanto controvertido pero en general se prefieren los turnos rotativos en vez del trabajo durante varías noches consecutivas. Los turnos deberían alternarse más tarde o sea, un turno matutino puede ser seguido de un turno vespertino el próximo día pero un turno vespertino no debería ser seguido de un turno matutino al día siguiente. Debe considerarse la edad; los controladores de más edad pueden fatigarse más fácilmente con el trabajo por turnos, especialmente si deben volver a cambiar los turnos después de una serie de días normales de trabajo. Puede ser aconsejable que los controladores que se están acercando a la edad de la jubilación hagan menos trabajo nocturno. Aun cuando ninguna recomendación es aplicable para todos los casos, se aconseja que, de ser necesario, a medida que aumenta su edad se reasigne a los controladores a funciones que siguen correspondiendo a sus capacidades. La mayor experiencia puede compensar el deterioro causado por la edad en su desempeño en cierto grado pero los niveles de esfuerzo elevados sostenidos y continuos pueden resultar más cansadores para ellos.

La segunda categoría

Necesidades en el trabajo

Un atributo del elemento humano pertinente para el ATC es que el ser humano tiene necesidades específicas respecto al trabajo que son fundamentalmente diferentes de las de las máquinas. Como es sabido, una maquina puede tolerar una inactividad prolongada, pero no un ser humano. Una maquina puede emplearse indefinidamente en tareas de rutina, sin especialización, sin exigencias reiteradas pero esto no es conveniente para el ser humano. Una máquina puede supervisar sin fatigarse excesivamente, aburrirse, distraerse o adormecerse, pero el ser humano no puede supervisar de manera eficiente durante largos períodos en que no suceda nada. Una máquina parece indiferente a otras máquinas mientras que el controlador busca la buena opinión y respeto de sus colegas y de los demás.

5.5.24 Los controladores humanos tienen aspiraciones relacionadas con su trabajo y su carrera; necesitan poder planificar su futuro. Pueden desilusionarse si su carrera real o sus perspectivas de carrera son inferiores a sus aspiraciones aun cuando las mismas puedan no parecer realistas para los demás. Las funciones del ATC actualmente y en el futuro deberían reconocer las aspiraciones humanas en materia de satisfacción en cuanto al trabajo. Entre los que obran más eficazmente por la profesión del ATC se cuentan los propios controladores, siempre y cuando sus empleos parezcan satisfactorios y satisfagan a las necesidades humanas básicas en el trabajo. Para que el ATC prospere cuando su grado de automatización sea mayor las actitudes de los controladores con respecto a las formas automatizadas deberían ser tan favorables como lo son hacia las formas más manuales.

Actitudes

5.5.25 El desempeño puede sufrir la influencia de las condiciones de empleo, por la ética, los principios y las normas profesionales, por la moral del trabajo como miembro de un equipo profesional y por las actitudes de los controladores, todos estos aspectos del elemento humano, los controladores adoptan actitudes con respecto:

- al propio sistema ATC
- a su profesión;
- a aquellos para quienes trabajan como, por ejemplo, la gerencia o los empleadores;
- a los que pueden influir en sus condiciones de empleo;

- a sus colegas;
- a los pilotos;
- a los que diseñan sistemas e instalaciones de ATC;
- a los que efectúan el servicio y el mantenimiento del sistema al equipo y las instalaciones que se les suministran.

las actitudes con respecto al equipo están influenciadas por su conveniencia para las tareas, por el grado en que son libres de errores y por su modernidad. A menudo se interpreta el suministro de equipo como un símbolo del valor e importancia que se acuerda al ATC.

5.5.26 Algunas otras influencias afectan a toda la comunidad del ATC. las mismas incluyen actitudes y relaciónes con respecto a:

- la comunidad ATC internacional;
- las autoridades internacionales interesadas en las normas y métodos;
- otras profesiones con las que los controladores comparan la suya propia;
- la comunidad de la aviación;
- el público en general;
- los que se encuentran en posiciones de poder e influencia;
- la prensa.

Ejemplo: En agosto de 1993 se produjo un incidente sobre un localizador cerca de Tromson (Noruega), donde ocurrió una perdida de separación entre un Twin Otter y un Boeing 737. El Twin Otter estaba a 5.000 ft y el B737 habla sido autorizado por el ATC a situarse a 7.000 ft.
Cuando el piloto confirmó esta autorización, dijo que estaba descendiendo a 5 000 ft y el controlador no se dio cuenta de este error. Después de unos minutos, el B737 notificó estar sobre el localizador a 5 000 ft. La tripulación del Twin Otter, por haber pasado igualmente dicho localizador unos instantes antes a 5.OOO ft, descendió inmediatamente a 4 500 ft mientras el controlador instaba al B737 a ascender a 6.OOO. Posteriormente se determinó que la distancia horizontal entre las dos aeronaves fue de unas 4 NM durante el tiempo en que no se estableció la separación vertical. En la investigación subsiguiente se hicieron constar las siguientes constataciones:

- había una grave escasez de personal en el momento del incidente;
- el controlador había hecho en promedio unas 40 horas mensuales suplementarias en los tres meses anteriores al incidente;
- el controlador estaba al final de un período de once días de trabajo sin haber tenido ningún día de descanso;
- no hubo relevo para los dos controladores de la torre (que actuaban en control de torre y de aproximación, respectivamente); por consiguiente, los controladores tenían que comer sus comidas en el puesto de trabajo durante los períodos de calma;
- la cabina de torre era demasiado pequeña: diseñada originalmente para un controlador más un asistente, a menudo estaba ocupada por un equipo de tres controladores, un asistente y dos alumnos;
- la planificación de los vuelos y la información previa al vuelo se efectuaban en la torre;
- los controladores de Torre se resistían a rechazar las horas suplementarias de trabajo porque si no aumentaría la carga de trabajo de sus colegas.

La junta investigadora formuló las cinco recomendaciones siguientes a la CM de Noruega

- intensificar los esfuerzos para aumentar el personal de modo permanente en TWR/APP de Tromson;
- tomar medidas para reducir el empleo de horas suplementarias entre los controladores;
- mejorar las condiciones físicas de trabajo del personal de TWR/APP de Tromson;
- considerar la posibilidad de establecer el concepto de salas de control en los servicios de tránsito aéreo, análogo al término estéril, utilizado durante las operaciones de las aeronaves;
- establecer reglas para los controladores que les permitan justipreciar su propia salud física y mental antes de proporcionar el servicio de control de tránsito aéreo.

Fuente: The Controller, junio de -1995

5.5.27 Las actitudes de los controladores respecto a estas otras influencias dependen del modo en que consideran que apoyan al ATC o no. En lo posible, la gerencia debería procurar fomentar actitudes favorables a los controladores del tránsito aéreo por parte de dichas influencias y viceversa. No es conveniente, por ejemplo, que se culpe al ATC de las demoras o dificultades de las que no es directamente responsable.

Diferencias individuales

5.5.28 Las amplias diferencias individuales entre las personas constituyen un aspecto del elemento humano y la preocupación principal de los procedimientos de selección. Dichas diferencias incluyen las de orden medico, físico, de capacidad, de aptitudes y tal vez de personalidad. Es de prever que un grupo de candidatos satisfactorios presentara menos diferencias que el grupo original de candidatos de entre los cuales fueron elegidos. Los procesos de instrucción procuran seguidamente reducir aun más las diferencias individuales restantes entre los seleccionados. De esta manera la seguridad y la eficiencia del servicio del ATC no dependerá de manera importante de quiénes son los controladores que están de servicio en un momento dado, aun cuando su modo de lograr dicha seguridad operacional y eficiencia puede diferir considerablemente del de otro grupo de controladores del mismo servicio (cultura de grupo).

5.29 La selección e instrucción tienen el efecto de reducir las diferencias individuales pero algunas diferencias subsisten y pueden ser muy benéficas. Pueden formar la base de la perspectiva de carrera así como para asignar los controladores a diferentes funciones. En el futuro, la automatización puede adaptarse más al controlador haciendo el mejor uso de las cualidades individuales y compensando sus flaquezas, mientras que el método actual es el de descontar las diferencias individuales y basarse en las cualidades humanas generales evitando las flaquezas. Esta tendencia puede resultar especialmente importante si una escasez de candidatos disponibles obliga a la selección de candidatos que inicialmente tienen capacidades potenciales y antecedentes más variados.

Una perspectiva de los factores humanos generales

5.5.30 En el ATC debe tenerse en cuenta las capacidades básicas cognitivas de las personas, cómo piensan, como deciden, cómo entienden y como recuerdan. Las funciones y tareas deben proyectarse dentro de dichas capacidades y la instrucción debe idearse de manera que las maximicen. Las personas necesitan poder usar sus capacidades cognitivas bien y con sentido, de manera que se reconozcan como de utilidad y de modo que no entrañe una inferiorización.

5.5.31 Las condiciones de empleo de los controladores varían. Existe la necesidad de examinar periódicamente y hacer recomendaciones respecto al total de horas de trabajo. La preparación de listas y horarios de turnos, y los períodos máximos permitidos de trabajo continúo sin descanso. El diseño del espacio de trabajo no debe dar lugar a ningún peligro para la salud vinculado con la ocupación como, por ejemplo, dificultades visuales o de posición durante la realización de las tareas del ATC. Debe existir siempre una disposición para la jubilación anticipada de los controladores por razones médicas.

5.5.32 El ATC es un medio dinámico y en expansión. Es difícil predecir cuál será el grado futuro de expansión por estar sujeto a factores totalmente fuera de la influencia directa del ATC como, por ejemplo, las condiciones económicas mundiales y nacionales, la disponibilidad y el costo del combustible y la percepción del público viajero en cuanto a la seguridad del vuelo. No obstante, todas las proyecciones prevén que el tránsito aéreo aumente tan considerablemente a largo plazo que la mayoría de los sistemas ATC tendrán que ser remplazados o ampliados, o evolucionar más, debido a que nunca fueron proyectados de manera que pudieran atender a tanto tránsito.

5.5.33 La aplicación de innovaciones tecnológicas al ATC como, por ejemplo, la información procedente de satélites, los enlaces de datos, la codificación por colores, la inteligencia artificial y la entrada directa de datos por vía oral deben evaluarse a fin de determinar su utilidad y sus formas óptimas en relación con el ATC. Es necesario identificar todas las consecuencias de dichos cambios en lo que atañe a los factores

humanos y resolver los problemas conexos no solamente en cuanto a las presentaciones visuales. el control, la integración, las interfaces, las comunicaciones, el entendimiento y la memoria sino también a las funciones de equipo, las actitudes, las normas y la ética.

BIBLIOGRAFÍA

Obras de referencia sobre factores humanos

Ackermann, D. & Tauber, M.J. (eds) (1990) *Mental Models and Human-Computer lnteraction.* Amsterdam: Elsevier.

Adams, J.A. (1989) *HuD1an Factors Engineering.* New York: Macmillan.

Baecker, R.M. & Buxton, W.A.S. (eds) (1987) *Readings in Human-Computer Interaction: A Multi-disciplinary Approach* Los Altos, CA: Morgan Kaufman.

Bainbridge, L. (1987) *Ironies of Automation.* In: Rasmussen, J., Duncan, K. & Leplat, J. (eds) *New Technology and Human Error.* Chichester, Inglaterra: Wiley. 271-283.

Bainbridge, L. & Ruiz Quintanilla, S.A. (eds) (1989) *Developing Skills with Information Technology.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Barber, P.J. & Laws, J.Y. (eds) (1989) A Special Issue on Cognitive Ergonomics. *Ergonomics,* 32, 11.

Boff, K.R. & Lincoln, J.E. (eds) (1988) *Engineering Data Compendium: Human Perception and Performance,* 3 volumes and *User's Cuide.* Ohio: Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory.

Booth, P. (1989) *An Introduction to Human-Computer Interaction.* Hove, Inglaterra: Erlbaum.

Bosman, D. (ed) (1989) *Display Engineering.* Amsterdam: North-Holland.

Bradley, O. (1989) *Computers and the Psychosocial Work Environment.* Inglaterra: Taylor and Francis.

Burgess, J .H. (1986) *Designingfor Humans: The Human Factor in Engineering.* Princeton, NJ: Petrocelli.

Burgess, J .H. (1989) *Human F actors in Industrial Design: The Designer's Companion.* Blue Ridge Summit, Pennsylvania: TAB.

Card, S.K., Moran, T.P. & Newell, A. (1983) *ThePsychologyof Human-Compuier Interactión.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cooper, C.L. y Payne, R. (eds) (1988) *Causes, Coping and Consequences of Stress at Work.* Chichester, Inglaterra:
Wiley.

Costa, O.., Cesana, O.C., Kogi, K. & Wedderbum, A. (eds) *(1990)Shifnvork: Health. SleepandPerformance.* Frankfurt, Alemania: Verlag Peter Lang.

Davies, D.R., Matthews, O. & Wong, C.S.K. (1991) Ageingand Work, In: Cooper, C.L. and Robertson, I.T. (eds) *International Review of Industrial and Organizational Psychology*. 6, 149-212. Chichester, Inglaterra: Wiley.

Damos, D. (ed) (1991) *Multiple Taskperformance.* Inglaterra: Taylor & Francis.

Diaper, D. (ed) (1989) *Task Analysis for Human-Computer Interaction.* Chichester, Inglaterra: ElIis Horwood.

Durrett, H.J. (ed) (1987) *Color and the Computer.* Orlando, FL: Academic Press.

Eason, K. (1988) *Information Technology and Organisational Change* Londres; Taylor & Francis.

Emsting, J. & King, P, (eds) *(1988)Aviation Medicine,* Londres: Butterworths.

Farmer, E. (ed) (1991) *Human Resource Management in Aviation.* Aldershot, Inglaterra: Avebury Technical.

Farmer, E. (ed) (1991) *Stress and Error in Aviation.* Aldershot, Inglaterra: A vebury Technical.

Frankenhaeuser, M. & Johansson, O. (1986) Stress at Work: Psychobiological and Psychosocial Aspects. *Applied Psychology: An International Review.* 35, 287-299.

Fraser, T.M. (1989) *The Workerat Work: A TextbookConcerned with Men and Women in the Workplace.* Londres: Taylor and Francis.

Orandjean, E. (1988) *Fitting the Task to the Man.* Londres: Taylor and Francis.

Hancock, P.A. (ed) (1987) *Human Factors Psychology.* Amsterdam: North-Holland.

Hancock, P.A. & Chignell, M.H. (eds) (1988) *Intelligent Interfaces: Theory, Research and Design.* Amsterdam: North- Holland.

Hancock, P.A. & Meshkati, N. (eds) (1988) *Human Mental Workload.* Amsterdam: North-Holland.

Hancock, P.A. & Warm, J.S. *(1989)A Dynamic ModelofStress and Sustained Attention.* Human Factors, 31, 519-537.

Helander, M. (ed) (1988) *Handbook of Human-Computer Interaction.* Amsterdam: North-Holland.

Hockey, O.R.J. (ed) (1983) *Stress and Fatigue in Human Performance.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Holding, D.H. (ed) (1989) *Human Skills.* Chichester, Iílgíaterra: Wiley.

Hopkin, V.O. (1982) *Psychology and Aviation.* In: Canter S. & Canter, O. (eds) *Psychology in Practice.* Chichester, Inglaterra: Wiley. 233-248.

Hunt, R.W.G. (1991) *Measuring Colour.* Hemel Hempstead, Inglaterra: Ellis Horwood. (Simon and Schuster Intemational).

Ivergard, T. (1989) *Handbook of Control Room Design and Ergonomics.* Londres: Taylor and Francis.

Jensen, R.S. (ed) (1989) *Aviation Psychology.* Aldershot, Inglaterra: Gower.

Jordan, N. (1968) *Themes in Speculative Psychology.* Londres: Tavistock.

Landau K. & Rohmert, W. (eds) (1989) *Recent Deve./opments in Job Analysis.* Londres: Taylor and Francis.

Loeb, M. (1986) *Noise and Human Efficiency.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Long, J. & Whitefield, A. (eds) (1989) *Cognitive Ergonomics and Human-Computer Interaction.* Cambridge: Cambridge University Press.

Megaw, E.O. (1991) Ergonomics: Trends and Influences. In: Cooper, C.L. & Robertson, I.T. (eds). *International Review of Industrial and Organizational Psychology,* 6, 109-148.

Monk, T. & Folkard, S. (1992) *MakingShifhvork Tolerable: A Practical Guide.* Londres: Taylor and Francis.

Moray, N. (ed) (1979) *Mental Workload: Its Theory and Measurement.* New York: Plenum Press.

Muir, B.M. (1987) Trust between humans and machines, and the design of decision aids. *International Journal of Man- Machine Studies,* 27, 527-539.

Norman, O.A. (1988) *The Psychology of Everyday Things.* New York: Basic Books.

Norman, O.A. & Oraper, S.W. (eds) (1986) *User Centered System Design.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Noro K. & Imada, A.S. (1991) *Participatory Ergonomics* Londres: Taylor & Francis.

Perrow, C. (1984) *Normal Accidents: Living ,vith High-risk Technologies.* New York: Basic Books.

Pheasant, S. (1986) *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design.* Londres: Taylor and Francis.

Rasmussen, J. (1986) *Information Processing and Human Machine Interaction.* New York: North-Holland.

Rasmussen, J., Ouncan, K. & Leplat, J. (eds) (1987) *Ne,v Tech- .nology and Human Error.* Chichester, Inglaterra: Wiley. Reason, J.T. (1990) */filman Error.* Cambridge: Cambridge University Press.

Reilly, R. (ed) (1987) *Communication Failure in Dialogue and Discourse: Detection and Repair Processes.* Amsterdam: North-Holland.

Rodahl, K. (1989) *The Physiology ofWork.* Londres: Taylor and Francis.

Salvendy, G. (ed) (1987) *Handbook of Human Factors.* New York: Wiley.

Sauter, S.L., Hurrell, J.L. & Cooper, C.L. (eds) (1989) *Job Control and Worker Health.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Sayers, B.A. (ed) (1988) *Human Factors and Decision Making: Their Influence on Safety and Reliability.* Londres: Elsevier Applied Science.

Sen, R.N. (1984) Applications of Ergonomics to Industrially Oeveloping Countries. *Ergonomics,* 27,1021-1032.

Senders, J.W. & Moray, N.P. (1991) *Human Errors: Their Causes, Prediction and Reduction.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Sher, S. (ed) (1988) *Input Devices.* Boston, MA: Academic Press.

Shneiderman, B. (1987) *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human~Computer Interaction.* Reading, MA: Addison-Wesley.

Shorrock, B. (1988) *System Design and HCI ~ A Practical Handbook.* Wilmslow: Sigma Press.

Singleton, W.T. (1989) *The Mind at Work: Psychological Ergonomics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Singleton, W. T. & Hovden, J. (eds) (1987) *Risk and Decisions.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Spector, P.E., Brannick, M.T. & Coovert, M.D. (1989) *Job Analysis.* In: Cooper, C.L. & Robertson, I.T. (eds) *International Review of Industrial and Organizational Psychology.* 4, 281-328.

Suchman, L.A. 1987) *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication* Cambridge: Cambridge University Press.

Sutcliffe, A. (1988) *Human-Computer Interaction.* Basingstoke, Inglaterra: Macmillan Education.

Travis, D. (1991) *Effective Color Displays: Theory and Practice.* Londres: Academic Press.

US Department of Defence (1989) *Human Engineering Design Criterio for Military Systems, Equipment and Facilities: Military Standard MIL-STD-I472D.* Filadelfia: Naval Publications and Forms Center.

Weir, G. & Alty, J. (eds) (1990) *Human Computer Interaction and Complex Systems.* Londres: Academic Press.

Wiener, E.L. & Nagel, D.C. (eds) (1988) *Human Factors in Aviation.* San Diego: Academic Press.

Williams, T.A. (1988) *Computers, Work and Health: A Socio - Technical Approach.* Londres: Taylor and Francis.

Wilson, J.R. & Corlett, E.N. (eds) (1990) *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology.* Londres: Taylor and Francis.

Wise, J.A. & Debons, A. (eds) (1987) *Information Systems: Failure Analysis.* Berlin: Springer-Verlag.

Wisner, A. (1985) Ergonomics in Industrially Developing Countries. *Ergonomics,* 28,1213-1224.

Wisner, A. (1989) Variety of Physical Characteristics in Industrially Developing Countries -Ergonomic Consequences. *International Journal of Industrial Ergonomics,4,117-138.*

Woodson, W.E. (1987) *Human Factors Reference Guide for Electronics and Computer Professionals.* New York: McGraw-Hill.

Obras de referencia sobre el control de tránsito aéreo

Adair, D. (1985) *Air Traffic Control.* Wellingborough, Inglaterra: Patrick Stephens.

Benoit, A. *(ed)(1973)Air Traffic Control Systems.* Paris: NATO AGARD Conference Proceedings No. 105.

Benoit, A. (ed) (1975) *A Survey of Modern Air Traffic Control.* Paris: NATO AGARDograph No. 209 (2 volumes).

Benoit, A. & Israel, D.R. (eds) (1976) *Plans and Developments for Air Traffic Systems.* Paris: NATO AGARD Conference Proceedings, No. 188.

Benoit, A. (ed) (1980) *Air Traffic Management: Civil/Military Systems and Technologies.* París: NA TO AGARD Conference Proceedings, No. 273.

Benoit, A. (ed) (1983) *Air Traffic Control in Face of Users' Demand and Economy Constraints.* París: NATO AGARD Conference Proceedings No. 340.

Benoit, A. (ed) (1986) *Efficient Conduct of Individual Flights and Air Traffic, or Optimum Utilization of Modern Technology or the Overall Benefit of Civil and Military Airspace Users.* París: NATO AGARD Conference Proceedings No. 410.

Brenlove, M.S. (1987) *The Air Traffic System.* Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Buck, R.O. (1984) *Aviation: International Air Traffic Control.* New York: Macmillan Publishing.

Duke, G. *(1986)Air Traffic Control.* Shepperton, Inglaterra: Ian Allan.

Federal Aviation Administration (1988) *National Airspace System Plan.* Washington DC: Federal Aviation Administration, US Government Printing Office.

Field, A. (1980) *The Control of Air Traffic.* Eton, Inglaterra: Eton Publishing.

Field, A. (1985) *International Air Traffic Control- Management of the World'sAirspace.* Oxford, Inglaterra: Pergamon.

Graves, D. (1989) *United Kingdom Air Traffic Control.* Shrewsbury, Inglaterra: Airlife Publishing.

Ratcliffe, S. (1975) *Principles of Air Traffic Control.* In: Benoit, A. (ed) *(1975)A Survey of Modern Air Traffic Control.* París: NATO AGARDograph No. 209, Vol. 1,5-19.

Obras de referencia sobre factores humanos
generales en materia de control de tránsito aéreo

American Institute of Aeronautics and Astronautics (1991) *Challenges in Aviation Human Factors: The National Plan,* Washington DC,AIAA.

Fitts, P.M. (ed) (1951) *Human Engineering for an Effective Air- Navigation and Traffic -Control System.* Washington DC: Natio nal Research Council.

Hopkin, V.D. (1970) Human Factors in the Ground Control of Aircraft. *Paris: NATO AGARDograph No. 142.*

Hopkin, V.D. (1982) Human Factors in Air Traffic Control. *Paris: NATOAGARDographNo.* 275.

Hopkin, V.D. (1988) *Air Traffic Control.* In: Wiener, E.L. & Nagel, D.C. (eds) *Human Factors in Aviation.* San Diego: Academic Press. 639-663.

Lenorovitz, D.R. & Phillips, M.D. (1987) *Human Factors Requirements Engineering for Air Traffic Control Systems.* In: Salvendy, G. (ed) *Handbook of Human Factors.* New York: Wiley. 1771-1789.

Older, H.J. & Cameron, B.J. (1972) *Human Factors Aspects of Air Traffic Control.* Washington DC: National Aeronautics and Space Administration. NASA Report CR-1957.

Parsons, H.M. (1972) *Man Machine System Experiments.* Baltimore: Johns Hopkins Press.

Pozesky, M.T. (Ed) (1989) *Special Issue on Air Traffic Control.* Proceedings of the IEEE, 77, 11, 1603-1775.

Rohmert, W. (1973) *Psycho-physische Belastung und Beanspruchung von Fluglotsen.* Berlín: Beuth-Vertrieb

Obras de referencia sobre factores humanos
específicos en materia de control de tránsito aéreo

Costa, G. (1991) *Shiftvork and Circadian Variations of Vigilance and Performance.* In: Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlin: Springer-Verlag, 267-280.

Crump, J.H. (1979) *Review of Stress in Air Traffic Control: Its Measurement and Effects.* Aviation, Space and Environmental Medicine. 50, 3, 243-248.

Della Rocco, P .S., Manning, C.A. & Wing H. (1990) *Selection of Air Traffic Controllers for Automated Systems: Applications from Current Research.* Washington DC:
Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, DOT/FAA/AM-90/13.

Danaher,J. W. (1 980) *Human Error in ATC Systems Operations.* Human Factors, 22, 535-545.

Hancock, P.A. (1991) *The Aims of Human Factors and their .4pplication to Issues in Automation and Air Traffic Control.* In: Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlin: Springer- Verlag,187-199.

Hopkin, V.D. (1967) *Human Engineering Problems of Air Traffic Control Tasks.* The Controller, 6, 4, 16-20.

Hopkin, V.D. (1979) *New Workforce Roles Resulting. from New Technology. In:* Proceedings of24th Annual Meeting of the Air Traffic Control Association, Atlantic City, NJ.

Hopkin, V.D. (1980) *Boredom.* The Controller, 19, 1,6-9. Hopkin, V.D. (1980) *The Measurement of the Air Traffic Controller.* Human Factors, 22,5,547-560.

Hopkin, V.D. (1985) *Fitting Machines to People in Air Traffic Control Automation.* In: Proceedings of Seminar on Informatics in Air Traffic Control, Capri, Italia, 147-163.

Hopkin, V.D. (1989) Implications of Automation on Air Traffic Control. In: R.S. Jensen (ed) *Aviation Psychology. Aldershot,* Inglaterra: Gower Technical. 96-108.

Hopkin, V.D. (1989) Man-Machine Interface Problems in Designing Air traffic Control Systems. *Special Issue on Air Traffic Control.* Proceedings of the IEEE. 77, 11,.1 634-1642.

Hopkin, V.D. (1989) Training Implications of Technological Advances in Air Traffic Control. *Keynote Address. Symposium on Air Traffic Control Training for Tomorrow's Technology,* Oklahoma City: Federal Aviation Administration.

Hopkin, V.D. (1990) Operational Evaluation. In: Life M.A., .Narborough-Hall, C.S. and Hamilton, W.I. (eds) *Simulation*

and the User Interface. Londres: Taylor and Francis. 73-84. Hopkin, V.D. (1991) *The lmpact of Automation on Air Traffic*

Control Systems.ln: Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer- Verlag, 3-19.

Kaplan, M. (1991) *Issues in Cultural Ergonomics.* In: Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlin: Springer- Verlag, 381-393.

Langan-Fox, C.P. & Empson, J.A.C. (1985) *"Actions Not as Planned" in Military Air Traffic Control.* Ergonomics, 28, 1509-1521.

Lenorovitz, D.R. & Phillips, M.D. (1987) *Human Factors Requirements Engineering for Air Traffic Control Systems.* In: Salvendy, G. (ed) *Handbook of Human Factors.* New York: Wiley, 1771-1789.

Manning, C.A., Kegg, P .S. & Collins, W.E. (1989) *Selection and Screening Programmes for Air Traffic Control Specialists.* In: Jensen, R.S. (ed) *Aviation Psychology -A Contribution to the Technical Symposium* Aldershot, Inglaterra: Gower Technical Press Ltd. 321-341.

Melton, C.E. (1982) *Physiological Stress in Air Traffic Controllers: A Review.* Washington, DC: FAA Office of Aviation Medicine. Report F AA-AM-82- I 7.

Narborough-Hall, C.S. (1985) Recommendations for Applying Colour Coding to Air Traffic Control Displays. *Displays,* 6,131-137.

Rose, R.M., Jenkins, C.D. & Hurst, M.W. (1978) *Air Traffic Controller Health Change Study.* Washington DC: Federal Aviation Administration Report. FAA-AM- 78-39.

Sells, S.B., Dailey, J. T. & Pickrel, E. W. (eds) (1984) *Selection of Air Traffic Controllers.* Washington DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, F AA-AM-84-2.

Stager, P. (1991) *Error Models for Operating Irregularities: Implications for Automation.* In: Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlin: Springer-Verlag, 321-338.

Tattersall, A., Farmer, E. & Belyavin, A. (1991) *Stress and Workload Management in Air Traffic Control.*. In: Wise, J.A., Hopkin,V.D. & Smith,M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlin: Springer- Verlag, 255-266,

Whitfield, D. & Jackson, A. (1982) *The Air Traffic Controller's "Picture" as an Example of a Mental Model.* In: Johannsen, G. & Rijnsdorp, J.E. (eds) *Analysis Design and Evaluation of Man-Machine Systems.* Dusseldorf, Alemania: International Federation of Automatic Control, 45-52.

Wing,H. & Manning, C.A. (eds) (1991) *Selection of Air Traffic Controllers: Complexity, Requirements, and Public Interest.* Washington DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine. DOT/FAA/AM-91/9.

Wise, J.A., Hopkin, V.D. & Smith, M.L. (eds) (1991) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* NATO Advanced Science Institutes Series F: Computer and Systems Sciences, V. 73. Berlín: Springer-Verlag.

CAPÍTULO 6
LOS FACTORES HUMANOS EN EL MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE AERONAVES

6.1 INTRODUCCIÓN

6.1.1 El mantenimiento de aeronaves es un elemento fundamental del sistema en que se apoya la industria aeronáutica mundial. A medida que el tránsito aéreo y los estrictos requisitos de los horarios comerciales imponen mayores exigencias respecto de la utilización de las aeronaves, también aumentan las demandas y presiones sobre las operaciones de mantenimiento para obtener servicios a tiempo, tendencias que evidentemente continuarán. Esto traerá consigo más oportunidades para que se produzcan errores humanos y los consiguientes deslices en materia de seguridad. Se ha comprobado sin duda alguna que los errores humanos en la esfera del mantenimiento de aeronaves ha sido un factor causante de varios accidentes sufridos por los transportistas aéreos. También no cabe ninguna duda que, a menos que la industria aeronáutica aprenda de esos sucesos, seguirán produciéndose deslices de seguridad con relación al mantenimiento. Desde la perspectiva de los factores humanos, se han destacado algunas comprobaciones importantes durante la investigación de esos casos y sucesos.

6.1.2 Los objetivos de este capítulo son ofrecer orientación práctica sobre factores humanos —basada en esas cuestiones— a quienes concierne el mantenimiento y la inspección de aeronaves y dar a los no especialistas una idea general de los temas relacionados con los factores humanos y el mantenimiento e inspección de aeronaves. El propósito es mostrar cómo la capacidad y las limitaciones humanas pueden influir en el desempeño de las tareas y en la seguridad del mantenimiento y de la inspección. Este capítulo también identifica ciertas fuentes de las que puede obtenerse conocimiento e información sobre factores humanos.

6.1.3 A lo largo de este capítulo, tanto el modelo SHEL como el modelo del señor Reason se utilizan y mencionan en forma repetida para demostrar que los factores humanos son relevantes para la seguridad y eficacia de los servicios aéreos. La información sobre accidentes en que influyó algún error de mantenimiento se incluye para dar ejemplos con relación a los temas discutidos. El capítulo propugna la importancia que reviste intercambiar información, compartir experiencias entre los explotadores con relación a las operaciones de mantenimiento y los beneficios que de ello podrían obtenerse en materia de seguridad. Se resalta la necesidad de ajustarse a los procedimientos de mantenimiento establecidos y las consecuencias negativas que dimanan de toda desviación respecto a las normas, utilizando para ello ejemplos de la vida real. Se revisan muy brevemente algunos métodos de instrucción nuevos y mejorados para guía del personal de mantenimiento de aeronaves y se reseñan sus posibles ventajas.

6.1.4 En este capítulo también se analizan los beneficios que reportaría en materia de seguridad y eficiencia el suministro de instalaciones y servicios adecuados y un entorno de trabajo apropiado. También se examinan los aspectos relacionados con el desempeño de las tareas o trabajos, los sistemas de recompensa y la selección y formación del personal, subrayándose los beneficios atinentes. Obviamente, el modo de desempeñar el trabajo en una organización no es necesariamente adecuado para otra organización. Así pues, en este capítulo se destaca que cada organización debe considerarse en forma independiente, es decir, teniendo en cuenta su cultura de organización, cuando se proceda a distribuir los equipos de trabajo. También se exponen al lector ciertas ayudas de trabajo avanzadas que existen actualmente y algunas previstas para el futuro próximo. Se debate si es necesario introducir nuevas tecnologías avanzadas y cuáles serían las ventajas que reportarían —no sólo desde el punto de vista financiero sino también, lo cual es mucho más importante, a efectos de mejorar las normas de seguridad. Aunque se reconocen las ventajas dimanantes de esas ayudas de trabajo avanzadas, se propugna no

obstante cierta cautela en el sentido de que la automatización o la nueva tecnología debería tener en cuenta la capacidad y las limitaciones de quienes vayan a utilizarla. La automatización debería estar concebida en forma que ayude al ser humano a desempeñar sus tareas normales de modo más eficiente y *seguro*.

6.1.5 En este capítulo:

- se discuten los factores humanos en la esfera del mantenimiento e inspección de aeronaves;
- se examina el error humano en la esfera del mantenimiento e inspección de aeronaves;
- se presentan los temas que repercuten en el mantenimiento de las aeronaves;
- se examinan los asuntos relacionados con los equipos y aspectos de organización en las operaciones de mantenimiento;
- se trata de los sistemas automatizados y de tecnología avanzada en el mantenimiento de aeronaves;
- se tratan los retos que plantea el futuro considerando aspectos y estrategias de prevención de errores; y
- se proporciona una bibliografía.

6.2 FACTORES HUMANOS-MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE AERONAVES

Problemas de mantenimiento Contemporáneos

6.2.1 No cabe duda que los errores humanos producidos en la esfera del mantenimiento e inspección de aeronaves han ocasionado varios accidentes recientes sufridos por los transportistas aéreos. Siempre que el ser humano participa en una actividad, surgen como consecuencia ineludible errores que cometen las personas. Según se expone en una publicación[1], ha aumentado notablemente el número de accidentes e incidentes de aeronaves de transporte público *relacionados con el mantenimiento.* En esa misma publicación se define la expresión *problema de mantenimiento* del siguiente modo: Aspecto que no implica necesariamente un error (puede ser un error de diseño) pero que atañe al personal de mantenimiento por cuanto son los primeros responsables de resolver esas dificultades técnicas en las operaciones diarias. También en esa publicación se dice lo siguiente: Respecto de la primera mitad del decenio de 1980 se enumeran 17 problemas de mantenimiento relacionados con accidentes e incidentes que reseñan casos en que se vieron involucradas aeronaves propiedad únicamente de explotadores occidentales y que no constituyeron fallos técnicos "ordinarios" (motores, tren de aterrizaje, sistemas, estructura, ruptura de componentes, accidentes en la plataforma, etc.). Todos esos accidentes e incidentes tuvieron serias consecuencias (muertes, graves daños, relación con sucesos previos importantes, consecuencias significativas para la aeronavegabilidad, etc.). Respecto de la segunda mitad del decenio de 1980, en dicha publicación se enumeran 28 accidentes relacionados con problemas de mantenimiento, lo que constituye un aumento del 65% frente a la primera mitad del decenio. Durante ese mismo período, los movimientos de tránsito (salidas de vuelos, tanto regulares como no regulares) aumentaron en un 22% solamente. En los primeros tres años de la década de 1990, se produjeron 25 accidentes que se

atribuyeron a aspectos de mantenimiento. Esto se compara negativamente con los 7 accidentes producidos durante los primeros 3 años del decenio de 1980.

6.2.2 Obviamente queda por dilucidar si esos sucesos que hoy se relacionan con problemas de mantenimiento son un fenómeno "nuevo" en la aviación o si siempre existieron pero sólo ahora se han convalidado mediante la recopilación de estadísticas. Ciertamente, la conciencia que existe hoy en día respecto de la importancia del mantenimiento para la seguridad de la aviación acaso sea sólo una consecuencia lógica de que gradualmente se han aceptado métodos más completos y sistemáticos para tratar la seguridad de la aviación. Sea cual fuere el caso, el aumento en el porcentaje de accidentes e incidentes relacionados con problemas de mantenimiento parece ser por lo menos un elemento estadísticamente significativo. Durante los últimos 10 años, su promedio anual ha incrementado en más del 100% mientras que el número de vuelos sólo aumentó en algo menos del 55%.

6.2.3 Desde siempre, las tareas relacionadas con los factores humanos se han dedicado principalmente al rendimiento de la tripulación de vuelo y también, pero en menor medida, al rendimiento de los controladores de tránsito aéreo. Hasta hace poco, las publicaciones de que se disponía en este campo se ocupaban apenas de los temas de factores humanos atinentes al personal de mantenimiento de aeronaves, es decir, quienes están a cargo de la inspección y reparación de las mismas. Esto ha constituido una seria omisión, ya que está bastante claro que el error humano en la esfera del mantenimiento de aeronaves ha repercutido dramáticamente en la seguridad de las operaciones de vuelo, al igual que los errores cometidos por pilotos y controladores de tránsito aéreo.

6.2.4 Las labores de mantenimiento e inspección de aeronaves pueden ser tareas muy complejas y variadas, donde las oportunidades para cometer errores son abundantes. El personal de mantenimiento —al menos por lo que se refiere a los sistemas aeronáuticos más avanzados —con frecuencia desempeña su labor bajo bastante presión por razones de tiempo. El personal de las bases de mantenimiento y de las estaciones de reparación de las líneas aéreas comprenden la importancia que tiene cumplir los horarios de salida previstos. Los explotadores han incrementado la frecuencia de utilización de sus aeronaves para hacer frente a los problemas económicos que asolan la industria. Los técnicos de mantenimiento de aeronaves también se ven obligados a efectuar el mantenimiento de flotas que envejecen gradualmente. Es corriente que las flotas de muchas líneas aéreas cuenten con aeronaves de hasta 20 y 25 años, incluso cuando se trata de explotadores de importancia. Además, muchos explotadores proyectan que algunas de esas aeronaves sigan en servicio durante el futuro previsible. Mediante el reequipamiento de los motores con sistemas de atenuación del ruido, algunas aeronaves antiguas de fuselaje estrecho pueden resultar económicas y viables desde el punto de vista ambiental. No obstante, estas aeronaves requieren mucho mantenimiento. Las viejas células exigen una inspección cuidadosa en cuanto a fatiga, corrosión y deterioro general. Esto sobrecarga todavía más los equipos de mantenimiento. Provoca asimismo situaciones de estrés en el trabajo, particularmente para quienes efectúan las tareas de inspección, porque se precisa de mantenimiento adicional al respecto y porque pueden producirse graves consecuencias si no se detectan los síntomas indicativos de envejecimiento, que a menudo son poco evidentes.

6.2.5 Por otra parte, al mismo tiempo que continúan las necesidades de mantenimiento de esas aeronaves más viejas, muchas líneas aéreas del mundo adquieren aeronaves de nueva tecnología, todo lo cual supone una mayor exigencia para el personal de mantenimiento. Las nuevas aeronaves incorporan tecnología avanzada, como por ejemplo estructuras de materiales compuestos, "puestos de pilotaje de cristal", sistemas muy automatizados y equipos de diagnóstico y prueba incorporados. Esa necesidad de mantener al mismo tiempo flotas de aeronaves nuevas y viejas requiere mayores conocimientos por parte de los técnicos de mantenimiento y una mayor pericia en su trabajo.
El mantenimiento simultáneo de esa diversidad de flotas de los transportistas aéreos requiere personal altamente especializado y preparación adecuada.

6.2.6 Por ello se comprende cada vez más la importancia que tienen los temas de factores humanos en relación con el mantenimiento y la inspección de aeronaves. La seguridad y la efectividad de las operaciones de las líneas aéreas también experimentan una vinculación cada vez más directa con la performance del personal que inspecciona y mantiene sus flotas de aeronaves. Uno de los objetivos de ese compendio es indicar aquellos factores humanos que revisten importancia significativa para la seguridad de la aviación.

Errores humanos

6.2.7 Los errores humanos y no las fallas técnicas son los elementos que tienen mayores posibilidades de afectar negativa- mente a la seguridad de la aviación hoy en día. Un importante fabricante analizó recientemente 220 accidentes documentados y convino en que las tres causas principales eran las siguientes[2]:

- Las tripulaciones de vuelo no se ajustan a los procedimientos (70/220)
- Se producen errores de mantenimiento e inspección (34/220)
- Existen defectos de diseño (33/220)

Citemos para ilustrar lo antedicho el siguiente párrafo de Boeing:

"Dado que las aeronaves civiles se diseñaron para volar con seguridad durante un tiempo ilimitado, siempre que se detecten y reparen los defectos, la seguridad se ha convertido en una cuestión de detección y reparación de tales defectos y no de medidas para evitar fallos en la estructura de las aeronaves. En un sistema ideal, todos los defectos que pueden afectar a la seguridad de los vuelos se podrían pronosticar con antelación, localizándolos con certeza antes de que sean causa de peligro y eliminándolos mediante una reparación efectiva. En cierto modo pues hemos cambiado el sistema de seguridad, que anteriormente se consideraba un problema atribuible a los defectos físicos de las aeronaves y que ahora se considera un problema dimanante de errores producidos en sistemas complejos cuya base es el ser humano."[3]

6.2.8 La creciente importancia del error humano no se limita a la ingeniería de las aeronaves. Hollnagel[4] efectuó un estudio de las publicaciones sobre factores humanos con el fin de identificar en qué medida el error humano constituye un problema. En los años 1960, cuando comenzó a estudiarse en forma seria este problema, se calculó que el error humano contribuía aproximadamente en un 20% a los casos de accidente. En los años 1990 este porcentaje se ha cuadruplicado y alcanza el 80%. Hay muchas razones posibles para explicar este incremento extraordinario, pero hay tres que pueden relacionarse con los aspectos técnicos de la ingeniería de aeronaves, a saber:

- La fiabilidad de los componentes mecánicos y electrónicos ha aumentado notablemente durante los últimos 30 años. El personal no ha avanzado en ese mismo grado.
- Las aeronaves se han automatizado y son cada vez más complejas. La actual generación del Boeing 747-400s y Airbus A340s han duplicado e incluso triplicado el número de sistemas de gestión de vuelo. Esto tal vez haya conseguido reducir la carga de trabajo de la tripulación de vuelo pero exige más de los técnicos de mantenimiento de las aeronaves, muchos de los cuales obtuvieron sus conocimientos básicos hace tiempo con estudios de mecánica y no de sistemas de control computadorizados. Esto indica acaso un desfase entre los siguientes componentes del modelo SHEL: elemento humano - equipo (L-H) y elemento humano-soporte lógico (L-S).

- La creciente complejidad del sistema aeronáutico da lugar a posibles accidentes de tipo organizativo, donde las fallas latentes en los procedimientos y de carácter técnico se combinan con los errores y con las transgresiones de las normas por parte del personal operacional para penetrar o eludir las defensas según se sugiere en el modelo de Reason. En resumen, la complejidad actúa también como transferidora de errores a otras personas.

6.3 EL ERROR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE AERONAVES: PERSPECTIVA OPERACIONAL

6.3.1 El error humano en la esfera del mantenimiento se manifiesta por lo general como una anormalidad no intencionada (degradación o falla física en la aeronave) atribuible a las acciones u omisiones en la tarea del técnico de mantenimiento de aeronaves (AMT). La palabra "atribuible" se utiliza para englobar con ella todo error humano en la esfera del mantenimiento, que puede manifestarse de dos maneras básicas, a saber: un primer caso, en que el error humano da lugar a la anomalía específica en una aeronave, anomalía que no estaba presente cuando se empezó la tarea de mantenimiento. Todo trabajo de mantenimiento de la aeronave constituye una oportunidad para cometer errores humanos que pueden provocar anomalías no deseadas en la aeronave. Ejemplos al respecto son entre otros los siguientes: la instalación incorrecta de repuestos, los casos en que no se quita la tapa protectora de una línea hidráulica cuando se procede a su reinstalación, los daños causados a un conducto de aire al apoyar el pie para efectuar otra tarea, etc. *(son ejemplos que ilustran ciertas discordancias en el interfaz* L-H *del modelo SHEL,*. y un segundo caso, en que por error no se detecta una situación no deseada o insegura cuando se realizan las tareas de mantenimiento regulares o no regulares previstas para verificar si hay degradación en la aeronave. A título de ejemplo en este sentido podemos citar las fisuras estructurales que no son evidentes durante una inspección visual o la avería de una caja de aviónica que no se reparó porque al efectuar el diagnóstico del problema se procedió a cambiar la caja errónea[5]. Se trata de errores que tal vez se deban a fallas latentes, es decir, formación deficiente, mala asignación de los recursos y herramientas de mantenimiento, presiones por causa del tiempo disponible y de los horarios etc. También pueden haber sido causados dichos errores por un mal diseño de las herramientas desde el punto de vista de la ergonomía *(lo que comporta* a un *interfaz L-H defectuosa),* documentación o manuales incompletos *(interfaz L-S defectuosa),* etc.

6.3.2 Hay varios accidentes bien conocidos a los que contribuyeron errores humanos de mantenimiento que se incluyeron como uno de los factores. El accidente de un *DC-10* de American Airlines ocurrido en Chicago en 1979[6] se debió al procedimiento empleado para cambiar los motores, pues en ese caso las pirámides del motor y el motor propiamente dicho se desmontaron e instalaron como una unidad en lugar de hacerlo por separado. Es un procedimiento que no ha sido autorizado *(falla latente que probablemente supone una discordancia L-H* y *L-S)* y dio lugar al fallo de la estructura de la pirámide, siendo evidente el daño cuando al despegar se desprendieron de la aeronave los motores montados en el ala y sus pirámides. Los daños consiguientes provocados en los sistemas hidráulicos ocasionaron el repliegue de las aletas hipersustentadoras del borde de ataque exterior del ala izquierda y la subsiguiente pérdida de control. En 1985, un Boeing *747*[7] de la empresa Japan Airlines sufrió una descompresión rápida en vuelo, provocada por el fallo de un manparo de presión de la parte posterior cuya reparación había sido realizada de manera incorrecta *(falla latente que suponía probablemente una discordancia L-H* y *L-S).* La consiguiente sobrepresurización del plano de cola y la onda expansiva debida a la ruptura explosiva del manparo de presión esférico hicieron que fallara el sistema de control yeso conllevó la destrucción de la aeronave con gran pérdida de vidas humanas. En abril de 1988, un Boeing 737[8] de la empresa Aloha Airlines sufrió un fallo estructural de la parte superior del fuselaje. Finalmente, la aeronave consiguió aterrizar perdiéndose solamente la vida de una persona. Este accidente se atribuyó a prácticas de mantenimiento inapropiadas *(fallas latentes)* que no permitieron detectar a tiempo un deterioro estructural progresivo.

6.3.3 En un análisis detallado de 93 accidentes importantes ocurridos en todo el mundo entre 1959 y 1983, se comprobó que el mantenimiento y la inspección eran factores contribuyentes en un 12% de los accidentes9. En dicho análisis se presentan los siguientes aspectos como posibles causas de los accidentes y se reseñan sus porcentajes según se indica a continuación:

Causas de accidentes	*Presencia detectada (%)*
incumplimiento por parte del piloto de los procedimientos normalizados	33
verificación insuficiente por parte del segundo piloto	26
fallas en el diseño	13
deficiencias de mantenimiento e inspección	**12**
falta de guía para la aproximación	10
omisiones por parte del comandante, que no tuvo en cuenta las indicaciones de la tripulación	10
error/falla del control de tránsito aéreo	09
respuesta inadecuada de la tripulación cuando se produjeron situaciones anormales	09
información meteorológica insuficiente o incorrecta 08 peligros en la pista	07
decisión inadecuada de aterrizaje	06
deficiencias en las comunicaciones del control del tránsito aéreo/tripulación de vuelo	06

6.3.4 En algunos casos de accidente donde los errores se atribuyeron al mantenimiento y a la inspección, el error propiamente dicho era un factor causal primario del accidente mientras que en otros casos las fallas de mantenimiento fueron un elemento más dentro de una cadena de acontecimientos que condujeron al accidente.

6.3.5 La Administración de aviación civil del Reino Unido (CAA UK)[10] ha publicado una lista de anomalías de mantenimiento que ocurren con frecuencia. Según esa lista, los principales problemas de mantenimiento son por orden de frecuencia los siguientes:

—instalación incorrecta de los componentes -instalación de repuestos erróneos

—errores en el cableado eléctrico (tales como cruces en las conexio nes)

—objetos sueltos (herramientas, etc.,) que quedaron olvidados en la aeronave

—lubricación inadecuada

—falta de sujeción de los capós, paneles de acceso y fuselados

—omisiones, en las que no se quitaron antes de la salida los pasadores de bloqueo en tierra del tren de aterrizaje

6.3.6 El análisis de 122 casos documentados que con- llevaban errores de factores humanos de probable importancia técnica, sucedido s en una línea aérea durante el período de 1989- 1991, mostraron que las principales categorías de errores de mantenimiento eran las siguientes: [11]

Categorías de errores de mantenimiento	*Porcentaje*
omisiones	56
instalación incorrecta	30
repuestos equivocados 08 otros aspectos	06

6.3.7 La mayoría de los elementos que a menudo se omiten son los de fijación, por no sujetarlos o sujetarlos mal. El siguiente ejemplo ilustra dicho punto:

Una aeronave experimentaba problemas de vibración del motor derecho desde hacía dos semanas. Los ingenieros habían examinado el problema y, creyendo que se trataba del sistema neumático, habían procedido a cambiar las válvulas reguladoras de presión. No obstante, para mayor seguridad y por si acaso, enviaron un técnico de mantenimiento de aeronaves a fin de que verificara las lecturas del motor durante un vuelo efectuado entre Amsterdam y Kos, que iba completo cargado de turistas. La salida ocurrió sin incidencias, salvo un pequeño aumento momentáneo en el indicador de vibraciones correspondiente al motor derecho cuando volaba a 130 nudos. Durante el vuelo de crucero, el indicador de vibraciones subía y bajaba entre 1,2 y 1,3, pero manteniéndose dentro de la normalidad. Sin embargo, se notaban ciertas vibraciones poco familiares y algo extrañas Cuando se llevaban 90 minutos de vuelo, el indicador de vibraciones pasó a 1,5, apenas por debajo de la zona ámbar. Unos 15 minutos después, el indicador ya llegaba a la zona ámbar. La tripulación pasó a control manual del mando de gases y descendió al FL 290, cerrando lentamente el mando de gases. Súbitamente, el indicador de vibraciones del motor derecho llegó a 5,2 y la aeronave se vio sacudida por un temblor sordo constante. Seguidamente, la lectura de los indicadores volvió a la normal y las vibraciones desaparecieron. El comandante, sin embargo, estimó que el caso era una emergencia y decidió aterrizar en Atenas donde consideraba que podría obtener mejor apoyo técnico que en Kos. El comandante redujo la velocidad del motor hasta situarlo en régimen de marcha lenta, con lo cual la lectura del motor pasó a la normal y por ello el propio comandante decidió no apagarlo y mantenerlo así. Al aterrizar, la tripulación notó que había trozos de metal alrededor de la aeronave y que los álabes habían perdido el color al parecer por empañamiento debido al aceite.

Cuando el informe sobre el motor se publicó unos días después, decía así:

".. la causa de que se soltara el disco eran las tuercas, las cuales sólo se habían apretado con los dedos a los tomillos que sujetaban los discos LP1 (de baja presión) y LP2 Y no se había utilizado

la llave dinamométrica, de manera que se producía un movimiento axial y oscilatorio respecto de la curvatura normal, ocasionándose roces y desequilibrios. Las tuercas en última instancia se soltaron y los tomillos se cayeron hasta que sólo quedaban los cuatro últimos".

6.3.8 El motor había sido revisado antes de que el explotador tomara entrega de la aeronave. Hay 36 tuercas y tomillos que mantienen sujetos los discos LP1 Y LP2. Al parecer el técnico encargado de esa tarea los había apretado con los dedos únicamente y decidió irse a comer. Al volver se olvidó de apretarlos con la llave dinamométrica según se había propuesto. Así pues, se cayeron todos los tomillos excepto 4 y a esos 4 sólo les quedaba 1/4 de pulgada de rosca. Únicamente gracias al empuje del mando de gases se mantenía el motor en equilibrio. Si se hubiera decidido cerrar el motor, las consecuencias habrían sido probablemente catastróficas.[12]

6.3.9 La instalación incorrecta de los componentes y la falta de inspección y control de calidad apropiados constituyen los errores de mantenimiento más frecuentes y repetidos. Hay muchos ejemplos. Consideremos los siguientes casos, a saber:

- El 5 de mayo de 1983, el vuelo 855 de la empresa Eastern Airlines efectuado con una aeronave Lockheed L-1011 salió del aeropuerto internacional de Miami en ruta hacia Nassau, en las Bahamas. Poco tiempo después del despegue, se iluminó la luz indicativa de baja presión de aceite en el motor núm. 2. La tripulación apagó el motor como medida de precaución y el comandante decidió regresar a Miami. Breve tiempo después, los otros dos motores también fallaron, indicando que la presión de aceite era nula. Se trató de poner de nuevo en marcha los tres motores. Cuando la aeronave se encontraba a 22 millas de Miami, en vuelo de descenso y a una altura de 4 000 ft la tripulación consiguió poner en marcha el motor Núm. 2 y aterrizó con este único motor en funcionamiento, si bien arrojaba bastante humo. Se halló que los tres ensamblajes de los detectores y sus microplaquetas principales se habían instalado sin las juntas de sellado de los anillos ovales (anillo O).[13]

- El 10 de junio de 1990, una aeronave BAC 1-11 (vuelo 5390 de la empresa British Airways) despegó del aeropuerto internacional de Birmingham con dirección a Málaga, España, llevando a bordo 81 pasajeros, cuatro miembros de la tripulación de cabina y dos miembros de tripulación de vuelo. El copiloto se encargó del despegue y, una vez ya bien avanzado el ascenso, el piloto al mando se hizo cargo de la aeronave según los procedimientos de operación normales establecidos por el explotador. En ese momento, ambos pilotos soltaron sus arneses y el piloto al mando aflojó el cinturón de seguridad. Cuando la aeronave efectuaba su ascenso a una altitud de presión de 17 300 pies, se oyó un fuerte estampido y el interior del fuselaje se llenó de bruma por causa de la condensación, lo que indicaba que había ocurrido una descompresión rápida. El parabrisas del puesto de pilotaje se había reventado y desprendido y el piloto al mando había sido aspirado en parte a través del orificio del parabrisas. La puerta que da a la sección de cabina se desprendió y cayó sobre los mandos del puesto de pilotaje y entre los aparatos de radio y la consola de navegación. El copiloto recuperó inmediatamente el control de la aeronave e inició un rápido descenso al FL 110. La tripulación de cabina trató de estirar al piloto al mando para sacarlo del orificio pero no se pudo por razón de la corriente de chorro. Así pues le sostuvieron por los tobillos hasta que la aeronave aterrizó. La investigación demostró que el accidente había ocurrido porque no se había colocado adecuadamente el parabrisas al reponerlo, dado que se habían utilizado los tomillos equivocados. [14]

- El 11 de septiembre de 1991, una aeronave Embraer 120 en vuelo 2574 de la empresa Continental Express salió del aeropuerto internacional de Laredo, Tejas, con dirección al aeropuerto intercontinental de Houston. La aeronave experimentó una ruptura estructural repentina durante el vuelo y se estrelló, muriendo la totalidad de los 13 pasajeros que se

> encontraban a bordo. La investigación mostró que el accidente había ocurrido porque no se habían colocado debidamente los tomillos de sujeción de la parte superior izquierda del borde de ataque del estabilizador horizontal, de manera que la estructura de montaje del borde de ataque/de descongela-miento había quedado solo fijada al estabilizador horizontal por los tornillos de sujeción inferiores.[15]

6.3.10 Siguiendo la perspectiva de la organización de que se trate, es preciso plantearse con toda diligencia varias preguntas suscitadas en razón a esos sucesos. Para tratar los problemas expuestos por las investigaciones de accidentes, hay que identificar los factores humanos contribuyentes, tanto desde el punto de vista individual como de organización.

6.3.11 En el caso de la aeronave L-1011 de la empresa Eastern Airlines, la Junta nacional para la seguridad del transporte (NTSB) llegó a la siguiente conclusión:

> "Los detectores y las microplaquetas principales correspondientes se instalaron sin las juntas selladoras de los anillos ovales (anillo O), porque los mecánicos no siguieron los procedimientos estipulados en la tarjeta de realización del trabajo y porque no desempeñaron otras de sus funciones con el cuidado profesional que se espera de un mecánico A & P (célula y grupo motor)".[16]

6.3.12 A pesar de las conclusiones a que llegó la NTSB, los hallazgos y las conclusiones parecen limitarse a una simple relación de causa-efecto. Considerando que debe hacerse hincapié en factores tales como causas múltiples, dependencia mutua e interacción en los sistemas de elevada tecnología, no se utilizó en ese contexto suficiente cuidado para resolver en su raíz tanto las fallas latentes como las fallas activas. Es precisamente la interacción de fallas múltiples, que no se espera ocurran al mismo tiempo, y no simplemente determinadas acciones individuales y aisladas, lo que permite explicar un accidente o incidente determinado.

6.3.13 La instalación del detector y su microplaqueta no era una tarea nueva para los técnicos de mantenimiento de aeronaves de la empresa Eastern airlines. Esta línea aérea calculó que cada uno de los técnicos que había participado en esos trabajos había instalado con éxito más de 100 detectores. Además había una tarjeta de trabajo en la que se indicaba concretamente que había que colocar las juntas selladoras del anillo oval en el detector. Sin embargo no lo hicieron y por ello se puso muy gravemente en peligro la seguridad del vuelo. La investigación demostró que había algunos procedimientos oficiosos que no figuraban por escrito en la tarjeta de trabajo, pero que la mayoría de los técnicos de los departamentos de mantenimiento e inspección sí los conocían y los habían utilizado en la práctica. En los registros está indicado que ya anteriormente hubo problemas de instalación de esos detectores y que los técnicos no siempre ponían las juntas selladoras en los anillos ovales. Este hecho lo conocía al menos un supervisor general que no tomó las medidas adecuadas para asegurar que se cumplían los procedimientos prescritos. La NTSB llegó a la conclusión de que los técnicos de mantenimiento de aeronaves "tenían la responsabilidad de instalar las juntas selladoras de los anillos ovales", pero en una observación subsiguiente, la NTSB afirma que "los mecánicos siempre habían recibido los detectores y las microplaquetas principales correspondientes con las juntas selladoras de los anillos ovales "instaladas" y nunca habían realizado de hecho esa parte de la tarea según figuraba en la tarjeta de trabajo 7204."[17] En este caso es obvio el fallo de organización latente y las discordancias L-S.

6.3.14 Las teorías existentes relacionadas con la sicología de organización confirman que las organizaciones pueden evitar accidentes pero también pueden ser causa de los mismos. Cuando se contemplan desde la perspectiva de organización, son obvias las limitaciones de la tecnología, de la formación o de la reglamentación a efectos de contrarrestar las deficiencias de la organización. Las prácticas seguidas dentro de la industria aeronáutica para fomentar la seguridad y para la prevención de

accidentes no han tenido en cuenta en muchos casos que los errores humanos se producen tanto en aquellas organizaciones que promueven como en las que resisten la aplicación de tales prácticas de seguridad y prevención. [18]

6.3.15 La causa inmediata del accidente de la aeronave BAC 1-11, según se indicó en la investigación, reside en que el parabrisas de repuesto se había colocado con los tornillos equivocados. Los factores causantes reseñados son los siguientes:

> i) Una de las tareas cruciales de seguridad, que no se identificó como "punto vital" *(falla latente)*, la realizó un individuo que también tenía plena responsabilidad de la calidad del trabajo realizado, y por ello la instalación no se verificó y la aeronave emprendió su vuelo de transporte de pasajeros *(falla latente)*.
>
> ii) La oportunidad que por su parte tenía el gerente de mantenimiento de turno (SMM) para verificar que se hiciera un trabajo de calidad al instalar el parabrisas, se vio menoscabado por su falta de cuidado, por haber seguido métodos poco adecuados, por no haber cumplido las normas de la empresa y por no haber empleado herramientas e instrumentos adecuados *(discordancia L-H)*, todo lo cual se estimó que era sintomático en el gerente pues ya desde hacía tiempo no observaba los procedimientos estipulados.
>
> iii) La gerencia local de la empresa British Airways, denominada Product Samples and Quality Audits (auditoría de muestras de productos y de su calidad), no había detectado que el gerente de mantenimiento de turno seguía normas impropias, porque en realidad no lo vigilaban directamente ni comprobaban los métodos seguidos por los gerentes de mantenimiento de turno *(falla latente)*.[19]

6.3.16 El parabrisas se había cambiado unas 27 horas antes del accidente. Según las estadísticas mantenidas por el explotador, se habían cambiado 12 parabrisas núm. 1, bien de la izquierda bien de la derecha de la aeronave, en BAC 1-11 de la flota durante el año anterior y un número similar durante el año precedente. El gerente de mantenimiento de turno, encargado de velar por la sustitución del parabrisas en la aeronave que sufrió el accidente, había efectuado unos 6 cambios de parabrisas en BAC 1-11 durante el período en que llevaba trabajando para este explotador.

6.3.17 Aunque se mencionó que la gerencia local de la línea aérea no había detectado que el gerente de mantenimiento de turno seguía normas inapropiadas, en los hallazgos y conclusiones de la investigación se apuntó no obstante a las relaciones causa-efecto. Al examinar los accidentes ocasionados por errores humanos, es evidente que pensamos normalmente en los individuos y no en términos de colectividad de individuos. Por ello, las soluciones se esperan de los individuos, es decir el operador al frente de las tareas, lo cual permite proteger a las organizaciones de los errores latentes en sus sistemas, ya que estos errores latentes son en su mayor parte la causa que origina dichos accidentes. Con relativa frecuencia, las fallas latentes no se corrige-n y al dejarlas intactas sólo cabe esperar que en conjunción con una falla activa o con el error que pueda cometer en un momento de descuido el operador al frente de las tareas- dado que esta es la última etapa en la cadena de errores -se produzca un accidente con la consiguiente pérdida de vidas humanas y destrucción de bienes. El hecho de que los errores no suceden en el vacío y que el error humano existe tanto en organizaciones cuyo sistema fomenta el error como en las que su sistema resiste los errores, es un concepto descartado y poco empleado en los análisis y se prefiere atribuir a un individuo la plena responsabilidad de lo sucedido. En consecuencia, es imperativo examinar las fallas sistémicas o de organización a fondo para descubrir cuáles son verdaderamente las situaciones inherentes al conjunto del sistema que provocan efectivamente los errores.[20]

6.3.18 La investigación del accidente del vuelo 2574 de la empresa Continental Express demostró que los tomillos de sujeción del borde de ataque superior izquierdo del estabilizador horizontal se habían quitado

y no se habían vuelto a colocar, de manera que el conjunto de la estructura del borde de ataque/descongelamiento quedó fijada al estabilizador horizontal únicamente por los tomillos de la parte inferior. En el análisis de las causas probables se dice lo siguiente:

> "La Junta nacional para la seguridad del transporte ha llegado a la conclusión de que la causa probable de este accidente cabe atribuirla a que el personal de mantenimiento e inspección de Continental Express" no siguió los procedimientos adecuados respecto del mantenimiento y control de calidad al revisar1as estructuras de descongelamiento del estabilizador horizontal de la aeronave, 10 cual ocasionó la pérdida repentina en vuelo del borde de ataque izquierdo del estabilizador horizontal fijado únicamente en su parte superior y el subsiguiente e inmediato cabeceo y caída en picado y por último la ruptura de la aeronave. Como causa contribuyente al accidente cabe mencionar que la administración de Continental Express no consiguió que se cumplieran debidamente los procedimientos de mantenimiento aprobados y también que el personal de inspección de la FAA no detectó y verificó si se cumplían esos procedimientos de mantenimiento aprobados".

6.3.19 Aunque en ese informe se tratan las fallas latentes como factores contribuyentes a los sucesos, se destacan sobre todo las fallas activas del personal de mantenimiento, que se consideran la causa probable del suceso. Tanto en éste como en casos anteriores de informes no es difícil comprobar que el "error mecánico" sustituye al "error del piloto" como causa probable; esto constituye simplemente otro culpable pero se continúa señalando a un órgano profesional concreto como única entidad responsable de la seguridad del sistema y no se examinan los errores sistémicos o de organización como fuente de errores humanos en el mundo real. Durante los últimos 50 años, el haber asignado a "error del piloto" la causa probable de un suceso determinado, no consiguió evitar accidentes similares. La razón de ello es simple: *el error humano ocurrre en el contexto de organizaciones.* Sin embargo, ningún accidente ocurre como resultado de un único elemento, por muy obvias que parezcan las causas. Casi siempre está presente una serie de fallas latentes, y el último error posible queda sin las defensas necesarias que podrían impedir el accidente. Así pues, es de todo punto necesario que los factores causal es de accidentes se examinen en el contexto organizacional para evitar que se repitan una y otra vez. La seguridad de la aviación ya está haciendo uso óptimo de las lecciones aprendidas con las investigaciones de accidentes, pero para ello fue preciso examinar tales accidentes en el contexto organizacional de las operaciones. Esas lecciones pueden aplicarse tanto a los errores cometidos en las bases de mantenimiento como a los cometidos en el puesto de pilotaje o en la sala ATC. Al igual que en el puesto de pilotaje y en el entorno ATC, los accidentes que suceden por no haber mantenimiento adecuado o por falta de inspección demuestran que es más culpa de la organización que del individuo, pues éste se encuentra al final de la cadena gerencial (el modelo de Reason simplifica este concepto).

6.3.20 De acuerdo con este modo de pensar, hay también en ese informe una declaración que se disocia de las conclusiones y que menciona como causa probable los siguientes aspectos:[22]

> "La Junta nacional para la seguridad del transporte ha determinado que las causas probables de este accidente fueron según se indican a continuación: 1) la gerencia de Continental Express que no estableció una cultura de empresa que alentara y obligara a seguir los procedimientos de mantenimiento y control de calidad aprobados, y 2) la serie de mantenimiento e inspección de Continental Express, que no siguieron los procedimientos aprobados para remplazar las estructuras de descongelamiento del estabilizador horizontal. Contribuyó asimismo al accidente la vigilancia inadecuada de la FAA cuando supervisó los programas de mantenimiento y control de calidad de Continental Express."

6.3.21 La declaración de disconformidad se justifica por el hecho de que en el informe sobre investigación de accidentes; se mencionaban "métodos, procedimientos y omisiones de carácter poco

profesional" de numerosos individuos, cualquier; de los cuales hubiera podido impedir el accidente. Cabe incluir aquí a los técnicos de mantenimiento de aeronaves, a los inspectores del control de calidad, y a los supervisores, todos los cuales demostraron que "cumplían en general poco" los procedimientos aprobados. Entre los aspectos que atañen al incumplimiento de procedimientos aprobados podemos mencionar la no presentación de informes al cambiar de turno y el no solicitarlos, la no utilización de las tarjetas para las tareas de mantenimiento según lo aprobado, el no llenar los formularios de cambio de turno respecto del mantenimiento/inspección realizados, y la falta de integridad en las funciones de control de calidad por cuanto el inspector hizo de ayudante de mecánico durante las primeras etapas de las reparaciones efectuadas en la aeronave que sufrió el accidente.

6.3.22 Con la investigación también se descubrieron otras dos tareas de mantenimiento anteriores realizadas en la aeronave que sufrió el accidente, que tampoco se ajustaban a los procedimientos aprobados y en las que habían participado empleados distintos a los que se ocuparon de remplazar la estructura de descongelamiénto. El primer caso se refería al remplazo del timón de profundidad, para lo cual no se utilizaron las herramientas de equilibrado necesarias estipuladas por el fabricante. El segundo caso consistió en no seguir los procedimientos especificados y los requisitos en materia de registro de datos cuando se produjo una sobrecarga del par motor. Aunque estos acontecimientos no tienen ninguna relación con el accidente, en el informe se dice: "sugieren que no se prestó la debida atención a los requisitos establecidos para efectuar las tareas de mantenimiento y control de calidad, según se establecen en el Manual general de mantenimiento (GMM)".

6.3.23 Si se examinan detalladamente los aspectos de organización de las actividades de mantenimiento realizadas la noche anterior al accidente, se comprueba que hubo confusión entre supervisión, comunicaciones y control. El gran número de inadvertencias y fallos cometidos por bastantes empleados de la línea aérea, los cuales salieron a la luz durante la investigación, confirman la idea de que el accidente no sucedió por una causa aislada sino más bien de tipo sistémico. Basándose en los registros, la serie de fallas que condujeron directamente al accidente no pueden atribuirse a un fallo aberrante cometido por individuos, sino que más bien refleja un modo habitual y aceptado de actuar ya antes del accidente. *La gerencia intermedia de una línea aérea tiene responsabilidad en materia normativa no sólo para proporcionar un plan de mantenimiento adecuado (y podemos llegar a la conclusión de que el Manual GMM era en la mayoría de los aspectos un plan adecuado) sino que le incumbe también la responsabilidad de aplicar lo dispuesto en ese plan. Al permitir*; *ya sea implícita ya sea explícitamente. que no se siguiera lo dispuesto de manera constante, la alta administración creó un entorno de trabajo en el que se convirtió en probable que se cometieran series de fallas de tipo análogo a las ocurridas la noche antes del accidente*.[23]

El error humano en la esfera del mantenimiento

6.3.24 Indiquemos primeramente que son muy especiales las características que conforman el error humano en la esfera del mantenimiento, siendo distintas de las de otros entornos operacional es, tales como el puesto de pilotaje o la sala ATC. Si se aprieta equivocadamente un botón u otro tipo de mando, o bien se da una orden contradictoria a la aeronave, el piloto o el controlador podrán ver los efectos del error con mayor o menor antelación pero antes de completar el vuelo de la aeronave.

Además, cuando una aeronave sufre un accidente o incidente, el piloto siempre está "presente". Por otro lado, si el controlador de tránsito aéreo (ATC) se ve involucrado en un accidente o incidente, también casi siempre estará en comunicación con el caso o se encontrará allí en tiempo real. Así pues, esta característica es importante y obvia cuando atañe al error de tripulación de vuelo/ATC, pero no siempre se aplica a los errores de mantenimiento de la aeronave.

6.3.25 Por oposición al carácter de los errores del ATC y del puesto de pilotaje que suceden "en tiempo real", los errores de mantenimiento a menudo no se identifican en el momento de cometerse. En algunos casos, el técnico de mantenimiento que hace el error tal vez ni sabe que hubo una tarea desempeñada equivocadamente. La detección del error puede ocurrir varios días, e incluso meses o años, después de cometido el error. Citemos por ejemplo el accidente que sufrió una aeronave DC-10 en la ciudad Sioux el año 1989 debido al fallo de un disco del motor[24], lo cual se atribuyó a una inspección deficiente del motor realizada 17 meses antes de que se produjera el accidente de la aeronave.

6.3.26 Cuando se detecta un error humano en la esfera del mantenimiento, normalmente por algún fallo en el funcionamiento del sistema, sólo se conocen a veces los resultados que aparecen en alguna deficiencia de la aeronave. Pero pocas veces se saben las **razones** por las que ocurrió el error. Cuando se trata del mantenimiento de aeronaves, no hay aparatos equivalentes al registrador de la voz en el puesto de pilotaje, ni al registrador de datos de vuelo o a las cintas registradoras ATC, que permitan conservar los detalles atinentes a las tareas de mantenimiento desempeñadas. Además, los informes de mantenimiento no se han perfeccionado tanto como los relativos al entorno de vuelo, es decir los ASRS, CHIRP, etc. Por ello, en la mayoría de los casos, no se dispone de los datos necesarios para discutir los errores de mantenimiento en términos de tipos concretos de error humano. En consecuencia, los errores se analizan como una discordancia ocurrida en la aeronave. Examinemos la siguiente posibilidad: un técnico de mantenimiento de línea aérea con base en Nueva York se olvida de instalar una abrazadera antivibración en el tubo hidráulico montado en el motor.Tres meses después, el tubo da muestras de fatiga en vuelo y es causa de que se averíe el sistema hidráulico. Al aterrizar en Londres, los técnicos de mantenimiento inspeccionan el motor y hallan que no se había instalado la abrazadera antivibratoria. ¿Saben las razones? probablemente no las sabrán porque el error se produjo tres meses antes en Nueva York. Por ello, ese error humano se anota simplemente como "abrazadera no instalada".

6.3.27 La no disponibilidad de la datos causal es en el propio "lugar del error" constituye un problema en la industria aeronáutica que durante decenios se ha visto obligada a seguir un método de prevención y de investigación que tiende en general a buscar factores causantes específicos. Si se examinan los análisis de factores causantes de accidentes y el porcentaje de casos en que esos factores estuvieron presentes, cabe comprobar que "el error del piloto" (popularmente denominado así en lugar de error humano cometido por los pilotos) se ha desglosado en distintos tipos de fallos, a saber: actuación equivocada del piloto, respuesta inadecuada de la tripulación, decisión inapropiada, mala coordinación de la tripulación, falta de comunicaciones con el control de tránsito aéreo, etc. En esos mismos análisis que acabamos de mencionar, los aspectos de mantenimiento y de inspección se resumen en una sola línea: *deficiencias de mantenimiento e inspección.* Así pues, a pesar de todos los errores que pueden cometerse en el mantenimiento de aeronaves complejas, todos los fallos de mantenimiento que tengan relación con accidentes se incluyen en las deficiencias que acabamos de mencionar. Con excepción de los grandes accidentes, que se estudian en forma exhaustiva, muy pocas veces se hace un examen profundo de los errores de mantenimiento causantes de accidentes e incidentes y se les identifica simplemente como deficiencias.[25]

6.3.28 Los accidentes debidos a errores de mantenimiento e inspección de las aeronaves BAC 1-11 y Embraer 120 que se han expuesto en este capítulo, constituyen excepciones en ese sentido, es decir se estudiaron a fondo porque los accidentes ocurrieron poco después de cometidos ciertos errores de tipo activo. Eso permitió que los investigadores concentraran sus actividades sobre el terreno y pudieran pasar revista a las tareas desempeñadas por los individuos y organismos conectados con los accidentes. El caso habitual que se describe como "suceso desplazado en el tiempo y en el espacio " no fue un factor que retardara ni obstaculizara la investigación oportuna de los sucesos. Se contó por tanto con la posibilidad de identificar los errores de organización, los errores de los individuos o los métodos de organización causantes de error, lo cual permitió asimismo corregir ya desde un principio los métodos proclives a accidentes.

6.3.29 Las estadísticas indican que los errores de organización o sistémicos ocurridos en los organismos de mantenimiento de aeronaves no se limitan a una organización o región. En los tres accidentes que hemos analizado aquí, se observa un comportamiento similar en todos los organismos e individuos de las organizaciones en cuestión antes de ocurrir los sucesos. Por ejemplo:

- el personal de mantenimiento e inspección no siguió los métodos y procedimientos establecidos *(falla activa);*

- los responsables de asegurar que se seguían los procedimientos y métodos establecidos dejaron de supervisar no sólo aspectos que cabría considerar como "casos aislados" sino también aspectos sintomáticos de fallas a largo plazo *(fallas activas y latentes);*

- la alta gerencia de mantenimiento no tomó medidas positivas para exigir que se cumplieran los procedimientos según se habían prescrito en las organizaciones respectivas *(fallas latentes);*

- las tareas de mantenimiento fueron realizadas por personas a las que no se habían asignado las tareas en cuestión, pero que habían empezado el trabajo por iniciativa propia y con toda la buena intención. *(falla activa promovida por las dos fallas latentes anteriores);* y .la falta de comunicación apropiada o positiva fue evidente, lo que amplió la cadena de errores y dio lugar a que se produjeran los accidentes que de hecho ocurrieron *(falla latente).*

6.3.30 Uno de los elementos básicos del sistema de la aviación son las **personas que deciden** (gerencia de alto nivel, órganos empresariales o normativos de las compañías), a quienes incumbe establecer los objetivos y administrar los recursos disponibles para alcanzar equilibradamente los dos fines que interesan claramente a la aviación, a saber: el transporte seguro, así como a tiempo y de forma rentable, de pasajeros y carga. Cuando se examinan a través de los modelos de Reason y de SHEL, son evidente y se detectan fácilmente el por qué y dónde se cometieron los errores.

6.4 CUESTIONES DE FACTORES HUMANOS QUE REPERCUTEN EN EL MANTENIMIENTO DELASAERONAVES

Intercambio de información y comunicaciones

6.4.1 Las comunicaciones son posiblemente la cuestión más importante dentro de los factores humanos relativos al mantenimiento de las aeronaves. Si no existen comunicaciones entre los gerentes de mantenimiento, los fabricantes, los despachadores, los pilotos, el público, el gobierno y otros interesados, sería difícil mantener las normas de seguridad. En la esfera del mantenimiento hay un volumen de información enorme que debe prepararse, transmitirse, asimilarse, utilizarse y registrarse para que la flota conserve su capacidad de aeronavegabilidad. En este contexto se menciona frecuentemente la pila de papel que produce cada año la empresa de aeronaves Boeing para respaldar las tareas de los explotadores que utilizan sus aeronaves, pila que supuestamente alcanza mayor altura que el monte Everest. Las líneas aéreas cuentan con almacenes llenos de papel donde figuran todos los antecedentes de mantenimiento de sus aeronaves.

6.4.2 Resulta particularmente importante que la información sobre el mantenimiento sea comprensible para quienes deban utilizarla. Los primeros interesados son los inspectores y técnicos que realizan el mantenimiento programado de las aeronaves y diagnostican y reparan los casos de mal funcionamiento. Los nuevos manuales, boletines de servicio, tarjetas de actualización de tareas y otras informaciones que

hayan de emplear estas personas, deberían examinarse antes de distribuirlas para cerciorarse de que se han comprendido bien y no existen malas interpretaciones. En ciertos casos, la información sobre mantenimiento se explica en forma que no es necesaria- mente la más acertada. Se dice a título de anécdota que se utilizó la palabra *"proscrito"* para cierto procedimiento de mantenimiento (es decir, prohibido) en un boletín de servicio. El técnico entendió que el procedimiento estaba *"prescrito"* (es decir, obligatorio y establecido) y efectuó exactamente la tarea prohibida. Constituye este un tipo de problema que es cada vez más corriente porque las aeronaves de transporte aéreo se fabrican en distintas partes del mundo. A veces, el lenguaje técnico del fabricante no se traduce con facilidad al lenguaje técnico del cliente y como consecuencia se produce una documentación de mantenimiento que resulta difícil de entender. Dado que existe gran cantidad de información de mantenimiento que se prepara en el idioma inglés, se sugiere en general que se utilice un inglés "simple". Hay que procurar que las palabras tengan el mismo significado para un lector que para otro. Por ejemplo, una "puerta" debería tener siempre el significado de puerta. No debería utilizarse la palabra "puerta" cuando lo que se pretende es hablar de "compuerta" o "panel".

6.4.3 Las comunicaciones con el fabricante de aeronaves y entre las líneas aéreas son un aspecto crucial. Si un explotador descubre que existe un problema de mantenimiento de sus aeronaves capaz de provocar un peligro para la seguridad, dicho problema debería transmitirse inmediatamente al fabricante y a los demás explotadores del mismo tipo de aeronave. No siempre se hace así. Las medidas de control de costos y las presiones competitivas que rigen en la industria tal vez no fomentan las comunicaciones entre las líneas aéreas. Sin embargo, las autoridades de aviación civil pueden desempeñar un papel importante y alentar a los explotadores que se encuentran bajo su jurisdicción a que se comuniquen con frecuencia entre ellos y con los fabricantes de las aeronaves que utilizan. Si una línea aérea ha sufrido un incidente por razones de mantenimiento, su conocimiento podría fácilmente evitar que los explotadores tengan un accidente producido por razones similares. En los registros no faltan accidentes que habrían podido evitarse si se hubiese dispuesto en las líneas aéreas de informaciones sobre incidentes previos. La investigación del accidente de la aeronave DC-10 de American Airlines, sucedido en Chicago en 1979, mostró que otra línea aérea que utilizaba los mismos procedimientos no prescritos para cambiar los motores había comprobado que el procedimiento erróneo producía fisuras en la sujeción de la pirámide del motor y, como consecuencia, había descartado ese método y seguía los procedimientos aprobados. Existe el convencimiento de que si la línea aérea en cuestión hubiese compartido sus experiencias con otros explotadores de aeronaves similares, el accidente de Chicago habría podido evitarse. No obstante, para que ese tipo de cooperación tenga éxito y sea práctica corriente, la información difundida dentro del marco de esa cooperación deberá emplearse estrictamente sólo con fines de prevención de accidentes. El uso o el abuso de tales informaciones para obtener ventajas en el mercado con respecto a la línea aérea que efectúa la notificación, únicamente servirá para eliminar toda interacción entre los explotadores cuando se trata de problemas de seguridad.

6.4.4 La falta de comunicaciones con el organismo de mantenimiento de la línea aérea también puede tener repercusiones negativas muy graves en la explotación de la línea aérea. Los accidentes examinados en la sección 2 son ejemplo de ese problema. En todos los casos mencionados, se registró una falta generalizada de comunicaciones apropiadas respecto de las acciones que se habían adoptado o de las medidas que era preciso tomar, lo cual se sumó a la serie de errores y originó los accidentes. En cada una de las investigaciones se ha comprobado la existencia de varias fallas latentes y de una deficiencia grave en las interfaces L-L y L-S.

6.4.5 En el accidente de la aeronave EMB-120, el supervisor del segundo turno que era responsable de la aeronave en cuestión, no solicitó el informe verbal de final de turno (cambio de turno) a los dos técnicos a quienes había asignado la tarea de quitar ambas estructuras de revestimiento de descongelamiento del estabilizador horizontal. Por otra parte, tampoco dio la información de cambio de turno al supervisor siguiente encargado del tercer turno, ni llenó el formulario de mantenimiento/inspección respecto de su

turno. Asimismo, no distribuyó a los técnicos las tarjetas donde inscriben las tareas de mantenimiento para que pudieran anotar su trabajo ya empezado pero no terminado al final del turno. Es probable que el accidente se habría podido evitar si el supervisor hubiera solicitado información verbal sobre el turno de los técnicos encargados de quitar las estructuras de revestimiento de descongelamiento y hubiera trasmitido esa información al supervisor del tercer turno, si además hubiera llenado el formulario de mantenimiento y se hubiese cerciorado de que los técnicos precedentes habían completado las tarjetas de trabajo, de forma que el supervisor siguiente las hubiera podido examinar *(falla latente y discordancia L-L).*

6.4.6 Esos dos técnicos habían sido puestos bajo las órdenes del supervisor del segundo turno por otro supervisor, el cual era el encargado de una verificación completa de tipo C de otra aeronave. Este supervisor recibió un informe verbal sobre el turno de uno de los técnicos **después** de que el propio supervisor ya había informado verbalmente al supervisor del tercer turno, diciéndole que no se había hecho ningún trabajo en el estabilizador izquierdo. Tampoco llenó ningún formulario de mantenimiento y no informó al respecto al supervisor del tercer turno. Además, no dio instrucciones al técnico mencionado para que informara al otro supervisor del que dependía esa tarea o al supervisor siguiente responsable del tercer turno. Por el contrario, le dio al técnico la orden de que hablara con el técnico del tercer turno y le dijera qué trabajo había hecho él. Si ese supervisor hubiera ordenado al técnico que transmitiera la información verbal sobre el turno al supervisor encargado del segundo turno (el cual estaba a cargo de la aeronave) o al supervisor siguiente encargado del tercer turno y le hubiera pedido además al técnico que llenara las tarjetas de mantenimiento, el accidente probablemente no habría ocurrido *(serie de fallas latentes y deficiencias L-L en todos los niveles).*

6.4.7 Digamos además que un inspector de control de calidad del segundo turno ayudó a los dos técnicos a quitar los tomillos superiores de ambos estabilizadores horizontales, firmó su hoja de turno y se marchó a su casa. El inspector de control de calidad del siguiente turno, es decir del tercer turno, llegó al trabajo antes de la hora, examinó la hoja del inspector del segundo turno y no vio ninguna anotación. Lamentablemente, el inspector en cuestión examinó la hoja del inspector saliente antes de que el propio inspector dejara su trabajo y escribiera "ayudé al mecánico a quitar las estructuras de revestimiento". Por otra parte, el inspector del segundo turno no informó verbalmente sobre el turno al inspector siguiente. Se estima que si el inspector de control de calidad del segundo turno hubiera notificado la información pertinente al inspector siguiente, le hubiera mencionado los trabajos empezados y le hubiera dicho que se habían quitado los tomillos superiores del borde de ataque de ambos estabilizadores, muy probablemente el accidente no hubiera ocurrido. Por otro lado, en calidad de inspector debía actuar como los "otros dos ojos" que revisan el trabajo de los técnicos. Al ayudar a quitar los tomillos superiores, no actuó eficazmente de inspector.

6.4.8 Uno de los técnicos encargados de realizar el trabajo en la aeronave durante el segundo turno, no dio información verbal sobre su turno según está indicado en el manual de mantenimiento de la línea aérea al supervisor del segundo turno (que estaba a cargo de la aeronave) y que era precisamente quien había asignado a dicho técnico la tarea de quitar las estructuras de revestimiento de descongelamiento. Además, ni pidió ni llenó las tarjetas de mantenimiento que habría tenido que solicitar del supervisor del segundo turno antes de dejar su trabajo *(también en este caso hay una serie de fallas latentes y discordancia L-L).* Se considera además que si el técnico hubiera notificado verbalmente la información o bien al supervisor del segundo turno encargado de la aeronave o al supervisor del tercer turno que en ese momento ya estaba trabajando directamente en el hangar, y si hubiera pedido las tarjetas de mantenimiento al supervisor del segundo turno, muy probablemente el accidente no se hubiera producido.

6.4.9 La investigación[26] del accidente mostró que había una grave deficiencia de organización en el sistema de mantenimiento del organismo en cuestión. Los párrafos anteriores resaltan que hubo fallo individual pero no del mismo individuo sino más bien de un grupo de individuos, es decir, de la

organización. La investigación demostró además que las medidas tomadas por esos individuos o por el grupo de individuos no constituía un fallo aislado. Dos tareas de mantenimiento anteriores en la misma aeronave que sufrió el accidente también se apartaban de los procedimientos aprobados y en ella participaron empleados distintos a los que efectuaron el remplazo de esa estructura de revestimiento de descongelamiento. Aunque esas otras medidas mencionadas no tienen ninguna relación con el accidente, la investigación las describió como una "indicación de falta de atención a los requisitos establecidos para efectuar el mantenimiento y el control de calidad conforme al Manual general de mantenimiento." El comportamiento de los técnicos de mantenimiento, según mostró la investigación, sólo puede explicarse si se considera manifestación de una cultura de empresa que permitía prácticas no aprobadas y carecía de normas que repudieran ese comportamiento dentro de la organización [27] Una actitud de desentendimiento de los procedimientos de mantenimiento, de las políticas de la organización o de las normas reglamentarias entraña más que cuestiones de desempeño humano, dado que tal comportamiento no surge de la noche a la mañana.

6.4.10 Las comunicaciones también fueron uno de los factores en el accidente provocado al soltarse el parabrisas.[28] El supervisor del almacén de recambios, que había estado trabajando en ese puesto durante unos 16 años, informó al gerente de mantenimiento de turno cuáles eran los tornillos adecuados que debían utilizarse para colocar el parabrisas, pero *no insistió sobre ese punto (discordancia L-L).* Por ello, cabe afirmar que las comunicaciones que se efectúan sin gran insistencia o en forma superficial equivalen a no transmitir el mensaje. Este accidente también ilustra un problema que encaran regularmente los técnicos de mantenimiento, a saber: las presiones para que la aeronave esté a tiempo en el punto de salida. Dados los elevados costos de las aeronaves, los explotadores no pueden permitirse el lujo de tener aeronaves de reserva cuando las tareas de mantenimiento no se completan a tiempo. Los horarios de las aeronaves y las tareas de mantenimiento deben reflejar un equilibrio apropiado entre obtener el máximo número de horas de vuelo y los correspondientes ingresos y realizar los trabajos de mantenimiento necesarios. Los pasajeros no gustan de los retrasos de mantenimiento y si ocurren con demasiada frecuencia en una línea aérea utilizarán la competencia. Los técnicos de mantenimiento de aeronaves son muy conscientes de estas presiones y tratan de realizar su labor en forma *oportuna.* Está claro que ésto puede conducir a tareas de mantenimiento menos depuradas, especialmente cuando no todo sale con arreglo a los planes, lo cual sucede frecuentemente. La función de la gerencia es asegurar que sus organismos de mantenimiento disponen de personal adecuadamente preparado y de los recursos apropiados para evitar que se menoscabe la aeronavegabilidad. Esto no constituye —estrictamente hablando —una cuestión de comunicaciones, pero resalta la importancia de que exista un intercambio mutuo de comunicaciones dentro de los organismos de mantenimiento. La gerencia de la línea aérea debe elaborar procedimientos y cerciorarse de que se aplican, con el fin de evitar que salgan aeronaves en malas condiciones de aeronavegabilidad. Uno de los mejores medios de facilitar la consecución de este objetivo consiste en mantener un diálogo constante con el personal de mantenimiento, alentándole a que informen de las situaciones de peligro o de los métodos dudosos.

Instrucción

6.4.11 Los métodos de capacitación de los técnicos de mantenimiento de aeronaves varían considerablemente en las distintas partes del mundo. En muchos Estados, el procedimiento que se sigue comúnmente es la inscripción del técnico en un curso de capacitación relativamente corto (2 años), impartido en un centro de instrucción de técnicos de mantenimiento de aeronaves. Dichos centros proporcionan la formación para los exámenes que deben aprobarse y que dependen de la Administración de aviación civil (CAA), otorgándose la consiguiente licencia o certificado de técnico de célula o grupo motor (A&P). Además, en muchos Estados se puede obtener la certificación adecuada mediante un programa de aprendizaje que dura varios años y durante el cual los individuos aprenden sus conocimientos con métodos de formación en el puesto de trabajo (OJT).

6.4.12 En la práctica y como tendencia general de la industria, la mayoría de los técnicos que se reciben en los institutos de capacitación A&P no están perfectamente preparados para desempeñar las tareas de mantenimiento de las líneas aéreas. Cuando realizan sus estudios, gran parte del tiempo lo dedican a aprender los modos de reparar madera/barnices/telas y también los motores de émbolo. Aunque estos conocimientos son útiles para el mantenimiento de las aeronaves de la aviación general, que son bastante numerosas, raras veces se precisan para el mantenimiento de las flotas de los transportistas aéreos, que son aviones complejos y propulsados por turbina. En consecuencia, las líneas aéreas deben impartir a su personal de mantenimiento una buena parte de la instrucción. En algunos Estados, los candidatos a técnicos de mantenimiento no han seguido ningún curso oficial en centros de capacitación. En tales casos, las propias líneas aéreas se ven obligadas a darles prácticamente **toda** la formación.

6.4.13 La capacitación que proporcionan las líneas aéreas debería estar constituida por clases estructuradas según un programa adecuado y formación en el puesto de trabajo (OJT). El problema que plantea la formación OJT estriba en que es de difícil gestión, por lo que la instrucción recibida variará probablemente bastante según los individuos y el entorno. A menudo, dentro del contexto OJT, un técnico más experimentado enseña un determinado procedimiento de mantenimiento a un aprendiz o persona menos experimentada. Se espera que el aprendiz asimile la enseñanza y demuestre en la práctica que ha adquirido los conocimientos en cuestión en forma satisfactoria para quien se la ha impartido. Como norma se espera que en el futuro desempeñará esa tarea con éxito y sin necesidad de supervisión. Por otro lado, el técnico experimentado/enseñante acaso no sea buen profesor o el entorno (debido a que se trabaja al aire libre o por la noche) tal vez no sea muy apropiado para el adiestramiento. También puede ocurrir que el estudiante no conozca suficientemente el sistema de que se trate para poder hacer preguntas sobre las dificultades que se le planteen, lo cual constituye uno de los elementos que determinarán si la formación ha tenido éxito o no. Otro de los problemas del adiestramiento son ciertas tareas que resulta difícil aprender de una sola vez. La realización de tales tareas con éxito depende en gran medida de la pericia del operario, ya que comportan una parte "artística" además de la puramente "científica".

6.4.14 La capacitación OJT debería estar controlada y supervisada. Los enseñantes deberían recibir formación sobre los procedimientos de instrucción más apropiados que permitirán un aprendizaje óptimo. Los enseñantes en el puesto de trabajo deberían seleccionarse tanto por su pericia técnica como por su motivación e interés en formar a otras personas. Los jefes de taller de mantenimiento deberían reconocer que un buen técnico no es necesariamente un buen instructor. Independientemente de su capacidad personal para efectuar una determinada tarea, los técnicos experimentados pueden ser buenos o malos enseñantes y el adiestramiento resultante también será por lo mismo bueno o malo. Las consecuencias en la esfera de la seguridad son evidentes, por lo que no es preciso explicar más este punto. Los aprendices deberían recibir su formación gradualmente, capacitándoles por ejemplo primero en cuestiones de mantenimiento regular poco complicadas y después pasar a los problemas de mayor dificultad en forma progresiva, de manera que no debe empezarse inmediatamente con tareas de mantenimiento extremadamente difíciles. Habría que conservar además los registros sobre la performance OJT y proceder al adiestramiento de repaso siempre que sea necesario. La instrucción OJT debería efectuarse según un programa y no debería basarse sólo en los casos de mal funcionamiento que aparezcan en las aeronaves, los cuales no pueden preverse.

6.4.15 La creciente complejidad de las modernas aeronaves de transporte aéreo exige una formación de tipo académico y carácter más oficial. Habida cuenta de que, por ejemplo, son ya frecuentes los puestos de pilotaje de "cristal" y los sistemas electrónicos avanzados, es importante suministrar una amplia formación de base de tipo académico sobre los principios en que se fundamentan tales sistemas. Esto no es fácil cuando la formación es del tipo OJT. Además, también es muy importante en la OJT que los instructores con formación académica hayan recibido la debida preparación antes de efectuar su labor. No basta simplemente con dar a un técnico experimentado el título de profesor y ponerle a dar

clases. Además de ser un experto en la materia el instructor debe saber el modo de enseñar, es decir, presentar claramente la información, cómo preguntar a los estudiantes para saber si han entendido y aprendido, cómo determinar cuáles son los puntos dificultosos de comprensión y dar así las explicaciones de repaso adecuadas. La mayoría de las líneas aéreas importantes cuentan con departamentos de capacitación dotados de instructores experimentados. Sin embargo, esto no siempre ocurre entre los transportistas de menor tamaño y de hecho raramente hay departamentos de instrucción en la mayoría de las líneas aéreas regionales, que disponen de aeronaves cada vez más complejas y análogas a las explotadas por las líneas aéreas importantes. Así pues, los explotadores con recursos limitados enfrentan el reto de desarrollar métodos que les permitan cerciorarse de que sus técnicos de mantenimiento reciben la capacitación necesaria para mantener sus flotas de aeronaves modernas. Eso requerirá posiblemente recurrir al máximo a los cursos de formación que proporcionan los fabricantes e incluir en sus negociaciones de compra una cláusula que les permita obtener según el acuerdo concertado la capacitación de que precisarán subsiguientemente.

6.4.16 La instrucción a base de computadora (CBI) se utiliza en algunas líneas aéreas según la envergadura y lo adelantado que sea su programa de capacitación. No obstante, la mayor parte de la instrucción CBI empleada actualmente cabría considerarla como una tecnología anticuada. Las nuevas tecnologías de adiestramiento que se están elaborando permiten tal vez complementar o, en algunos casos, incluso remplazar la OJT y los métodos basados en la asistencia a clases. Es evidente que esas nuevas tecnologías de capacitación remplazarán según se prevé a la instrucción CBI anticuada. La primera CBI que se implantó y que todavía se emplea hoy proporciona la instrucción mediante tutoría, a lo que sigue habitualmente una selección de preguntas con respuestas múltiples presentadas en una pantalla sobre los textos explicados. Si el estudiante contesta erróneamente al apretar el botón de su tablero, se escucha un sonido para advertirle de su error y aparecen en la pantalla las palabras "respuesta equivocada, pulse de nuevo". El estudiante puede continuar hasta seleccionar la respuesta correcta, pero en cualquier caso este sistema prevé poca o ninguna instrucción de tipo correctivo.

6.4.17 Hoy en día los estudiantes esperan mucho de los sistemas computadorizados interactivos incluidos los sistemas de capacitación. En muchos Estados, incluso varios Estados en desarrollo, los estudiantes de secundario o de colegio ya conocen de algún modo las computadoras personales y los juegos computadorizados adaptables a las televisiones ordinarias. Tales aparatos suministran bastantes posibilidades en cuanto a retorno de información y clasificación de performance, que son aspectos hallados en los sistemas de formación de nueva tecnología. Análogamente, los sistemas CBI más recientes ofrecen una instrucción al nivel de los conocimientos y pericia de los estudiantes. Sin embargo, la tecnología CBI avanzada debe disponer de un grado de inteligencia razonable en sus sistemas, comparable a la que posee un instructor humano. Más que simples instrucciones y retorno de información sobre las etapas que deben seguirse o el modo de efectuar las tareas, la nueva tecnología debería disponer de tutoría y enseñanza sistemática. Tales aparatos capaces de realizar las tareas mencionadas se encuentran ya en algunos establecimientos docentes de alta tecnología. Se denominan concretamente sistemas de tutoría inteligente (ITS). Las características que distinguen a estos ITS de otros sistemas CBI menos adelantados son los módulos de soporte lógico que representan a los estudiantes, a los peritos en las distintas disciplinas y a los instructores. Todo ello se realiza siguiendo una amplia serie de normas que reflejan las correspondientes funciones, procedimientos de operación y componentes del sistema o aparato sujeto a estudio.

6.4.18 Los componentes primarios de un ITS se indican en la Figura 6-1 En el centro de la figura está el entorno de instrucción. En el contexto de la capacitación de mantenimiento para la aviación, dicho entorno es normalmente una simulación. El modelo de experto o módulo de experto que se encuentra a la derecha de la figura debe contener prácticamente los mismos conocimientos sobre un sistema o aparato que poseería un experto humano. El modelo de estudiante que vemos en la parte inferior de la figura se basará normalmente en los conocimientos que debe adquirir el estudiante y en las respuestas cruciales

que el estudiante debe dar durante la interacción con el entorno de instrucción. Este modelo también contiene un archivo con las respuestas que han dado los estudiantes y otro donde se describen los modos de aprendizaje preferidos por los estudiantes, así como las lecciones ya aprendidas y los errores típicos. El instructor o modelo pedagógico de la izquierda ofrece los conocimientos de expertos sobre el tema en cuestión de modo de optimizar el aprendizaje de los estudiantes. Este modelo establece una secuencia de instrucción que se basa en la performance del estudiante y suministra el retorno de información apropiado, la instrucción de repaso necesaria y sugerencias para continuar la formación fuera del entorno ITS, en la medida requerida.

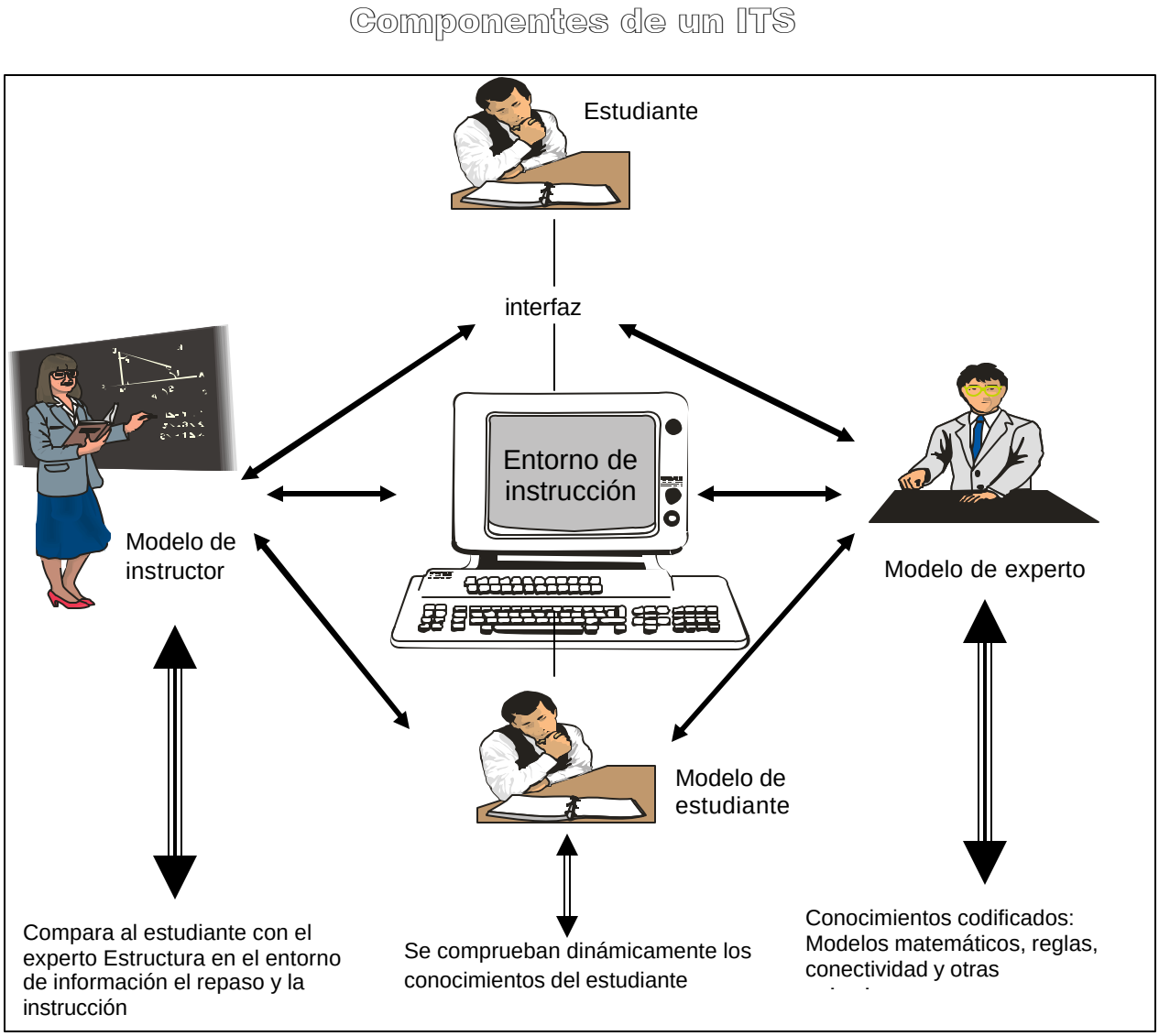


Figura 6-1

6.4.19 Se ha comprobado que el sistema ITS es muy efectivo para proporcionar adiestramiento en materia de diagnóstico y mantenimiento de equipos complejos de alta tecnología. Ofrece asimismo varias ventajas respecto de los métodos de instrucción tradicionales, tales como suministrar la capacitación adecuada "a tiempo" o dar instrucciones de repaso inmediatamente antes de iniciar una determinada tarea de mantenimiento. Además, con el ITS, el estudiante controla su propia instrucción y puede programarla, ajustarla a su ritmo o repetirla según lo estime conveniente. Existe la creencia en algunos círculos de que estos sistemas pueden resultar demasiado complejos para utilizarlos en forma generalizada. Tal vez esa

creencia dimane de la -falta de experiencia que existe con esa tecnología y no de la evaluación de la capacidad técnica y docente del personal. Se insta a los explotadores y a las autoridades de aviación civil a que se muestren receptivos respecto del uso de esas nuevas tecnologías, pues de 10 contrario podría privarse a sus líneas aéreas de posibilidades importantes que repercutirían tal vez muy notablemente en la seguridad.

El técnico de mantenimiento de aeronaves

6.4.20 Debido a la complejidad creciente de las nuevas aeronaves, el mantenimiento se está convirtiendo en una función más crucial. En los primeros tiempos de la aviación, el mantenimiento de aeronaves se consideró como equivalente al mantenimiento de automóviles pero algo más sofisticado y se estimó que en cualquiera de ambas tareas se podían utilizar perfectamente conocimientos análogos. Esa estimación no tuvo validez durante mucho tiempo, porque rápidamente la tecnología de las aeronaves se desarrolló y pasó a ser una tecnología mucho más compleja. Hoy en día los técnicos de mantenimiento deben tener muchos conocimientos sobre teoría de sistemas, ser capaces de realizar pruebas complejas e interpretar los resultados, mantener bs elementos estructurales que son muy distintos de las típicas estructuras de aluminio remachadas, y evaluar sistemas electrónicos y automatizados muy sensibles, donde un error en la tarea más simple puede ocasionar pérdidas y daños considerables. Las tendencias experimentadas en el desarrollo de aeronaves y sistemas indican claramente que los futuros técnicos de aeronaves, si se desea que tengan éxito, deberán contar con elevada instrucción y estar adiestrados a nivel de técnico graduado o su equivalente.

6.4.21 Aunque hoy en día muchas de las líneas aéreas, si acaso no todas, tienen pocos problemas para contratar personal de mantenimiento calificado, tal vez no sea así en el futuro. La competencia que plantean otras industrias —posiblemente con mejores condiciones de trabajo y labores más interesantes —y una demanda cada vez mayor de personal altamente preparado en la esfera del mantenimiento de aeronaves, son algunas de las razones por las que las líneas aéreas pueden encarar más dificultades en el futuro para dotar de personal apropiado a sus organismos de mantenimiento. Todos aquellos que se enfrenten con estas perspectivas, deberían considerar qué medidas adoptar para asegurar que exista en su momento el personal necesario de mantenimiento y debidamente capacitado. Entre los aspectos relativamente poco costosos cabe mencionar el fomento de la educación en escuelas secundarias de calidad y lograr que se conozca mejor la carrera de mantenimiento de aeronaves entre los jóvenes de edad escolar. Otros medios son también los préstamos de equipo o instructores a las escuelas de formación A&P, los préstamos o becas otorgadas a los estudiantes que prometen por su capacidad a cambio de contratos de trabajo, la elaboración de programas de instrucción y aprendizaje de carácter más académico y la contratación de personas con talento entre grupos menos tradicionales dentro de la esfera de mantenimiento, tales como las mujeres. En forma indicativa se sugiere que la industria respalde y fomente una educación computadorizada más amplia en las escuelas secundarias, puesto que según las tendencias se prevé que las actividades de mantenimiento futuras dependerán notablemente de sistemas computadorizados y automatizados, incluso en aquellos Estados que ahora no cuentan con gran cantidad de sistemas de soporte electrónico.

6.4.22 El mantenimiento de aeronaves se realiza frecuentemente de noche. Desde el punto de vista fisiológico y mental, estamos más alerta durante las horas del día y se prefiere en general descansar y dormir por la noche. Cuando las necesidades de trabajo cambian ese ritmo, se observa una disminución de la performance en las tareas. Esto ciertamente puede plantear problemas en la esfera del mantenimiento de aeronaves, donde la seguridad está conectada muy crucialmente con la performance de los técnicos que deben trabajar sin errores. En la mayoría de los accidentes causados por errores de mantenimiento, tal como los analizados en este compendio, las tareas de mantenimiento defectuosas que contribuyeron a los accidentes se realizaron durante el turno de noche *(provocando una deficiencia en el interfaz L-E).* Los

explotadores deberían examinar cuidadosamente las asignaciones de las tareas y comprobar cuáles son las repercusiones en los técnicos y en su trabajo. Las labores que exigen esfuerzo físico no deberían estar seguidas de trabajos rutinarios que requieren gran concentración. La gerencia debería estar al tanto de las dificultades que entrañan actividades repetitivas, por ejemplo la inspección de elementos idénticos del tipo remaches o álabes de turbina. Numerosos estudios de investigación demuestran que la atención del operador baja rápidamente cuando se efectúan estas tareas y que fácilmente se cometen errores. Análogamente, el empleo de ciertos tipos de instrumentos o equipos es más propenso a errores. Los aparatos de inspección antiguos confían mucho en la pericia del técnico y su capacidad de manipular el equipo y detectar e interpretar indicaciones sutiles de los instrumentos. Si esas dificultades se unen a la fatiga del técnico, la probabilidad de error aumenta considerablemente. Los supervisores de turno deben estar particularmente al tanto de los indicios de fatiga de los técnicos y comprobar las tareas realizadas para verificar si existe algún error. La inspección durante las horas del día de todas aquellas tareas de mantenimiento realizadas la noche anterior, también podría ayudar a reducir la probabilidad de errores, tales como los mencionados respecto de la aeronave que sufrió el accidente.

6.4.23 La salud y estado físico del técnico también son susceptibles de influir en la performance de su trabajo. Las actividades de mantenimiento e inspección de las aeronaves a veces exigirán esfuerzo físico. Es corriente que haya que subir sobre las alas y estabilizadores horizontales y trabajar en posiciones poco cómodas y en espacios estrechos o de tamaño reducido. Todo ello plantea dificultades, especialmente cuando el técnico de mantenimiento sufre de exceso de peso, está enfermo o poco habituado; yeso podría dar lugar a que ciertas tareas se pasen por alto, se dejen incompletas o no se efectúen adecuadamente. La necesidad de tener buena vista y distinguir bien los colores es asimismo importante. Las personas de mayor edad frecuentemente requieren gafas o lentes de contacto para corregir sus deficiencias visuales. Actualmente no hay especificaciones médicas respecto de los técnicos de mantenimiento de aeronaves: Como ocurre con muchas personas, los técnicos tal vez no corregirán a tiempo sus deficiencias visuales, especialmente si consideramos que de no haber un examen periódico resulta difícil detectar las deficiencias visuales que se producen gradualmente y que sólo son evidentes cuando la visión ha sufrido notable deterioro. Además, el técnico puede pensar con inseguridad en su trabajo y en consecuencia no notificar que padece problemas de visión.

6.4.24 En la actualidad raramente hay explotadores o administraciones que requieran el examen médico regular de los técnicos para detectar todo desorden que pueda menoscabar su performance de trabajo. Sin embargo, debido a la creciente correlación que existe entre seguridad de la aviación y performance de los técnicos de mantenimiento, tal vez sea oportuno examinar la posibilidad de implantar prácticas de inspección médica regular de los técnicos de mantenimiento de aeronaves.

Instalaciones y entorno de trabajo

6.4.25 Para comprender los errores humanos en la esfera del mantenimiento, es fundamental comprender cuales son las responsabilidades y el entorno de trabajo del técnico de mantenimiento de aeronaves. Dicho entorno puede tener grandes repercusiones en la performance del técnico. Aunque conviene disponer de condiciones ideales de trabajo, tales como buena iluminación, hangares confortables para realizar las tareas de mantenimiento de las aeronaves, probablemente tales condiciones no existirán debido al costo que supondría construir y explotar esos tipos de instalaciones en todos los aeropuertos a los que prestan servicio las líneas aéreas. Por lo tanto, muchas de las tareas de mantenimiento de aeronaves se realizan en condiciones no necesariamente ideales, como por ejemplo las tareas que se efectúan al aire libre o por la noche y con malas condiciones meteorológicas.

6.4.26 Uno de los más importantes parámetros de trabajo en el mantenimiento de las aeronaves es la iluminación. Resulta muy difícil proporcionar luz adecuada para todos los aspectos de las tareas de mantenimiento, incluidas las inspecciones y las reparaciones. La mala iluminación ambiental de las áreas

de trabajo se consideró como una deficiencia significativa durante la investigación de los accidentes discutidos en este compendio. En el accidente de la aeronave BAC 1-11, si se hubiera dispuesto de una zona de trabajo debidamente iluminada, es posible: que el gerente de mantenimiento de turno hubiera visto que el tomillo embutido era demasiado pequeño pues todavía quedaba un espacio por llenar hasta el borde, lo cual se distinguía perfectamente en condiciones de luz diurna *(discordancia L-E).* En el accidente de la aeronave EMB-120, el inspector del tercer turno había subido a la parte superior del estabilizador horizontal para ayudar a instalar e inspeccionar los componentes de descongelamiento de la parte derecha del estabilizador horizontal. Posteriormente dijo que no sabía que se habían quitado los tomillos del conjunto del borde de ataque izquierdo del estabilizador horizontal y, dada la oscuridad que existía fuera del hangar, no observó que faltaban los tornillos de la parte superior del conjunto del borde de ataque izquierdo *(discordancia L-E).*

6.4.27 Gran parte de la iluminación necesaria para tareas específicas procede de lámparas o linternas portátiles. Sus ventajas residen en la facilidad de transporte y disponibilidad inmediata. Sus desventajas son entre otras la poca brillantez de la luz y el hecho de que habitualmente ocupan una de las manos, lo que obliga en ocasiones a efectuar tareas o inspecciones de mantenimiento con la única mano libre. Cabe pues señalar que uno de los problemas observados frecuentemente en varios hangares de mantenimiento lo constituye la mala iluminación. En general, la iluminación de los hangares procede de luces instaladas en el techo. Son de difícil acceso para su limpieza y por ello están recubiertas de polvo o pintura y pueden verse ampolletas fundidas que no se remplazan a veces durante largos períodos de tiempo. Por otra parte, el número de bombillas es insuficiente y su ubicación no permite iluminar debidamente todas las zonas. En los hangares dicha iluminación debería alcanzar por lo menos entre 100-150 candelas por pie cuadrado (unos 30 centímetros cuadrados) para que la iluminación se considere adecuada.

6.4.28 Las tareas de mantenimiento e inspección realizadas bajo las estructuras de las aeronaves y en espacios reducidos plantean problemas de iluminación difíciles. Esas estructuras obscurecen los lugares de trabajo al evitar que llegue la luz yeso ocurre también con los compartimientos estrechos de los equipos que se reparan y a los que no llega la luz normal del hangar. Debería pues proporcionarse para tales situaciones una iluminación especial al realizar las tareas. La iluminación debe variar entre 200-500 candelas por pie cuadrado, según el trabajo que deba efectuarse. Hay luces portátiles de bajo costo que pueden colocarse cerca de las zonas de trabajo o fijarse a estructuras adyacentes al lugar donde se lleva a cabo la tarea, siendo de muy diversos tamaños y potencia. El empleo de esos sistemas de iluminación puede atenuar algunos de los problemas dimanantes de la discordancia elemento humano —ambiente (entorno).

6.4.29 Las actividades de mantenimiento realizadas al aire libre y de noche exigen mucha atención en materia de iluminación. Gran parte del mantenimiento de aeronaves se efectúa en esas condiciones. Lamentablemente existe la tendencia a confiar en las linternas eléctricas o en la iluminación ambiental procedente de los hangares cuyas puertas abiertas permiten pasar la luz para llevar a cabo todas esas tareas, o bien porque no se dispone de lámparas portátiles adecuadas o bien porque es demasiado complicado obtenerlas e instalarlas. La gerencia debe ser consciente de la importancia que reviste proporcionar y exigir que se utilicen luces adecuadas tanto para la iluminación de zona como para la realización de tareas. Además, es preciso recalcar que no se trata de una cuestión trivial. Existen sucesos adversos que han dimanado al menos en parte de la falta de iluminación adecuada, y que a menudo se han reseñado en numerosos informes de investigación de accidentes.

6.4.30 El ruido es otro factor importante en el entorno de trabajo. Las operaciones de mantenimiento de aeronaves son habitualmente ruidosas, aunque con carácter intermitente según las actividades que se efectúen, tales como remachado, operación de maquinaria dentro de los hangares, o ensayos y calentamiento de motores en las plataformas exteriores. El ruido puede provocar interferencia en las conversaciones y también afectar a la salud. El ruido alto o intenso tiende a provocar una respuesta mayor

del sistema nervioso autónomo del ser humano. Uno de sus resultados acaso sea la fatiga. Tal vez más importante es la repercusión del ruido en los oídos. Si se está expuesto con regularidad a un ruido elevado, se puede perder permanentemente la capacidad auditiva. Si el ruido es de menor intensidad, puede ocasionar pérdida temporal de la capacidad auditiva yeso conlleva acaso repercusiones en materia de seguridad en el puesto de trabajo. Los casos de incomprensión de las comunicaciones orales en razón a la interferencia de esos ruidos o a pérdida de la capacidad auditiva acarrean en ocasiones graves consecuencias. Hay medidas que pueden tomar los explotadores para ocuparse de los problemas de ruido, tales como controlar las fuentes del ruido mediante el recubrimiento o insonorización de la maquinaria, aislar las actividades ruidosas para que molesten al menor número posible de personas, proporcionar a los trabajadores protección de los oídos y exigir su utilización, reducir al mínimo aceptable los ensayos o pruebas de calentamiento de motores, y medir los niveles de ruido en las zonas de trabajo. La supervisión del ruido permitirá identificar los problemas y la gerencia estará en condiciones de adoptar las medidas correctivas. Habría que destacar las graves consecuencias que dimanan de la exposición a los ruidos, de modo que los trabajadores comprendan la necesidad de utilizar las protecciones auditivas y controlar el ruido en la medida de lo posible. Si se está expuesto a niveles de ruido superiores a 110 decibeles (dB) el tiempo de exposición a dicho ruido no debería rebasar más de 12 minutos durante un período de 8 horas y si el ruido es de 85 dB pero continuado, habrá que contar con protección auditiva. Tanto los niveles del ruido como de luz pueden medirse fácilmente mediante sonómetros y fotómetros portátiles relativamente poco costosos. Estas son tareas que incumben a los departamentos sanitarios o de seguridad del explotador o a los supervisores capacitados para utilizar esos equipos.

6.4.31 Los materiales tóxicos que aparecen en la esfera del mantenimiento de aeronaves son cada vez más frecuentes debido a la introducción de aeronaves más perfeccionadas que emplean materiales compuestos en su estructura u otras sustancias peligrosas, tales como sellantes de los depósitos o productos químicos para adherir las estructuras. Cabe mencionar también algunos métodos de evaluación no destructivos que son potencialmente peligrosos, por ejemplo los rayos-X. Habría que informar a los empleados de los peligros atinente5 a la manipulación de materiales tóxicos y formarles debidamente en ese sentido. Se les debería dar instrucción sobre el modo adecuado de manejo y suministrarles dispositivos de protección, tales como vestimenta adecuada, guantes de goma y gafas protectoras.

6.4.32 Hay otros peligros vinculados al mantenimiento de las aeronaves. Uno de los principales es trabajar sobre caballetes u otras plataformas, incluyendo asimismo las grúas móviles con receptáculo para una o varias personas o las de tipo "alzacarros", que tal vez se denominan de otro modo según los lugares. Dado que las estructuras de las grandes aeronaves de transporte están situadas a varios metros por encima del suelo, cualquier caída desde una plataforma de trabajo puede causar graves lesiones. Hay que evitar en cualquier caso los soportes mal estabilizados, así como las escaleras poco afianzadas, sobre todo en aquellos suelos de hangares u otros que sean resbaladizos. Cuando los sistemas que soportan las estructuras de trabajo están bien diseñados y se emplean debidamente, proporcionarán a largo plazo una rentabilidad efectiva porque se producirán menos errores y menos lesiones.

6.4.33 La información que antecede sobre el ruido, los materiales tóxicos, los soportes y plataformas de trabajo son un buen ejemplo de dónde y cómo pueden ocurrir deficiencias en la interfaz elemento humano y ambiente (L-E) dentro del taller de mantenimiento. Aunque esa información se ocupa de los aspectos de salud y seguridad de los técnicos de mantenimiento, es obvio que también tiene repercusiones en la seguridad de la aviación. Es evidente que los técnicos cuya performance se vea menoscabada por la falta de disposiciones sanitarias y de seguridad personal serán más propensos a cometer errores, lo cual repercutirá a su vez en la seguridad de las operaciones de aeronaves. Esto preocupa en gran medida porque como norma general los efectos que producen los errores de mantenimientos humanos se manifiestan, pero aparecen normalmente en un momento que ya es distante en cuanto al tiempo y en cuanto al lugar del punto en que se produjo el error.

6.5 GRUPOS DE TRABAJO Y ASPECTOS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES

Trabajo de equipo

6.5.1 La importancia de trabajar en equipo en la esfera del mantenimiento de aeronaves nunca se valorará en exceso. A medida que existe mayor complejidad tanto en las aeronaves como en sus sistemas, se destacan y valoran las distintas especialidades técnicas (p. ej., chapa metálica/estructuras, equipos eléctricos/electrónicos, sistemas hidráulicos). Se comprueba asimismo que existe la tendencia no muy acertada de organizar las especialidades técnicas en departamentos o "grupos funcionales", lo cual no favorece el trabajo en equipo y las comunicaciones

6.5.2 En los últimos años, se han desplegado grandes esfuerzos para estudiar el trabajo en equipo dentro del puesto de pilotaje. Estos estudios han permitido elaborar programas de instrucción comúnmente denominados "gestión de los recursos del puesto de pilotaje" (o de la tripulación de vuelo) (CRM). Como resultado de estas investigaciones se ha llegado a la conclusión de que la seguridad aumenta cuando la tripulación del puesto de pilotaje funciona como un conjunto integrado y en comunicación y no como una serie de individuos que independientemente hacen cada uno su propia tarea. Puede aplicarse esa misma conclusión a la esfera del mantenimiento de aeronaves. Algunas líneas aéreas ya están planeando o incluso suministrando formación de tipo CRM en sus organismos de mantenimiento. Se trata de una instrucción que, al igual que en el caso del puesto de pilotaje, resalta los aspectos de comunicaciones, liderato, solidez de criterios y toma de decisiones, gestión del estrés, que son todas cualidades importantes para la labor *en equipo.* Al menos una línea aérea ha demostrado que ha mejorado algunos de sus aspectos operacionales de importancia, tales como la puntualidad en sus horas de salida y un menor número de accidentes de trabajo, después de dar la capacitación CRM especializada a su personal de mantenimiento.[30]

6.5.3 Otro ejemplo de las ventajas que reporta trabajar en equipo en la esfera del mantenimiento de aeronaves nos lo ofrece el mando aéreo táctico de la (antigua) fuerza aérea de los Estados Unidos. Esta organización utilizó en un principio un sistema de mantenimiento de "despacho especial", con arreglo al cual los distintos técnicos conocedores de las diversas disciplinas (p. ej., sistemas hidráulicos, electrónica, etc.) podían ser enviados para reparar cualquier aeronave de una cualquiera de las numerosas bases de la fuerza aérea. Existía a tal efecto una organización centralizada denominada "Planes y asignaciones de trabajo" que dirigía todas las actividades de mantenimiento. Las solicitudes de mantenimiento transitaban todas por una subdependencia denominada "Control de tareas", donde se analizaban las peticiones, se tomaban las decisiones sobre quién o qué taller haría la tarea en cuestión y se daba la orden para hacer determinado trabajo. En virtud de este sistema, el técnico despachado para hacer una determinada tarea llevaba consigo las herramientas y los repuestos, pero a menudo no eran los apropiados e incluso sucedía que el técnico no era el más adecuado para la labor encomendada, lo cual se debía a que el control de trabajo no tenía una relación estrecha con el sistema y frecuentemente tomaba decisiones erróneas. Por su parte, los técnicos no se identificaban con un determinado grupo, ya que Control de tareas podía asignarles cualquier trabajo en cualquiera de las aeronaves de una determinada brigada aérea. No se seguía por tanto una organización de equipo.

6.5.4 Los resultados de este plan de organización conllevaron un continuado declive de la aeronavegabilidad de las aeronaves. En un principio las unidades efectuaban 23 salidas por mes y por aeronave, mientras que diez años después realizaban solamente un promedio de 11,5 salidas. Evidentemente era preciso tomar medidas correctivas. Así pues, primeramente se creó una estructura de organización de equipo. Las 72 aeronaves que componen una brigada aérea se distribuyeron en tres escuadrones distintos de 24 aeronaves cada uno. Los técnicos de mantenimiento se dividieron en grupos y

se asignaron asimismo a un escuadrón determinado, y únicamente el personal asignado al escuadrón desempeñaba tareas en las aeronaves de su escuadrón. Se adoptó una estructura de liderato descentralizada, estableciéndose varios niveles de autoridad y responsabilidad. Se fijaron objetivos y normas, tales como ciertas estipulaciones respecto a número de salidas que efectuaría cada aeronave. Los equipos de mantenimiento recientemente creados recibieron la responsabilidad de asegurar la disponibilidad y aeronavegabilidad de las aeronaves. Naturalmente, también se les dio los recursos necesarios (repuestos, suministros, etc.) para hacer su trabajo. Se fomentó la competencia entre los escuadrones mediante el anuncio en carteles visibles de los objetivos de las distintas salidas y la performance general del escuadrón. Se aumentó la categoría de los técnicos de diversos modos. El técnico pasó pues a ser un elemento clave y no solamente un engranaje anónimo del sistema. Se hicieron notables esfuerzos para identificar al individuo con el grupo y crear un cierto sentimiento de "propiedad" dentro de la estructura de la organización.

6.5.5 Los resultados fueron extraordinarios. En poco tiempo, los porcentajes de utilización mejoraron en un 43% y la disponibilidad de las aeronaves en un 59%. El porcentaje de despegues a tiempo pasó del 75% a más del 90%. Éstos y otros mejoramientos de la performance indican que los factores de organización en el puesto de trabajo pueden repercutir grande- mente en el mantenimiento de las aeronaves. La estructura de una organización puede impedir o facilitar la productividad. El equipo de trabajo, la responsabilidad y en especial el liderato son factores de performance claves. El liderato en el trabajo parece fomentarse si se dispone de una estructura descentralizada. Los aspectos competitivos y de identificación con el equipo también son ingredientes importantes. Si se permite a los técnicos que participen en los procesos de decisiones, se logrará que se sientan contribuyentes valiosos y se alentará el interés por obtener resultados de equipo. Al disponer de un grupo de técnicos que se conoce y que conocen asimismo sus capacidades mutuas, se fomenta el orgullo de equipo y la performance. Naturalmente, como resultado también se alcanza una mayor calidad de mantenimiento y un equipo de técnicos que trabaja a gusto.

6.5.6 Las observaciones efectuadas en varias de las instalaciones de mantenimiento de distintos transportistas aéreos internacionales parecen indicar que siguen un concepto de organización similar al sistema de "Despacho especial" empleado hace años por la fuerza aérea de los Estados Unidos. Se cuenta frecuentemente con departamentos o talleres distintos que tienen sus propias responsabilidades y sus objetivos también propios. Eso fomenta el trabajo individual más que de equipo. Además, digamos que la adaptabilidad para hacer frente a un suceso poco habitual también es muy importante en la esfera del mantenimiento de aeronaves, y la respuesta a las emergencias puede verse precisamente obstaculizada si un taller o departamento determinado hace mal su tarea. La falta de identificación con el equipo puede conducir a actitudes indiferentes por parte de los trabajadores y los resultados serán evidentemente predecibles. Si cada uno de los técnicos llega a la conclusión de que efectuar bien su tarea servirá de poco porque otros la realizarán mal, en ese caso probablemente el comportamiento será cada vez menos diligente.

6.5.7 El establecimiento de equipos de mantenimiento debería planificarse, pues no basta simplemente con dividir a las personas en grupos y llamarles equipos. Cuando se proceda a la creación de equipos de trabajo, habría que utilizar conceptos de estructuración apropiados. Las limitaciones de espacio impiden que se discuta con detalle en este compendio tales conceptos, pero hay con todo en este capítulo una lista de lecturas recomendadas sobre éste y otros temas. Si los equipos están bien concebidos, los resultados del trabajo mejorarán y la satisfacción de los empleados también, mientras que si los equipos están mal concebidos se obtienen los resultados opuestos. Si no se cuenta con una administración apropiada y no se procede a evaluar la performance del equipo de manera periódica, es probable que los resultados sean negativos. Por ejemplo, si los equipos de trabajo son totalmente autónomos en cuanto a su productividad, acaso se obtenga una productividad baja. Por otra parte, cabe señalar que si los grupos no tienen una cierta supervisión se pueden tomar decisiones equivocadas y a veces incluso crearse ciertos conflictos

entre los grupos o dentro del grupo. Además, acaso será necesario definir de nuevo los fines y objetivos e intercambiar o remplazar algunos miembros del equipo según las circunstancias, tal como se mencionó anteriormente; Esto último dependerá naturalmente de la administración y no corresponde ser examinado con detalle en este compendio.

6.5.8 La filosofía actual respecto del diseño y estructuración de los puestos de trabajo se centra en el denominado método de motivación. El propósito de dicha filosofía es crear trabajos que sean estimulantes por los retos que planteen, así como significativos e interesantes. Los empleados deberían estimar que su labor es importante y productiva. Deberían participar en las decisiones y tener posibilidad de opinar sobre los métodos de hacer las tareas. Los estudios realizados demuestran que los trabajos que requieren agudeza mental motivan más y son más satisfactorios. El concepto de equipo de trabajo refleja muy adecuadamente este punto por cuanto la interacción y las comunicaciones continuadas entre los miembros del equipo son una necesidad, lo cual fomenta las ideas y la innovación. Habitualmente hay cierta competencia entre los miembros del equipo para obtener una posición de liderato yeso puede ser un elemento positivo que mejore la performance del equipo.

6.5.9 Hoy en día muchas industrias, desde las de fabricación de maquinaria pesada o de automóviles hasta las industrias de servicios, tales como las firmas publicitarias, utilizan el concepto de equipo de trabajo. Parece razonable creer que el método de equipo puede emplearse con éxito y provechosamente en el mantenimiento de aeronaves y esta creencia se ve respaldada por el ejemplo que ofrecen los cambios realizados en los métodos de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos que se mencionaron anteriormente. Sin embargo, se precisa de una planificación y gerencia cuidadosa para crear y mantener equipos de trabajo efectivos. Los resultados que posiblemente se alcanzarán con equipos que funcionen armónicamente serán mayor productividad y más satisfacción en el trabajo. Son estas dos ventajas que en cualquier caso resulta difícil lograr al mismo tiempo cuando se trata de tareas individuales.

6.5.10 Algunos de los aspectos más importantes que cabe examinar en la esfera de la conceptualización y gestión de los equipos de trabajo son, entre otros, el diseño de los puestos de trabajo, los sistemas de remuneración y recompensa, la selección y dotación de personal y la instrucción.

Concepción del trabajo

6.5.11 Una concepción apropiada del trabajo puede tener importantes efectos en la productividad. Aunque se trata de un hecho reconocido desde hace bastante tiempo, hace falta todavía considerable investigación para determinar cuál es la estructura óptima de los trabajos o tareas en un ambiente ocupacional determinado. Dado que hay diversos métodos para diseñar los distintos trabajos, el enfoque óptimo acaso requerirá ciertas medidas de compromiso entre los métodos posibles. Actualmente está cambiando el centro de atención, pues en lugar de fijarse en temas que atañen a los individuos se examinan los grupos considerados como una unidad básica, especialmente en la esfera de las industrias de fabricación y conexas.

6.5.12 Uno de los aspectos más importantes del diseño del trabajo, desde el punto de vista del concepto de equipo, estriba en permitir la autogestión. En la medida de lo posible, el equipo debería ser responsable de sus propias actividades, incluso la toma de decisiones sobre horarios y programa, las asignaciones de tareas a los empleados y la participación al seleccionar nuevos miembros del equipo. La principal responsabilidad de la gerencia consiste en suministrar los recursos necesarios para que el equipo funcione sin contratiempos. *La participación* de todos los miembros del equipo es otro aspecto que conviene examinar. Debería existir una repartición equitativa de la carga de las tareas y éstas deberían establecerse de modo que se fomente la interacción entre los empleados. Asimismo, la tarea asignada a cada uno debe ser *significativa,* es decir los miembros del equipo deben estimar que su contribución es importante.

6.5.13 Introducir el concepto de equipo en el mantenimiento de aeronaves no es particularmente fácil. Por otra parte, acaso no sea lo más adecuado en todos los organismos de mantenimiento. No obstante, de implantarse, el concepto de equipo debe ser establecido cuidadosamente y conviene observar con regularidad cuál es la performance del equipo. Un enfoque que acaso funcione en una determinada línea aérea puede muy bien no ser apropiado en otra línea aérea. Es necesario examinar la cultura de la empresa en cuestión al diseñar los equipos de trabajo. Las posibilidades de obtener satisfacción en los empleados y un mejor rendimiento parecen elevadas cuando los equipos están bien estructurados, de modo que procede tal vez estudiar a fondo este concepto.

Sistemas de recompensa

6.5.14 La estructura de los equipos debería ser tal que haya *interdependencia en la información y recompensas*. Debería contarse con un mecanismo para identificar la performance de los individuos y también su contribución al rendimiento del equipo. Si el único aspecto medible respecto del rendimiento es la performance del conjunto del equipo, la contribución de cada individuo acaso no se defina con la objetividad necesaria. En ese caso algunos empleados tal vez no compartan el trabajo según les corresponde. Si se evalúa la performance de cada uno y además la productividad del equipo, todos los miembros del mismo considerarán que tienen una responsabilidad común y por otro lado se beneficiarán en la medida adecuada.

Selección y dotación de personal

6.5.15 Los equipos de trabajo deberían contar con miembros cuya pericia sea variada. Por ejemplo, un equipo de mantenimiento de aeronaves no sólo debería estar formado por especialistas en grupos motores o en electrónica. El equipo debería disponer de distintos expertos, según las exigencias de las numerosas tareas que conforman un objetivo de trabajo. Para realizar el mantenimiento del tren de aterrizaje, por ejemplo, puede precisarse de especialidades tales como conocimiento de los equipos hidráulicos, eléctricos y también de montaje.

Instrucción

6.5.16 Los miembros del equipo deberían estar adiestrados para el desempeño de sus funciones. Se requiere sobre todo cierta familiarización con las tareas cuando se trata de grupos de reciente creación que antes estaban acostumbrados a actuar como técnicos individuales. En este contexto, la instrucción debería incluir los métodos de toma de decisiones del grupo, el desarrollo de un comportamiento de equipo y la colaboración con otros equipos. Los miembros también deberían recibir adiestramiento en otras disciplinas técnicas para ser capaces de sustituir a alguno de los otros miembros en caso de ausencia. De este modo, la productividad del equipo no se verá excesivamente menoscabada si hay un miembro cualquiera que no pueda atender a su trabajo.

6.5.17 Por último, los equipos deberían estar constituidos por personas que hayan manifestado una cierta preferencia por el trabajo en equipo. Hay individuos que prefieren trabajar solos y otros que prefieren trabajar en equipo. Esto es particularmente importante cuando se vayan a establecer equipos de autogestión. Si se desea tener éxito, los equipos deberán estar constituidos por miembros que manifiesten interés en asumir las mayores responsabilidades que dimanan del trabajo en equipo.

6.6 SISTEMAS AUTOMATIZADOS Y DE TECNOLOGÍA AVANZADA

Automatización y computadorización

6.6.1 La tecnología industrial adelanta rápidamente y es una tendencia que se comprueba también en la esfera del mantenimiento de aeronaves. Está claro que la industria mundial está entrando en la era electrónica, donde un número de procesos, operaciones y decisiones cada vez mayor se controla mediante computadoras y sistemas de tecnología avanzada. En el mantenimiento e inspección de aeronaves, existe actualmente una gran automatización pero por lo general no ha llegado todavía a la labor del técnico que realiza las tareas necesarias en la aeronave. Hablando en términos amplios, la tramitación de la información es la esfera que más se ha beneficiado de las aplicaciones de la automatización. Hay muchos tipos de tareas de planificación y de notificación que ahora se llevan a cabo electrónicamente. También se utilizan computadoras para otras actividades, tales como control de herramientas e inventario, diseño computadorizado de herramientas, y anotación y consulta de boletines de servicio y directrices de aeronavegabilidad; en cualquier caso, esto se aplica a los talleres' de mantenimiento de los principales transportistas aéreos.

6.6.2 La mayoría de los fabricantes de aeronaves o bien disponen de una versión electrónica de sus manuales de mantenimiento o bien la están preparando. Así, en lugar de buscar en las páginas apropiadas del manual, el técnico obtiene la información de una cinta o disco que se consulta mediante una pantalla de computadora o un monitor de vídeo. Algunos de estos sistemas ya tienen incorporada una especie de inteligencia artificial, de manera que con determinadas palabras clave, el sistema de información automáticamente presenta las partes pertinentes del manual de mantenimiento de que precisa el técnico para una determinada labor. Hay versiones más avanzadas de estos sistemas que permiten que el técnico utilice un marcador ("mouse") o un aparato indicador para señalar los elementos de información deseados en el menú de la pantalla y seguidamente, apretando un botón, se pasa a la información contenida en el manual de mantenimiento propiamente dicho.

Instrumentos de trabajo avanzados

6.6.3 Se están desarrollando otras tecnologías que ofrecen información automatizada y que tal vez se utilicen en aplicaciones dentro de la esfera de mantenimiento de las aeronaves civiles. Ejemplo apropiado a este respecto es el sistema de información de mantenimiento integrado denominado IMIS. Este sistema contiene abundante tecnología computadorizada que ayuda a los técnicos en sus diagnósticos de los casos de mal funcionamiento de las aeronaves y de sus sistemas y les facilita la realización de las tareas de mantenimiento requeridas. Es de fácil transporte hasta la aeronave que deba repararse, y se lleva con las demás herramientas de que precisa el técnico. El IMIS tiene una pantalla de cristal líquido (LCD) y en ella pueden presentarse los numerosos datos almacenables en el sistema, tales como vistas por secciones de los equipos en forma agrandada, listas de repuestos, especialidades y técnicos necesarios para reparar un determinado sistema, procedimientos para realizar las pruebas y tareas de mantenimiento según el orden en que deben efectuarse, y diversas informaciones de otro tipo que en su mayor parte figuran normalmente en textos impresos, como por ejemplo manuales de mantenimiento y catálogos de repuestos. Un tal sistema puede además conectarse con una barra colectora especial para mantenimiento instalada en la aeronave y de ese modo recibir automáticamente la información sobre la situación en que se encuentran los sistemas de la aeronave. Esto a su vez proporcionará al técnico una evaluación de los sistemas y las medidas correctoras que podría o debería llevar a cabo. El IMIS es un buen ejemplo de ayuda en la realización de los trabajos con capacidad para servir de gran apoyo a los técnicos de mantenimiento. Una de sus mejores características es la facilidad de transporte ya mencionada, por cuanto ahorra mucho tiempo que normalmente debería dedicarse a comprobaciones en la aeronave y la consiguiente consulta en las fuentes de información, es decir, las bibliotecas de carácter técnico. Todo ese

tiempo puede utilizarse por el contrario muy provechosamente en realizar las tareas que incumben al técnico y para las que esta adiestrado, a saber: el mantenimiento de las aeronaves.

6.6.4 Las computadoras de nueva tecnología son cada vez de menor tamaño y algunas incluyen capacidad de reconocimiento y de reproducción de la palabra escrita a mano. Esto sería muy útil para llenar los numerosos informes y formularios que requiere el mantenimiento de aeronaves. Según los cálculos, los técnicos pasan el 25% del tiempo llenando papeles; obviamente sería mucho mejor que trabajaran en el mantenimiento de las aeronaves. Si hubieran dispuesto de un sistema de ese tipo los técnicos que repararon la aeronave EMB-120, el accidente posiblemente se hubiera evitado por cuanto la labor realizada y por realizar se habrían anotado debidamente y a tiempo, poniéndose en claro al siguiente turno cuáles eran los trabajos que todavía quedaban por finalizar. Si se procede a la automatización del proceso de presentación de informes en la mayor medida posible y se automatizan además las actividades de archivo de la información en computadoras de mayor tamaño, cabrá evitar 10s errores de registro y efectuar grandes ahorros de personal auxiliar de secretaría. Los fondos que ahora se destinan a estas tareas administrativas de mantenimiento podrían dedicarse a esferas que tuvieran una repercusión positiva más directa en la seguridad, como por ejemplo impartir mayor instrucción. Por otra parte, los técnicos de mantenimiento de aeronaves dispondrían de más tiempo para desempeñar sus tareas, lo cual conduciría a un ambiente de trabajo menos apresurado y en consecuencia menos propenso al error.

6.6.5 Recientemente se han fabricado computadoras de pantalla táctil y lapicero electrónico que parecen muy adecuadas para esas tareas. Se trata de un dispositivo electrónico que, como lo indica su nombre, tiene forma de lapicero y puede utilizarse para entrar datos en la computadora como si se escribiera en la pantalla. También puede emplearse para seleccionar los artículos del menú que aparezca en la pantalla y de ese modo el técnico señala inmediatamente la información almacenada que atañe a su tarea de mantenimiento. Estas computadoras de pantalla táctil, que no tienen mucha más capacidad que el compendio que nos ocupa, pueden también emplearse conjuntamente con otros medios de almacenamiento del tipo discos compactos, y así tener acceso y disponer de un enorme volumen de información. La totalidad del manual de mantenimiento de una determinada aeronave y otras informaciones que atañen a las directrices de aeronavegabilidad, boletines de servicio, tarjetas de trabajo y procedimientos de inspección especializados pueden ponerse a disposición del técnico de mantenimiento de aeronaves que se encuentra efectuando sus tareas al lado mismo de la aeronave. Una vez terminada su labor, el técnico obtiene inmediatamente de la computadora los formularios apropiados y los llena según corresponda para indicar las tareas efectuadas; todo lo cual se realiza escribiendo en la propia pantalla con el lapicero electrónico indicado o con un teclado asociado a la computadora, pudiéndose o bien almacenar la información o archivarla directamente en la computadora principal. La tecnología automatizada necesaria para estas actividades existe hoy en día y se encuentra en etapa de pruebas. No cabe duda que este tipo de ayuda automatizada para el trabajo, que no es ni excesivamente compleja ni particularmente costosa, se empleará a su debido tiempo en la esfera del mantenimiento de aeronaves. La instrucción, experiencia y talento técnico necesarios actualmente para desempeñar las tareas de técnico de mantenimiento de aeronaves bastan sobradamente para asimilar esas ayudas automatizadas y utilizarlas con éxito en el ambiente de trabajo. Así pues, es razonable esperar que este tipo de automatización en la esfera del mantenimiento de aeronaves se aplicará a escala mundial.

6.6.6 Cabe observar no obstante, que si se introduce todavía más y más avanzada automatización en la esfera del mantenimiento de aeronaves, a menos que esté concebida teniendo presente las capacidades y las limitaciones de los operadores humanos, dicha automatización puede dar lugar a una serie de problemas que obstaculizarán en lugar de ayudar al técnico de mantenimiento de aeronaves. Una automatización que no se ajuste a la capacidad del ser humano, inevitablemente irá en contra de los intereses que velan por la seguridad o la eficiencia del mantenimiento de aeronaves. Por ello debe reconocerse que los dispositivos automatizados concebidos y fabricados para ayudar a los operadores humanos deben necesariamente ajustarse a los *principios de la automatización centrada en el ser*

humano[32] Esto hará que las ayudas automatizadas avanzadas alcancen los fines para los que fueron concebidas, sin crear una serie de nuevos problemas adicionales y agobiantes para el propio organismo de mantenimiento.

6.6.7 Hay otras ayudas de trabajo automatizadas incorporadas ya hoy en día a las nuevas aeronaves de transporte. Se trata de sistemas que tienen capacidad para evaluar por sí mismos la situación del equipo de a bordo, tales como motores y sistemas electrónicos. Cuando se experimenta un mal funcionamiento del equipo en estas aeronaves, la información (problema) se almacena automáticamente y se transmite a la base de mantenimiento de aeronaves sin que la tripulación de vuelo intervenga en absoluto. Al aterrizar, los técnicos de mantenimiento de aeronaves pueden estar ya esperando con los repuestos necesarios para corregir rápidamente el problema y poner a la aeronave de nuevo en servicio. Es obvio que no pueden evaluarse de este modo todos los aparatos o sistemas de la aeronave, pero puede ahorrarse gran parte del tiempo que se dedica a los diagnósticos y pruebas de mal funcionamiento cuando se trata de aeronaves que ya cuentan con esos equipos de verificación incorporados (BITE). El principal beneficio que reporta un tal sistema en la esfera de la seguridad es que los problemas de mantenimiento se determinan y corrigen con prontitud y cuando se producen, pudiendo dejarse de lado los métodos que recurren a los sistemas de experimentación con las consiguientes pruebas, ensayos y posibles errores. Una de las grandes ventajas del BITE estriba en que el mal funcionamiento de cualquier sistema de la aeronave se identifica en sus primeras fases y antes de que se convierta en una amenaza a la seguridad de la aeronave y de sus ocupantes. Otra ventaja consiste en que los miembros de la tripulación de vuelo pueden recibir notificación de cualquier problema de mantenimiento que se plantee y existe la posibilidad de consultarles al respecto, lo cual mejora su capacidad para tomar decisiones y cerciorarse de que la explotación de la aeronave sigue siendo segura, todo ello sobre una base de hechos reales y oportunamente comprobados.

6.6.8 La tarea del técnico es compleja y variada y se realiza en varias instalaciones distintas. Las actividades de mantenimiento suponen que debe trabajarse frecuentemente en espacios reducidos o de difícil acceso y que deben emplearse numerosas herramientas, equipos de ensayo y otros aparatos. La labor de mantenimiento se diferencia de la de los pilotos o controladores de tránsito aéreo por cuanto éstos desempeñan actividades más rutinarias en un único lugar de trabajo, ya sea en el puesto de pilotaje ya sea en la consola ATC. Habida cuenta de estas diferencias, sería muy difícil si acaso no imposible automatizar muchas de las tareas del técnico de mantenimiento de aeronaves. Más bien, la mayor parte de la automatización relacionada con las tareas de mantenimiento consistirá probablemente en mejorar los sistemas de diagnóstico de los problemas. Asimismo cabe indicar que muy vinculados a estos sistemas de ayuda para el desempeño de las tareas, figuran los sistemas de instrucción computadorizados que se examinaron en 6.4.

6.6.9 En esta sección se ha presentado un resumen de los instrumentos automatizados y avanzados que pueden servir de ayuda para el desempeño de los trabajos y que existen en la actualidad o que pronto estarán disponibles a fin de que los técnicos de mantenimiento de aeronaves realicen mejor sus tareas. Se cuenta con otros conceptos en vías de elaboración en este momento, por ejemplo los aparatos automatizados que recorrerán la estructura externa de la aeronave y procederán a la inspección de la misma para comprobar si se han producido fisuras, o si existe corrosión, y si hay remaches deteriorados u otras fallas, lo cual facilitaría notablemente la labor del inspector. También se están estudiando otras ideas para automatizar los conocimientos técnicos del ser humano. Un gran porcentaje del personal de mantenimiento de las líneas aéreas de los Estados Unidos está en edad de retirarse o pronto llegará a su jubilación. Todo este grupo posee enormes conocimientos de los métodos de mantenimiento e inspección de aeronaves, que evidentemente se perderán cuando estos individuos ya no formen parte activa del personal de las líneas aéreas. Si hubiera algún medio de conservar esa pericia, ordenarla apropiadamente y transmitirla al personal en edad de aprendizaje y menos experimentado, se conseguiría proteger la seguridad de las aeronaves, al menos desde el punto de vista de la experiencia de mantenimiento, e

incluso mejorar dicha seguridad y realizar grandes ahorros de costos y tiempo. Algunas líneas aéreas ya están explorando este concepto para ponerlo en práctica.

6.7 CONSIDERACIONES y ESTRATEGIAS RELATIVAS A LA PREVENCIÓN DE ERRORES

6.7.1 A menudo se ha dicho que no ocurre ningún accidente, por obvios que parezcan los factores causantes, que pueda considerarse como un acontecimiento aislado. Los análisis efectuados con perspectivas más amplias que se centran en las deficiencias de seguridad de los sistemas y no simplemente en los individuos, han permitido descubrir que existían deficiencias en varios eslabones del sistema aeronáutico. El taller de mantenimiento de aeronaves es uno de los eslabones y si se centra la atención en las posibles fallas de conjunto más que en los errores de los individuos, sin duda se minimizarán notablemente con el tiempo los accidentes debidos a errores humanos de mantenimiento. Considerando las variadas oportunidades de que se produzcan fallos y otras deficiencias, en el mantenimiento de aeronaves se han logrado resultados encomiables. Las lecciones aprendidas durante los últimos noventa años de historia aeronáutica se han incorporado rápidamente a los métodos de diseño de aeronaves y sistemas de mantenimiento. Sin embargo, habida cuenta de los sucesos que ocurren ocasionalmente, parece que hay bastantes posibilidades de mejorar todavía más.

6.7.2 La complejidad de los errores de mantenimiento es muy diversa y abarca desde errores tan simples como que un técnico de mantenimiento de aeronaves se olvide de apretar debidamente los tomillos con la llave dinamométrica después de colocados, hasta errores en los sistemas del avión cuya falla provoca accidentes del tipo investigado y examinado en 6.2. En los casos en que se registró una ruptura importante en el sistema de mantenimiento, no sólo se efectuó mal una determinada tarea primaria de mantenimiento sino que también hubo muchos niveles de defensa (como los discutidos en el modelo de Reason) que no cumplieron su función de protección, y finalmente se produjo una avería generalizada en el sistema de mantenimiento que en principio está ideado para ser tolerante respecto de algún posible error.

6.7.3 También puede existir un punto medio entre los dos extremos mencionados de falla individual y del sistema, a saber: errores sistémicos que cabe atribuir a alguna deficiencia en el diseño de la aeronave o en la propia gestión del proceso de mantenimiento. Cuantos se desempeñan en la esfera del mantenimiento ya han adquirido la pericia necesaria para resolver esos errores mediante nuevos diseños y cambios en los procesos. Por ejemplo, aparatos tales como indicadores, mecanismos de comunicaciones y de navegación, etc., cuya reposición no precisa efectuarse en el hangar de mantenimiento (ya que pueden remplazarse en los propios servicios de la línea aérea), se están diseñando de forma que las conexiones tanto de los sistemas eléctricos como hidráulicos sean de tamaños o formas distintas para evitar así los errores de conexión susceptibles de producirse al llevar a cabo el montaje de los repuestos mencionados. En lo que atañe a los aspectos operacionales, cabe indicar que varios departamentos de mantenimiento de aeronaves han puesto en marcha sistemas perfeccionados para asegurar que todas las tareas iniciadas en un turno determinado se notifican al siguiente turno para que éste las finalice.

6.7.4 Los errores, tales como tuercas y tomillos insuficientemente apretados, o alambres fijadores que no se instalaron, o paneles de acceso que no se sujetaron, siguen siendo causa de frustración para los diseñadores y gerentes de mantenimiento porque se trata de piezas de equipo tan simples que parece poco práctico, si acaso no imposible, proceder a un nuevo diseño de los mismos. Estos errores *tal vez no siempre* serán causa de accidentes mortales; con todo, su repercusión operacional y económica continúa siendo significativa. Ejemplo de tales errores es el caso en que un técnico de mantenimiento se olvida de apretar con la llave dinamométrica un tomillo o una tuerca que se colocó simplemente con los dedos. ¿Qué cambio cabría introducir en el modo de realizar el mantenimiento de aeronaves para evitar que se produzcan esos errores o al menos ayudar a reducir el porcentaje de errores? ¿Podrían eliminarse tal vez

todas las tuercas y tomillos de la aeronave? ¿Acaso convendría exigir una tarea de supervisión que se encargue de apretar de nuevo con llave dinamométrica todas las tuercas y tomillos de la aeronave? La respuesta es- que, independientemente de la situación y entorno económicos en que operen los fabricantes o las líneas aéreas comerciales, ninguno de esos cambios tendría grandes posibilidades de implantación. Los errores mencionados no dimanan exclusivamente de deficiencias del sistema sino que son más bien un reflejo de las limitaciones inherentes a la tecnología tanto en la esfera del diseño de aeronaves como en la esfera de los sistemas de mantenimiento. En teoría, para reducir los errores de reposición e instalación, las aeronaves tendrían que estar diseñadas con un pequeño número de componentes, en lugar de utilizar la enorme cantidad de piezas que se calcula hoy en tres o cuatro millones de componentes en los grandes reactores de transporte comercial. No obstante, el hecho es que la tecnología actual utiliza en las aeronaves tuercas y alambres de sujeción. Por ello, pronto o tarde, debido a una tarea de mantenimiento mal ejecutada, habrá alguna de esas piezas que por olvido o inadvertencia no se habrá colocado en algunas de las aeronaves que salen en vuelo.[33]

6.7.5 Graeber y Marx sugieren que, a efectos de avanzar significativamente en la reducción de los errores de mantenimiento, deberían examinarse los tres temas siguientes[34] los datos de mantenimiento deberían estar organizados de forma tal que permitan el estudio de los aspectos del mantenimiento relacionados con el desempeño humano; debería colmarse la brecha que separa el medio del mantenimiento y el de la psicología en lo que atañe a la aviación; y deberían crearse métodos y útiles que ayuden a los diseñadores y gerentes de mantenimiento abordar el problema del error humano de manera más analítica.

1. Deberían organizarse los datos sobre mantenimiento de manera que se facilite el estudio de aquellos aspectos de la performance del ser humano que atañen al mantenimiento:

Una buena parte de las publicaciones que tratan de teorías sobre el error humano se centran primordialmente en la clasificación de esos errores. En la sicología del conocimiento cabe encontrar numerosos sistemas de clasificación que enumeran las series de errores, que van desde los descuidos/deslices/equivocaciones hasta los errores sucedidos por comisión u omisión, así como los errores vinculados a la falta de pericia, o atribuibles a las normas o a las deficiencias de conocimientos, e incluso los errores sistemáticos y los aleatorios. Cada una de esas posibles formas de clasificación puede aplicarse a cualquier contexto, incluyendo naturalmente

el mantenimiento de aeronaves. Aunque con estas clasificaciones se ordena lo que de otro modo tal vez se considerarían errores esporádicos, en general no se han utilizado estos tipos de clasificación en la esfera del mantenimiento de aeronaves. El problema con que se enfrentan en el "mundo real" los responsables del mantenimiento estriba en que saber qué tipo de error se ha producido sirve de poco en la práctica para encontrar las causas. Si no se vinculan en forma obvia las clasificaciones teóricas de los errores con fa gestión de mantenimiento en el mundo real y los errores consiguientes, quienes se ocupan del mantenimiento poco se beneficiarán de la diferencia semántica que existe entre descuidos, deslices y equivocaciones.

Otro método de clasificación de errores utilizado por la industria aeronáutica se centra en los factores causantes o contribuyentes. Lo ha empleado la industria aeronáutica para preparar sus estadísticas que reflejaron un elevado porcentaje de accidentes atribuibles al error humano cometido en el puesto de pilotaje. Aunque es un método apropiado cuando se trata de fallas del equipo, tiene notables limitaciones cuando se pretende aplicarlo al error humano. En 1991, Boeing llevó a cabo un estudio sobre accidentes relacionados con el mantenimiento que ocurrieron durante los diez años anteriores. Después de revisar los datos disponibles, los factores contribuyentes a accidentes se distribuyeron entre siete amplias categorías de factores que repercuten en la performance, según se reseñan a continuación:

- tareas y procedimientos;
- instrucción y calificaciones;
- ambiente/lugar de trabajo;
- comunicaciones;
- herramientas y equipos de ensayo;
- diseño de las aeronaves; y
- organización y gestión.

Con el fin de evitar toda designación de culpables, el técnico de mantenimiento deliberadamente fue excluido de la clasificación arriba indicada. El resultado final, sin embargo, fue una lista de causas subjetivas que se incluyeron en una o varias de esas siete categorías atinentes a la performance. Así pues, buscar "culpables" se convirtió en un elemento indeseable, pero inevitable, de cada accidente. Dos asuntos de importancia surgieron de ese análisis, a saber:

a) ¿Es posible controlar determinadas parcialidades que probablemente tengan los expertos analistas al llevar a cabo la investigación, por razones de su experiencia, instrucción o pericia? Por ejemplo, ¿será más fácil para un instructor de mantenimiento considerar que la instrucción es la deficiencia probable que contribuyó a un accidente o incidente?

b) ¿Verían con agrado los responsables del mantenimiento aquellos estudios que se basan excesivamente en las evaluaciones subjetivas?

Los dos aspectos que acabamos de mencionar indican la necesidad de mejorar las técnicas de recopilación e investigación de los datos sobre la performance del ser humano, a fin de proporcionar un marco observable, minimizar las evaluaciones subjetivas, y conseguir que los diseñadores de aeronaves y los gerentes de mantenimiento entiendan y respalden dichas técnicas.

6.7.6 La respuesta a la primera de esas cuestiones ha sido ampliamente discutida en el Capítulo 2 así como en la Parte 2, Capítulo 4. A menudo parece que las investigaciones sobre la performance del ser humano siempre acaban por culpar a los individuos' involucrados, aludiendo a prácticas laborales descuidadas y poco profesionales. Tradicionalmente, durante las investigaciones de accidentes, la búsqueda de causas acaba cuando pueden explicarse todas las condiciones relativas a un accidente mediante sucesos o actos de carácter anormal, pero que son conocidos por todos o que al menos son familiares para todos. Si falla un componente de la aeronave, la avería del componente se aceptará como causa primordial siempre que los mecanismos explicativos de la falla parezcan "normales". El investigador por su parte está bien familiarizado con el error humano puesto que según dice la conocida expresión: "errar es humano". Por ello, la investigación frecuentemente acaba cuando se identifica a la persona que cometió el error.

6.7.7 En la Parte 2, Capítulo 4, se propone un método para mejorar las investigaciones sobre la performance del ser humano y eliminar todos aquellos juicios prematuros que culpan al operador humano. Aunque !lo se trata de exonerar a los individuos de la responsabilidad que les incumba por sus equivocaciones, el método expuesto en este manual apunta a lo siguiente: se promovería la seguridad del sistema si se prestara más atención a los elementos del sistema que son gestionables. A menudo lo más

difícil de comprender es cuál es la perspectiva del personal, qué piensa y el modo en que su mente funciona cuando se efectúan las tareas de mantenimiento —lo cual también puede aplicarse al personal operacional. Así pues, para que los análisis ayuden a mejorar el sistema, es preciso investigar los errores de mantenimiento desde un punto de vista amplio, que no se limite simplemente a atribuir los errores a los técnicos de mantenimiento involucrados y que vaya más allá de una evaluación subjetiva de las deficiencias. Hay que buscar entre los hechos comunes de los accidentes, incidentes y acontecimientos, todos aquellos aspectos que facilitarán el trabajo cooperativo de los distintos responsables del mantenimiento, con miras a incrementar el margen de seguridad de las normas de la totalidad del sistema.

6.7.8 El estudio de la CAA del Reino Unido que se examinó en 6.2, donde se reseñan los siete problemas de mantenimiento máximos por orden sucesivo de ejecución, presenta un método que atañe al proceso de mantenimiento o a las tareas observables y no a los errores humanos concretos o a los factores causantes. Así, por ejemplo, en los niveles más elevados de procesos de mantenimiento podemos identificar errores que cabe vincular a los siguientes aspectos:

- quitar los equipos;
- instalar los equipos;
- inspeccionar;
- encontrar/determinar las fallas;
- reparar; y
- proceder al servicio de los equipos.

6.7.9 Las clasificaciones de los errores de mantenimiento basados en los procesos o en las tareas pueden reportar beneficios tangibles a corto plazo. Por ejemplo, la falla estructural que sufrió el Boeing 737 de la compañía Aloha el año 1987 permitió comprender mejor los factores humanos vinculados con la inspección visual de las estructuras.[36] A raíz de ello, la Administración federal de aviación de los Estados Unidos ha dedicado una buena parte de sus fondos de investigación sobre factores humanos en la esfera del mantenimiento al estudio de temas relativos a la inspección visual.

6.7.10 Un examen más detallado de este método en el contexto de los análisis de clasificación del error humano cuando se trata de localizar las averías de los motores de las aeronaves, ha demostrado ser de provecho para el diseño de los sistemas de instrucción sobre mantenimiento.[37] En el caso del accidente del Boeing 737 de la empresa Aloha, los errores se clasificaron con arreglo a ciertos procesos de tratamiento de la información pertinente a cada una de las tareas de localización de averías. Las categorías básicas de clasificación fueron las siguientes: observaciones sobre el estado de los sistemas, selección de las posibles hipótesis, selección de los procedimientos y ejecución de los procedimientos.

6.7.11 Este proceso de clasificación basada en las tareas evita las dificultades que dimanan de adoptar el método atinente a los factores causantes o contribuyentes, antes mencionado. Con este sistema de clasificación hay menos "culpables" que con los métodos anteriores también examinados. La mayor parte de las personas considerarán que este tipo de análisis, en lugar de tomar medidas defensivas, presenta simplemente los hechos y señala el modo de mejorar el sistema y los procedimientos.

6.7.12 Además de clasificar los errores también cabe clasificar las *estrategias de prevención.* La clasificación de estrategias es importante porque ayuda a destacar los distintos instrumentos o herramientas que pueden utilizar los fabricantes y gerentes de mantenimiento para encarar el error

humano en sus distintas esferas. En este sentido se proponen tres clases de estrategias para enfrentarse al error humano en la esfera del mantenimiento de aeronaves. Cada una de dichas clases se define en términos de metodología empleada para controlar el error, a saber:

a) **Reducción de errores**. Las estrategias de reducción de errores tienen por finalidad intervenir directamente en la fuente del error propiamente dicho. Cabe citar como ejemplos de estrategia un mejor acceso a los componentes de las aeronaves, una mayor iluminación del lugar donde se realizan las tareas, y una instrucción más avanzada de los técnicos de mantenimiento. La mayoría de las estrategias de gestión de los errores que se utilizan en el mantenimiento de aeronaves se sitúan dentro de esta categoría.

b) **Captación de errores**. Captar el error supone que se cometa algún error. Se trata pues de "captar" el error antes de que salga la aeronave. Ejemplos de estrategia de captación de errores son la inspección de las tareas, las medidas de verificación de las tareas en sus distintas etapas, y los ensayos funcionales y operacionales después de efectuada la tarea.

c) **Tolerancia de errores**. La tolerancia de errores se refiere a la capacidad del sistema para aceptar un error sin que ocurran consecuencias catastróficas (ni siquiera graves). En el caso del mantenimiento de aeronaves, tolerancia de errores puede referirse tanto al diseño de la aeronave como al diseño de los sistemas de mantenimiento. Son ejemplos al respecto los sistemas múltiples ya sea hidráulicos o eléctricos con que cuentan las aeronaves (de modo que un único error humano sólo pueda averiar uno de los sistemas) y también los programas de inspección estructural que prevén supervisiones repetidas para detectar cualquier fisura debida a la fatiga antes de que se menoscabe la resistencia estructural.

6.7.13 De estas tres clases de estrategias de prevención, solamente la estrategia de reducción de errores ataca directamente el error como tal. Las estrategias de captación de errores y de tolerancia de errores están más bien vinculadas, aunque directamente, con la integridad del sistema. Si se considera en términos de seguridad del sistema, el error humano de mantenimiento no ocasiona ni directa ni indirectamente problemas de seguridad para la aeronave. Esta es una afirmación paradigmática incontestable, salvo que llegue el día en que los técnicos efectúen el mantenimiento durante el vuelo. Así pues, la preocupación siempre será evitar que *despeguen* aeronaves con algún problema de mantenimiento.

2. Debería procurarse acercar las esferas de mantenimiento y sicología aeronáutica:

Durante los últimos 15 años, los pilotos y sicólogos que trabajan en la industria aeronáutica han acercado cada vez más sus ideas. Se ha logrado avanzar notablemente en materia de factores humanos relacionados con el puesto de pilotaje, conjugando los conocimientos interdisciplinarios de pilotos, ingenieros y sicólogos. Conceptos tales como error en el modo de actuación y en la gestión de la tripulación han pasado a ser elementos comunes básicos de discusión y colaboración entre los sicólogos y el personal operacional, a fin de mejorar la seguridad del sistema.

No obstante, si bien con algunas excepciones, los diseñadores de aeronaves, los fabricantes, los técnicos de mantenimiento y los sicólogos todavía viven en mundos distintos. Si consideramos el ejemplo del detector y microplaqueta de la aeronave L-1011 que se reseñó anteriormente, nos podemos preguntar si los sicólogos habrían conseguido identificar mejores estrategias de intervención que las llevadas a cabo por el propio explotador. En el Capítulo 2 se señala que muchos de los esfuerzos desplegados en materia de factores humanos hasta la fecha, especialmente en la aviación, se han dedicado a mejorar la interfaz ser humano-sistema más inmediata. La

reducción de errores es punto central de las actividades sobre factores humanos. La falla del detector y microplaqueta fue uno de los errores que cabe cometer con relativa facilidad y que en general afectan a componentes de la aeronave bastante sencillos y que no se reponen frecuentemente. En el Capítulo 2 se afirma que la estrategia más productiva para hacer frente a los errores activos consiste en controlar las consecuencias de los posibles errores y no en tratar de eliminarlos.

En su labor de reducir los accidentes causados por razones de mantenimiento, los sicólogos deben examinar los aspectos que trascienden la interfaz ser humano- máquina a nivel individual y adoptar un método de análisis de sistemas que estudie el conjunto. Por ejemplo, hay dos etapas principales en los análisis de errores: La primera etapa, "análisis de los factores contribuyentes", se ocupa de entender las razones por las que ocurrió el error. Por ejemplo, se trata de determinar por qué el técnico de mantenimiento de aeronaves se olvidó de apretar con la llave dinamométrica los tomillos que se habían colocado solamente con los dedos y estudiar este punto desde la perspectiva tradicional de análisis behaviorista/del conocimiento. La segunda etapa principal, "análisis de las estrategias de intervención", se ocupa de identificar qué cambios deberían efectuarse en las aeronaves o en el sistema de mantenimiento para encarar debidamente los errores de mantenimiento.

6.7.4 La elaboración de estrategias preventivas de los errores de mantenimiento exige pericia que a menudo supera las esferas de trabajo del ingeniero o del sicólogo experto en factores humanos. Asimismo, la elaboración de estrategias de intervención específicas requiere comprender las limitaciones del sistema, los aspectos cruciales inherentes al error y las discordancias resultantes, y los métodos de gestión de errores exclusivos a la esfera del mantenimiento de aeronaves.

3. Deberían desarrollarse métodos y herramientas que ayuden a los diseñadores y gerentes de mantenimiento de aeronaves a tratar la cuestión de los errores humanos en forma más analítica:

Desde el principio de la aviación, todo el personal de mantenimiento ha contribuido en forma constante a mejorar la seguridad y la eficacia de las operaciones de vuelo. Este objetivo se ha logrado mayormente sin ayuda de esferas de conocimiento "ajenas", tales como la sicología. El diseño de la interfaz humana con un sistema de mantenimiento complejo es tarea que requiere gran discernimiento analítico y conocimientos apropiados sobre la capacidad cognitiva del ser humano, que rebasan incluso la experiencia adquirida a lo largo de los años por un ingeniero de mantenimiento. Aun así, y a medida que los especialistas en factores humanos participan cada vez más en los análisis de los errores de mantenimiento, no debe olvidarse que la mayoría de los análisis y tareas de gestión de errores actuales y presumiblemente futuras corren a cargo de los diseñadores de aeronaves, diseñadores de manuales, instructores de mantenimiento y gerentes de mantenimiento. Así pues, todo el personal de mantenimiento debe explorar las posibles fuentes de apoyo externo e interdisciplinario, que proporcionarán acaso los recursos necesarios para ayudar a comprender las capacidades y limitaciones inherentes a las tareas del técnico de mantenimiento de aeronaves. Las fuentes externas de recursos deberían centrarse en el desarrollo de métodos e instrumentos sólidos que puedan emplearse tanto en el diseño como en el campo operacional. Si se cuenta con mejores métodos e instrumentos, se alcanzará el objetivo de mejorar la gestión de errores más rápida y sistemáticamente.

6.7.15 La investigación de los factores humanos en relación con los accidentes ha demostrado claramente que la resolución de las deficiencias sistémicas o de organización *(fallas latentes)* y no el prestar simplemente atención a los errores de los individuos *(fallas activas),* contribuirá positivamente a minimizar en forma significativa los casos de errores humanos. Comprendiendo la veracidad de lo

antedicho, muchos organismos de seguridad han destacado más los factores de organización y culturales tanto cuando se consideran causas de accidentes como cuando se consideran factores preventivos de accidentes. Si se entienden mejor esos factores se comprenderá también mejor el error humano en el contexto de organización. En el Capítulo 2 se afirma que los conocimientos adquiridos para entender los factores de gestión y organización, considerados desde el punto de vista causal o preventivo, podrán utilizarse con éxito para los retos futuros que planteará el objetivo de minimizar los errores humanos en la industria del transporte aéreo.

BIBLIOGRAFÍA

Air Transport Association (1989). "ATA Specification 104 Guidelines for Aircraft Maintenance Training". Washington, D.C.: Air Transport Association.

Aviation Industry Computer Based Training Committee (1989). A]CC Matríx Committee. "CBT Courseware/Hardware Matrix" (Report AGR 001, 22 de diciembre de 1989). Washington: GMA Research Corporation.

Aviation Safety Research Act of 1988, PL 100-591, 102 Stat. 3011 (1988).

Baker, B. y A. Schafer. "Industrial Hygiene in Air Carrier Operations". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and]inspection - The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Bamett, M.L. (1987). *Factors in the Investigation of Human Error in Accident Causation.* Collage Of. Marítima Estudies. Farsas, Southampton, Reino Unido.

Campbell, R.J. "Measurement of Workforce Productivity". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Campion, M.A. "Job Design and Productivity". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

DeHart, R.L. "Physical Stressors in the Workplace". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Drury, C.G. (1991). "Errors in Aviation Maintenance: Taxonomy and Control". Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting. San Francisco, California.

Drury, C.G. "The .Information Environment in Aircraft Inspection". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection - Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington, D.C.

Drury, C.G. y A. Gramopadhye. "Training for Visual Inspection". Proceedings of the Third Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection --' Training Issues. Noviembre de 1990. Washington, D.C.

Embrey, D. (1975). *Training the lnspectors' Sensitivity and Response Strategy.* En Drury, C.G. y J.G. Fox (Eds.), *Human Reliability in Quality Control,* págs. 123-132, Londres: Taylor & Francis.

Federal Aviation Administration. "The National Plan for Aviation Human Factors". Washington, D.C.

GalIwey, T.J. (1982). "Selection Tests for Visual Inspection on a Multiple Fault-TypeTask". *Ergonomics,* 25.1 1, págs. 1077- 1092.

Glushko, R. "CD-ROM and Hypennedia for Maintenance Information". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington, D.C.

Goldsby, R.P. "Effects of Automation in Maintenance". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Gregory, W. (1993). "Maintainability by Design". Proceedings of the Fifth Annual Society of Automotive Engineers Reliability, Maintainability, and Supportability Workshop. DalIas, Texas.

Hackman, J .R. (1990). *Groups that Work.* San Francisco: Jossey-Bass.

Harle, J. "Industry and School Cooperation for Maintenance Training". Proceedings of the Fourth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Aviation Maintenance Technician. Junio de 1991. Washington, D.C.

HolInagel, E. *Human Reliability Analysis -Context and Control.* Academic Press. San Diego, California. 1993.

IES (1987). *IES Lighting Handbook -Application Volume.* New York: Illuminating Engineering Society.

IES (1984). *IES Lighting Handbook-Reference Volume*. New York: Illuminating Engineering Society.

Inaba, K. "Converting Technical Publications into Maintenance Performance Aids". Proceedings of The Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington,D.C.

Johnson, R. "An n Integrated Maintenance Information System (IMIS): An Update". Proceedings of The Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington,D.C.

Johnson, W.B. (1987). *Development and Evaluation of Simulation-Oriented Computer-Based Instruction for Diagnostic Training.* In W.B. Rouse (Ed.), *Advances in Man- Machine Systems Research,* Vol. 3 (págs. 99-127). Greenwich, Connecticut: JAI Press, Inc.

Johnson, W.B. y J.E. Norton. (1992). *Modelling Student Performance in Diagnostic Tasks: a Decade of Evolution*.

Johnson, W.B. y W.B. Rouse (1982). *Analysis and Classification of Human Errors in Troubleshooting Live Aircraft Power P/ants.* IEEE. Transactions on Systems, Man and Cybemetics.

Kizer, C. "Major Air Carrier Perspective". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection - Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington, D.C.

Majoros, A. "Human Factors Issues in Manufacturers' Maintenance -Related Communication". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection. Mayo de 1990. Washington, D.C.

Marx, D.A. (1992). "Looking towards 2000: The Evolution of Human Factors in Maintenance". Proceedings of the Sixth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection. Alexandria, Virginia.

Marx, D.A. y R.C. Graeber (1993). *Human Error in Aircraft Maintenance.* Boeing Commercial Airplane Group. Seattle, Washington.

Mayr, J. "Composites in the Workplace -Some Lessons Leamed". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and 1nspection - The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Peters, R. "State and Aviation Industry Training Cooperation". Proceedings of the Fourth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection - The Aviation Maintenance Technician. Junio de 1991. Washington, D.C.

Rasmussen, J. y K.J. Vicente. (1989). "Coping with Human Errors through System Design: Implications for Ecological Interface Design". *Internacional Journal of Man Machine Studies,* 31, 517-534.

Reason, J. (1990). *A Framework for Classifying Errors.* En J. Rasmussen, K. Duncan y J. Leplat (Eds.),New *Technology and Human Error.* Londres: John Wiley.

Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press, Reino Unido.

Rogers, A. (1991). "Organizational Factors in the Enhancement of Military Aviation Maintenance". Proceedings of the Fourth International Symposium on Aircraft Maintenance and Inspection (págs. 43-63). Washington, D.C. Federal Aviation Administration.

Ruffner, J.W. (1990). "A Survey of Human Factors Methodologies and Models for Improving the Maintainability of Emerging Army Aviation Systems": US Army Research Institute for the Behavioural and Social Sciences. Alexandria, Virginia.

Shepherd, W.T., W.B. Johnson, C.G. Drury y D. Beminger. "Human Factors in Aviation Maintenance Phase 1: Progress Report". FAA Office of Aviation Medicine Report AM- *91/16,1991*. Washington, D.C.

Shute, V. y W. Regian (Eds.). *Cognitive Approaches to Automated Instruction.* Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 195-216.

Skinner, M. "Aviation Maintenance Practices at British Airways". Proceedings of the Fourth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection - The Aviation Maintenance Technician. Junio de 1991. Washington, D.C.

Taggart, W. "Introducing CRM joto Maintenance Training". Proceedings of the Third Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -Training Issues. Noviembre de 1990. Washington, D.C.

Taylor, J.C. (1989). "Allies in Maintenance: The Impact of Organizational Roles on Maintenance Programs". Proceedings of the Second Annual International Conference on Aging Aircraft (págs. 221-225). Washington, D.C. Federal Aviation Administration.

Taylor, J.C. "Facilitation of Information Exchange Among Organizational Units Within Industry". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Maintenance and Inspection -Information Exchange and Communication. Mayo de 1990. Washington, D.C.

Taylor, J.C. "Organizational Context in Aviation Maintenance- Some Preliminary Findings". Proceedings of the Third Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -Training Issues. Noviembre de 1990. Washington, D.C.

Tepas, D.I. "Factors Affecting Shift Workers". Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection -The Work Environment in Aviation Maintenance. Enero de 1992. Washington, D.C.

Thackray, R.I. (1992). "Human Factors Evaluation of the Work Environment of Operators Engaged in the Inspection .and Repair of Aging Aircraft" (Report No. *DOT/FAAI AM-92/3).* Washington, D.C. Federal Aviation Administration.

United States Congress Office of TechnoIogy Assessment (1988). "Safe Skies for Tomorrow: Aviation Safety in a Competitive Environment" (OTA-SET -381). Washington, D.C. U.S. Government Printing Office.

Wiener, E.L. (1975). *Individual and Group Differences in Inspection.* En Drury, C.G. (Ed.), *Human Reliability in Quality Control,* págs. 19-30. Londres: Taylor & Francis.

Wiener, E. "Vigilance and Inspection Performance". Proceedings of the First Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection. Octubre de 1989. Washington, D.C.

Woods, 0.0. (1989). *Coping with complexity: The Psychology of Human Behaviour in Complex Systems.* En Goodstein, L.P., H.B. Anderson y S.E. Olsen (Eds.), *Tasks, Errors and Mental Models,* Londres: Taylor y Francis, 128-148.

PARTE 2

PROGRAMAS DE INSTRUCCIÓN PARA EL PERSONAL OPERACIONAL

CAPÍTULO 1
PROGRAMAS DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA EL PERSONAL OPERACIONAL

INTRODUCCIÓN

1.1.1 Aunque la falla humana es el factor predominante que contribuye a los accidentes e incidentes aéreos, nunca ha quedado bien claro que aspectos de las capacidades y limitaciones humanas deberían o podrían tenerse en cuenta en la instrucción. Por otro lado, desde hace algunos años ha quedado establecido que la educación e instrucción en materia de factores humanos dentro del sistema aeronáutico podría mejorar. La finalidad de este capítulo es presentar y examinar la concepción y el contenido de los cursos de instrucción en materia de factores humanos en la aviación. Está dirigido a los que tienen la responsabilidad de preparar y poner en práctica cursos de instrucción sobre el desempeño humano para el personal operacional y comprende lo siguiente:

a) esbozo de programas de estudios de la OACI para la instrucción sobre el desempeño humano para pilotos, controladores de tránsito aéreo y técnicos de mantenimiento;

b) un breve comentario sobre los diversos problema relacionados con la iniciación de la instrucción sobre el desempeño humano en la aviación;

c) información para los Estados, institutos de formación e instructores para ayudarlos en la preparación de programas de estudios y textos de instrucción apropiados:

d) un análisis de las cuestiones que se plantean al considerar el contenido y la presentación de la instrucción sobre el desempeño humano; y

e) ejemplos de cursos sobre el desempeño humano que se utilizan actualmente o que se están elaborando.

1.1.2 Han influido en la producción de este capítulo y de buena parte de su contenido, los cambios al Anexo I de la OACI - *Licencias al personal*, que se hicieron aplicables a partir de noviembre de 1959 y al Anexo 6. Parte I - *Operación de aeronaves* que se hicieron aplicables a partir de noviembre de 1995. Dichos cambios están relacionados con los requisitos para la instrucción sobre el desempeño humano en lo que respecta al otorgamiento de licencias al personal operacional; su importancia se analiza en 1.1.1. No obstante, el enfoque adoptado en este capítulo prevé que la formación en desempeño humano seguirá desarrollándose de modo continuo durante los próximos años y, por lo tanto, trata del asunto de un modo que trasciende la interpretación estrecha de las necesidades de instrucción dimanantes de la revisión de los Anexos.

1.1.3 En la Parte I, Capítulos 1 y 2, se esboza el enfoque de la OACI en materia de factores humanos. El presente capítulo, que se basa en el contenido de la Parte 1, tiene como centro de su interés principal la instrucción del piloto y del controlador de tránsito aéreo pero debería ser igualmente útil al considerarse las necesidades de otro personal operacional, incluidos los técnicos de mantenimiento y los despachadores de vuelo. En la Parte 2. Capítulo - Instrucción de la tripulación de vuelo: *Instrucción sobre gestión de los recursos de tripulación (CRM)* de este manual, figura información adicional relativa a la instrucción de algunos aspectos concretos de los factores humanos. Este capítulo esta dirigido principalmente a responder a las necesidades en materia de conocimientos sobre el desempeño humano especificados en el Anexo I y en el Anexo 6, Parte 1.

1.1.4 Este capítulo:

—presenta el tema de factores humanos en el contexto de los requisitos de instrucción del personal operacional de acuerdo al Anexo 1;

—proporciona un ejemplo de programa sobre el desempeño humano que convendría que los Estados y establecimientos de instrucción consultaran al redactor sus propios cursos de instrucción. La instrucción que se analiza en este capítulo no tiene el propósito de remplazar a la destinada a mejorar la habilidad operacional en factores humanos, como por ejemplo la instrucción relativa a la toma de decisiones del piloto (PDM) y a la de gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM). En cambio, el programa de estudios de la OACI complementa dicha instrucción basada en la habilidad y. dada que trata de modo especial del conocimiento, debería, de preferencia precederlo;

—proporciona los fundamentos y la información básica que convendría que los Estados interesados tuvieran en cuenta al seleccionar los instructores y al formular y poner en práctica sus propios cursos de instrucción;

—proporciona ejemplos de programas de estudios actualmente en uso o en desarrollo;

—proporciona una versión simplificada y condensada de la parte principal del capítulo, destinada a utilizarse como lista de referencia para verificación rápida; y

— proporciona un ejemplo de cómo verificar los conocimientos en materia de desempeño humano a través de un modelo de cuestionario.

1.1.5 Como consecuencia de los cambios en el Anexo 1, la instrucción sobre el desempeño humano para el personal operacional actualmente es objeto de un rápido desarrollo. Parece ser que existe un consenso generalizado sobre el contenido de los cursos de instrucción apropiados, con una firme evolución en la materia de instrucción y en los métodos previstos. De modo especial, se prevé que surgirán diversas innovaciones, particularmente en lo que respecta a la enseñanza de la habilidad en factores humanos. Según corresponda, se considerara la posibilidad de revisar oportunamente este capítulo en función de dicha información.

1.1.6 Este capítulo está redactado para ofrecer la máxima asistencia posible a las personas que tienen la responsabilidad de la instrucción sobre el desempeño humano, independientemente de sus funciones. Debido a que las necesidades de las administraciones, de los explotadores, de los establecimientos de instrucción y de los instructores pueden variar ampliamente dentro de un Estado, o de un Estado a otro, el contenido de este capitulo debería, con todo, interpretarse teniendo esto en cuenta.

1.2 INSTRUCCIÓN DE FACTORES HUMANOS PARA EL PERSONAL OPERACIONAL: INTRODUCCIÓN Y RESEÑA

Antecedentes y justificación

1.2.1 Fuera del notable efecto de las limitaciones del desempeño humano sobre la seguridad de la aviación, una razón importante para la preparación de este capítulo en particular fue la publicación de la octava edición del Anexo 1—*Licencias al personal,* que fue aplicable a partir de noviembre de 1989, y la sexta edición del Anexo 6, Parte I—*Operación de aeronaves* es, que fue aplicable a partir de noviembre

de 1995. Estos Anexos tienen un nuevo requisito de conocimiento de factores humanos para cada categoría de licencia de tripulación de vuelo, a saber:

"….desempeño humano correspondiente a la [licencia a otorgar o a la función a desempeñar]".

Este requisito de conocimientos tiene la misma categoría que el conocimiento necesario en lo que atañe a meteorología, navegación, principios de vuelo o cualquier otro elemento del tradicional programa de estudios para la instrucción de pilotos. Necesita por lo tanto la elaboración de un programa de instrucción apropiado y la incorporación de los nuevos conceptos docentes en el programa de instrucción de pilotos.

1.2.2 Además, los requisitos de los Anexos 1 y 6, Parte 1, para la demostración de la pericia se han aumentado de modo que exige una mayor atención a ciertos elementos del desempeño humano. Un ejemplo de estos cambios es el requisito de que el titular de una licencia de piloto de transporte de línea aérea:

> "... haya demostrado su capacidad para ...
>
> …..
>
> c) demostrar buen juicio y aptitud para el vuelo;
>
> f) comprender y aplicar los procedimientos de coordinación de la tripulación y para el caso de incapacitación de algunos de sus miembros; y
>
> g) comunicar de manera eficaz con los demás miembros de la tripulación de vuelo."

Cada una de estas disposiciones del Anexo entrar la algún elemento de factores humanos, lo cual implica la necesidad de formación y conocimientos de los antecedentes, así como el desarrollo de la pericia necesaria para su aplicación.

1.2.3 Además de los cambios que imponen el Anexo 1 y el Anexo 6, Parte 1. Los expertos en materia de factores humanos dentro de la industria aeronáutica han contribuido a que haya un impulso adicional para estos cambios. La participación de dichos expertos en la investigación de accidentes e incidentes ha aumentado constantemente. Además del efecto inmediato de los resultados que se han publicado, dichos expertos han desempeñado un importante papel en la determinación de posibles soluciones a diversas deficiencias en materia de seguridad e instrucción relacionadas con los factores humanos.

1.2.4 La publicación de la octava edición del Anexo 1 y de la sexta edición del Anexo 6, Parte 1, confirma el creciente consenso internacional de que la instrucción de factores humanos en la aviación constituye una necesidad. Este capítulo es una respuesta a la necesidad consiguiente de textos de instrucción.

1.3 LA SITUACIÓN ANTERIOR

1.3.1 Mientras el ser humano sea parte integrante del sistema aeronáutico, las capacidades y limitaciones humanas influirán en la seguridad. Dado el papel predominante del ser humano en los accidentes, no es sorprendente que en los informes de accidentes y otras publicaciones figuren de manera claramente manifiesta las consecuencias de algunas deficiencias humanas. los requisitos de otorgamiento de licencias internacionales, el diseño del equipo, la instrucción y los procedimientos operacionales y la investigación de accidentes e incidentes son algunos de esos elementos del sistema aeronáutico que han cambiado constantemente como resultado de dicha experiencia.

1.3.2 No obstante, el cambio ha sido lento y fragmentario. Dentro de la comunidad aeronáutica hay opiniones dispares en materia de factores humanos. Las limitaciones del estado actual de nuestros conocimientos sobre el carácter de las capacidades y limitaciones humanas en la aviación ha tenido por resultado un enfoque un tanto incoherente e incompleto de la instrucción de factores humanos en el pasado.

1.3.3 Con respecto a la formación del personal operacional existe, análogamente, una diversidad de estrategias en respuesta a los problemas de factores humanos. Estas estrategias varían desde cursos especiales en factores humanos destinados exclusivamente al conocimiento de datos, hasta una instrucción centrada exclusivamente en el desarrollo de pericias específicas, como, por ejemplo, comunicaciones, coordinación de la tripulación, gestión de los recursos y toma de decisiones.

1.3.4 Dichas soluciones tienen un carácter limitado por aplicarse sólo de manera parcial, así como por una falta de coordinación tanto nacional como internacional. Recientes innovaciones dentro de los Estados contratantes han dada lugar a la publicación de circulares de asesoramiento de la FAA en materia de gestión de los recursos de tripulación. De manera similar, se han instituido igualmente programas nacionales sobre la toma de decisiones por parte de los pilotos y la gestión de riesgos. Éstas son algunas de las pocas iniciativas nacionales en materia de seguridad que han tratado de la necesidad de una respuesta uniforme a un aspecto identificado del desempeño humano dentro del sistema aeronáutico.

1.4 PUNTOS SALIENTES DE LAS CUESTIONES DE FACTORES HUMANOS

1.4.1 En los siguientes párrafos se destacan varias consideraciones generales en materia de factores humanos, cuyo propósito fundamental es la presentación del concepto de factores humanos a las lecturas que no disponen de la Parte I de este manual, el cual en principio, convendría leer antes de formular cualquier curso de instrucción.

Los factores humanos: reseña general

Los factores humanos conciernen a las personas: se refieren a las personas en sus ambientes de vida y de trabajo y a sus relaciones con máquinas, equipos y procedimientos. Igualmente importante, tratan de sus relaciones con otras personas. Dichos factores entrañan el comportamiento general de los seres humanos dentro del ámbito de la aviación; los factores humanos tratan de llevar a su óptima expresión el comportamiento de las personas mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integrada a menudo dentro del marco de la estructuración del sistema. Puede considerarse que sus dos objetivos son la seguridad y la eficiencia.

1.4.3 Los factores humanos constituyen esencialmente un campo multidisciplinario que incluye, sin limitarse a ellos, a la sicología, ingeniería, fisiología, sociología y antropometría (véase la Figura 1-1). Es, en efecto, ese carácter multidisciplinario y las superposiciones lo que hace difícil ofrecer una definición completa de los factores humanos.

1.4.4 Los factores humanos afectan a diversos aspectos del sistema aeronáutico. Los mismos incluyen el comportamiento y desempeño humanos; la toma de decisiones y otros procedimientos cognoscitivos; el diseño de mandos y presentaciones; la disposición general del puesto de pilotaje y de la cabina; los aspectos relativas a las comunicaciones y al soporte lógico de las computadoras; los mapas, cartas y documentación; así como también el perfeccionamiento en la formación. Cada uno de estos aspectos exige un desempeño humano capacitado y eficaz.

Disciplina	Definición	Esfera especifica de interés	Campo típico de aplicación
Psicología	La ciencia de la mente y el comportamiento	Características sensorias, normas perceptivas, principios de aprendizaje, tramitación de la información, motivación, emoción, métodos de investigación, aptitudes psicomotoras, errores humanos.	Requisitos y proyecto de presentaciones, proyecto de sistemas de control, asignación de funciones, requisitos y métodos para sistema de instrucción, efectos de la tensión emocional y ambiental sobre el rendimiento, requisitos de simulación.
Ingeniería	Aplicación de las propiedades de la materia y de las fuentes de energía de la naturaleza a la utilización por parte del ser humano.	Concepción de aspectos hidráulicos, mecánicos, estructurales y aerodinámicos, análisis de sistemas, simulación, óptica.	Proyecto de presentaciones, diseño de mandos, de sistemas de control, de sistemas complejos, de sistemas ópticos, de simuladores.
Fisiología humana	Trata de los procedimientos, actividades y fenómenos característicos de la materia viviente, especialmente apropiados a las funciones normales o saludables.	Aspectos estructurales y químicos de células, de los órganos, interacción de los diversos componentes del cuerpo para promover salud y funciones, funciones y necesidades de los sistemas corporales.	Sistemas ambientales, dieta y nutrición, efectos de los factores ambientales (calor, frío, hipoxia), establecimiento de requisitos ambientales.
Medicina	La ciencia y el arte de prevenir, aliviar o curar las enfermedades y las lesiones	Efectos de las diversas fuerzas; agentes de radiación, químicos y patógenos; métodos preventivos apropiados para proteger la salud y el bienestar.	Toxicología del fumar, agentes químicos, protección de impacto, mantenimiento de la salud.
Sociología	El estudio del desarrollo, estructura, y funcionamiento de los grupos humanos.	Grupos grandes y pequeños de "equipos", composición de la tripulación, comportamiento de los pasajeros en situaciones de emergencia.	Selección de la tripulación, seguridad de los pasajeros
Antropometría	Estudio del tamaño de los cuerpos humanos y de la fuerza de los músculos.	Anatomía, biodinámica, quinesiología.	Equipo terrestre de apoyo, tamafio de la puerta de acceso para mantenimiento, disposición general del puesto de trabajo (alcance, régimen de ajuste de asientos, etc.)

Figura 1.-1 Disciplinas frecuentemente involucradas en las actividades relativas a factores humanos

** Otras disciplinas que cuentan con represeníantes activamente dedicados a actividades relativas a factores humanos incluyen educación, fisica, bioquímica, matemáticas, biología, diseño industrial e investigación en materia de operaciones.*

1.4.5 Dado el hincapié que se hace actualmente en las ciencias sociales dentro de los factores humanos debería recordarse que la medicine y la fisiología se encuentran en muchas otras fuentes importantes del conocimiento en materia de factores humanos. Así, por ejemplo, la antropometría y la biomecánica, que entrañan las medidas y movimientos del cuerpo humano, son pertinentes a la estructura del lugar de trabajo y a los equipos que allí hay; análogamente, la biología y su subdisciplina, la cronobiología, son necesarias para llegar a una comprensión de aquellos ritmos biológicos que influyen en el comportamiento humano.

1.4.6 A pesar de las fuentes académicas de información sobre las diversas disciplinas relativas a los factores humanos, los factores humanos en la aviación se encuentran orientados principalmente hacia la solución de problema prácticos del mundo real. Como concepto, su relación con las ciencias humanas bien podría asemejarse a las que hay entre la ingeniería y las ciencias físicas y, justamente, así como la tecnología enlaza las ciencias físicas con diversas aplicaciones de la ingeniería. Existe también un creciente número de técnicas o métodos integrados en materia de factores humanos: estas diversas técnicas en vías de elaboración pueden aplicarse a problema tan variados como la investigación de accidentes y la formación óptima de los pilotos

Accidentes e incidentes

1.4.7 El error humano es, por encima de todas, la causa más persistente de accidentes e incidentes en sistemas tecnológicamente complejos como lo es el transporte aéreo, y los estudios indican que entre el 80 y el 90% de todos los accidentes de aviación se pueden atribuir al error humano de una u otra forma. Una importante base de datos sobre accidentes de aviones de transporte en todo el mundo indica que el 65% de todos ellos se ha imputado a errores de la tripulación de vuelo. También indica que en las fases de aproximación y aterrizaje del vuelo, que representan el 4% del tiempo total de exposición de vuelo y el 49% de los accidentes, se citan errores de la tripulación de vuelo en el 80% de los casos como factor causante. Otras fuentes de error humano, que incluyen el mantenimiento, despacho y, significativamente, el control de tránsito aéreo, representan otra proporción importante de accidentes. Recientemente, el estudio del error humano se ha ampliado de modo de incluir la influencia del desempeño del personal principal de gerencia superior en la seguridad operacional de la aviación.

1.4.8 En términos trágicos de pérdida de vidas humanas, estos accidentes han sido causantes de muchas muertes. Debe tenerse en cuenta, también, que los accidentes de aviones comerciales de transporte representan tan sólo una pequeña parte del total; cada año sólo en la aviación general se producen numerosas muertes. Los estudios han demostrado que el desempeño humano puede citarse como causa en casi el 90% de dichos accidentes. Por lo que queda bien en evidencia que el comportamiento humano es la cuestión crítica y constante que confrontan los responsables del diseño, operaciones y supervisión de nuestro sistema aeronáutico. Es por lo tanto indispensable encontrar soluciones a estos complicados problemas de larga duración sobre factores humanos.

1.4.9 Es muy importante que todos aquellos dedicados a la operación y administración del sistema aeronáutico reconozcan que por grandes que sean la determinación y los esfuerzos para impedirlo, el error humano tendrá un efecto sobre el sistema. Ninguna persona, ya sea proyectista, mecánico de a bordo, administrador, controlador o piloto, puede desempeñarse perfectamente en todo momento. Además, lo que podría considerarse un rendimiento perfecto en ciertas circunstancias bien podría ser inaceptable en otras. Es necesario, pues, que las personas se vean como realmente son: es inútil desear que sean intrínsecamente “mejores o diferentes”, a menos que tal deseo esté respaldado por una recomendación de medidas correctivas que podría complementarse con el suministro de los medios para lograr un mejor diseño, formación, educación, experiencia, motivación, etc., a fin de influir positivamente sobre los aspectos pertinentes del comportamiento humano.

1.4.10 Se espera, por lo tanto, que el manual de la OACI sobre factores humanos se convierta en una fuente tanto de información como de medidas prácticas que han de utilizarse en los esfuerzos tendientes a mejorar la educación, la formación y las medidas correctivas en los factores humanos. El breve resumen anterior establece el contexto para un examen detallado de los factores humanos.

1.5 EL MODELO SHELL

1.5.1 Ningún análisis de los constituyentes puede capturar la esencia de los diversos procesos e interacciones que caracterizan un sistema operacional. Un objetivo de la Parte I de este manual es identificar los muchos y variados temas relativos a los factores humanos de modo de describir sus diferentes repercusiones operacionales. Era igualmente necesario encontrar el modo de describir los diversos procesos de control, intercambio de información, etc., que ocurren en la práctica. Para lograr estos objetivos. La OACI introdujo el modelo SHEL" (véase la Figura 1-2)

Figura 1-2. Modelo SHEL

1.5.2 El modelo SHEL proporciona un marco de referencia conceptual para entender los factores humanos. Ilustra los diversos constituyentes e interfaces o puntos de interacción que abarcan el tema, los elementos de los factores humanos pueden dividirse en cuatro categorías conceptuales básicas.

Soporte lógico: documentación, procedimientos, ejemplos, etc.

Soporte físico: maquinaria, equipo, etc.*Medio ambiente*: tanto interno como externo del lugar de trabajo

El ser viviente: el elemento humano

Las interacciones entre los seres vivientes y los demás elementos del modelo SHEL constituyen la esencia de los factores humanos, lo cual entraña las interfaces entre:

—el ser humano y la máquina—"Elemento humano-soporte físico"

—el ser humano y el material — "Elemento humano-soporte lógico"

—el ser humano y sus colegas— "Elemento humano-elemento humano"

—el ser humano y el medio operacional —"Elemento humano-medio ambiente"

El modelo SHEL proporciona la estructura en función de la cual se preparó y redacto el programa de estudios en 1.7. A medida que se utilice deberían también resultar evidentes las ventajas de dicho modelo en la orientación de la instrucción sobre factores humanos.

1.6 LAS CONSECUENCIAS DE LAS ENMIENDAS A LOS ANEXOS 1Y 6, PARTE I

Los requisitos de la OACI en materia de otorgamiento de licencias, instrucción sobre factores humanos suelen presentar algunos problemas para los establecimientos de instrucción, líneas aéreas v autoridades otorgadoras de licencias. En el caso de la instrucción técnica del personal operacional, por ejemplo, existe un amplio consenso internacional en cuanto a los requisitos, métodos, objetivos y contenido de cursos de la misma. Ya existen textos de orientación, los programas de materias son fáciles de desarrollar y los métodos de enseñanza están bien establecidos. No obstante, apenas está comenzando a manifestarse un consenso similar en cuanto al enfoque apropiado para la instrucción relativa a los factores humanos en aviación. Esto refleja en parte la incertidumbre que caracteriza el estado actual de nuestro conocimiento respecto al carácter de la capacidad y limitaciones humanas en aviación. Por otra parte, refleja también las diferentes opiniones en cuanto al valor práctico y a la eficacia de la instrucción especial sobre el desempeño humano.

1.6.2 Existen diferentes perspectivas a este respecto. Un problema fundamental para muchos Estados es la diferencia en los métodos internacionales en lo que atañe a la aplicación de la fisiología, la ergonomía y las ciencias sociales y del comportamiento a dicha instrucción. Otras diferencias están relacionadas con la importancia relativa acordada a la instrucción en materia de conocimientos teóricos y prácticas. las perspectivas sobre el contenido y las estrategias de instrucción pueden verse fuertemente influidas por diferentes prácticas culturales y sociales.

1.6.3 Si bien las reglamentaciones de la OACI sirven para comentar normas y métodos recomendados comunes e internacionales, sigue habiendo considerables diferencias internacionales en el cumplimiento práctica de diversos requisitos de la OACI. Por ejemplo. en algunos países el énfasis predominante de la instrucción y otorgamiento de licencias de piloto está dirigido al titular de una licencia individual, mientras que en otros el mantenimiento de las normas queda principalmente a cargo del explotador de línea aérea. En los primeros se tiende a prestar mucha atención a la instrucción y verificación de los pilotos individualmente, mientras que en los últimos son los métodos, procedimientos y operación de la industria los que reciben la mayor atención.

1.6.4 A estas perspectivas se vinculan diferentes enfoques de los problemas de la seguridad aeronáutica. Algunos especialistas se manifiestan a favor de una solución amplia y sistemática dentro de la industria para analizar y tomar las medidas correctivas, mientras que otros prefieren concentrarse en determinadas zonas problemáticas. Algunas autoridades consideran que las medidas más efectivas pueden aplicarse en el punto de diseño de las aeronaves y de los procedimientos y consideran, por lo tanto, que toda acción a nivel del personal operacional individualmente es inefectiva. Otros ven en la gerencia de la línea, dentro de la industria aeronáutica, el medio apropiado para concentrar la aplicación de los cambios. Por lo tanto, los explotadores de las líneas aéreas varían considerablemente en el énfasis práctico que asignan a los aspectos operacionales de los factores humanos.

1.6.5 En muchos países existen otros problemas que se deben a la falta de recursos adecuados, lo cual incluye a especialistas adecuadamente formados en los aspectos fisiológicos, psicológicos, ergonómicos, aeronáuticos, administrativos y jurídicos (véase también 1.12.5 por lo que respecta a la calificación y selección de instructores). Asimismo, algunas autoridades nacionales abundan en la elaboración de normas mientras que otras no lo hacen.

1.6.6 Este breve examen de las posibles fuentes de dificultades subraya las posibilidades que existen de confusión y mal entendido, tanto a nivel nacional como internacional. La incertidumbre resultante y la falta de definición han sostenido la falta de acción en esta esfera durante muchos años. No obstante, dada la necesidad de responder a las instancias de la OACI por una educación de l personal operacional en materia de performance y limitaciones humanas, tal vez la industria pueda ahora hacer alga más teniendo presente, al mismo tiempo, estas dificultades. Aunque sin lugar a dudas, habrá que tomar importantes y difíciles decisiones, la elaboración de cursos de instrucción apropiados puede ahora proseguir.

1.7 MATERIAS DE INSTRUCCION SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO: PROPUESTA DE LA OACI

Generalidades

En esta sección se indican los aspectos concretos de conocimientos a incluir en la elaboración de los programas de instrucción sobre el desempeño humano. El Anexo I dispone que el titular de la licencia tendrá que demostrar conocimientos en el desempeño humano en consonancia con el tipo y nivel de licencia (PPL, CPL, ATPL, controlador de tránsito aéreo, mecánico de mantenimiento, etc.). A fin de dar cumplimiento a este requisito deben formularse programas específicos para cada tipo y nivel de licencia. A los efectos de este documento, no obstante y a fin de no dar a esta propuesta un carácter demasiado obligatorio, se propone un único programa con carácter básico para pilotos, con diferencias en su aplicación para diferentes niveles de licencias que deberán establecerse según corresponda. También se propone un programa para controladores de tránsito aéreo.

1.8 MATERIAS DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA PILOTOS

El requisito de los conocimientos

1.8.1 El esbozo de programas de estudios que se proporciona seguidamente responde a los requisitos de instrucción para los titulares de licencias de piloto de transporte de línea aérea (ATPL); con unos pequeños ajustes puede hacerse fácilmente aplicable a la licencia de piloto comercial (CPL), a la habilitación de instructor/vuelo por instrumentos y a la licencia de piloto privado (PPL). Por ejemplo, el programa de estudios para titular de la PPL podría tratar explícitamente del buen juicio y de las decisiones del piloto. Por otro lado, el programa de estudios para las habilitaciones de ATPL e instructor/vuelo por instrumentos debería tratar de la coordinación de la tripulación, la comunicación con los otros miembros

de la tripulación/ personal, la dinámica de pequeños grupos y la gestión de la tripulación. Actualmente la pericia en estas esferas forma parte de los programas de instrucción de la gestión de los recursos de tripulación (véase el Capítulo 2).

1.8.2 Un estudio general dentro de la industria indica que aproximadamente 35 horas constituyen el tiempo requerido para presentar adecuadamente una instrucción sobre el desempeño humano análoga a la del programa de materias propuesto. El número mínimo de horas se estima que sea de 20, a fin de proporcionar una indicación de la importancia relativa de cada tema, se indican seguidamente los porcentajes del tiempo total a asignarse a cada materia:

Modulo	Titulo	Tiempo
I	Introducción a los factores humanos en la aviación	5% (1,75 hrs)
2	El elemento humano en el medio aeronáutico)	(fisiología 10% (3,5 hrs)
3	El elemento humano en el medio aeronáutico)	(psicología 10% (3.5 hrs)
4	El elemento humano y el equipo: relación piloto-equipo	15% (4,75 hrs)
5	El elemento humano y el soporte lógico: relación piloto-soporte lógico	1 0% (3,5 hrs)
6	Elemento humano-elemento humano: relaciones interpersonales	20% (7,0 hrs)
7	Elemento humano-medio ambiente: la organización	30% (10,5 hrs)
		Total: 35,00 hrs

1.8.3 Cualquiera que sea el número total de horas asignadas a determinado programa, con estos porcentajes debería poder lograrse una introducción equilibrada de la instrucción sobre el desempeño humano. Dada esta orientación general, todo especialista de factores humanos en aviación que participe en la formulación de los cursos debería poder proporcionar asesoramiento sobre el contenido apropiado del curso. El esbozo que sigue no tiene, por lo tanto, el propósito de ser exhaustivo sino que pretende servir de guía para los especialistas en el desarrollo de un curso satisfactorio.

Módulo 1: Introducción a los factores humanos en la aviación

En este módulo debe explicarse la fundamentación relativa a la instrucción de factores humanos. Un buen punto de partida es el hecho de que, desde 1940, tres de cada cuatro accidentes han tenido por lo menos un factor contribuyente relacionado con el desempeño humano.

La introducción ha de prepararse cuidadosamente con objeto de atraer el interés del piloto. Es conveniente que la instrucción destinada a responder a algún requisito de examen o prueba relacionado con el Anexo 1

revisado sea pertinente a los aspectos operacionales del vuelo. Es por lo tanto indispensable una orientación práctica para la eficacia de la instrucción. La pertinencia del programa debe quedar en total evidencia para los pilotos— esto no debe ser un ejercicio teórico. Por lo tanto, debería incluirse únicamente la información que se refiera al desempeño de los pilotos. El personal de instrucción debería presentar la información en consonancia con sus necesidades operacionales especiales y convendría tener en cuenta aspectos concretos de su experiencia local en materia de accidentes/ incidentes.

El modelo SHELL podría introducirse de manera útil en el módulo como una de las ayudas posibles para entender las interacciones entre los diferentes componentes del sistema, así como las posibilidades de conflicto y error dimanantes de las diversas disparidades que puedan producirse en la práctica.

Un segundo modelo que podría también considerarse útil para la introducción es el modelo de Reason (véase la Parte 1. Capítulo 4 o Capítulo 2) para el análisis del detalle de los sistemas sociotecnológicos complejos.

Módulo 2: El elemento humano (fisiología en el medio aeronáutico)

Respiración: reconocimiento y manera de resolver el problema de:
— hipoxia
— hiperventilación

Efectos de la presión: efectos en el oído, senos frontales y cavidades cerradas debido a:
—gases atrapados o que se formen — descompresión
— natación submarina

Limitaciones de los sentidos
— vista
— oído
— sentido vestibular
—sentido propioceptivo
—tacto

Efectos de la aceleración: valores "G" positivos y negativos
—condiciones agravantes

Desorientación
— ilusiones ópticas
— ilusiones auditivas
— mecanismos para solucionar la situación

Fatiga conciencia
— fatiga aguda
—fatiga crónica
— efectos sobre la habilidad y el desempeño

Perturbaciones y falta de sueño

Perturbaciones del ritmo circadiano/decalaje horario

Salud personal

Efectos de:
— la dieta /nutrición
— el alcohol
— las drogas (incluidas la nicotina y la cafeína)
— los medicamentos (bajo prescripción ó de venta libre
— las transfusiones (donaciones) de sangre
— los efectos del envejecimiento

Aptitud psicológica/manejo del estrés

Embarazo

Módulo 3: El elemento humano
(psicología en el medio aeronáutico)

Errores y fiabilidad humanos

Volumen de trabajo (atención y tratamiento de la información
— perceptual
— cognoscitiva

Tratamiento de la información
— estado de la mente y costumbres
— atención y vigilancia
— limitaciones de la percepción
— memoria

Factores relativos a las actitudes
— personalidad
— motivación
— aburrimiento y complacencia
— cultura

Percepción y conciencia de la situación

Juicio y toma de decisiones

Estrés
—síntomas y efectos
— mecanismos de solución

Habilidades/experiencia/actualidad y competencia

Modulo 4: El elemento humano y el equipo: relación piloto-equipo

Mandos y presentación visual
— diseño (movimiento, tamaño, escalas, color, iluminación, etc.)
—errores comunes en la interpretación y el control
— puestos de pilotaje "de cristal"; selección de la información
— interferencia provocada por los hábitos/normalización del diseño

Sistemas de alerta y advertencia
— selección apropiada y mantenimiento
— indicaciones falsas
— distracciones y reacciones
Comodidad personal
- temperatura, iluminación, etc.
— ajuste de la posición del asiento y de los mandos

Visibilidad en el puesto de pilotaje y posición de las referencias visuales
Volumen de trabajo motor

Módulo 5 : El elemento humano y el soporte lógico: relación piloto-soporte lógico

Procedimientos operacionales normalizados
— fundamentación
— ventajas
— derivados de las limitaciones humanas y del registro de accidentes/incidentes

Materiales impresos/soporte lógico
— errores en la interpretación y empleo de mapas/cartas
— principio de diseño y empleo correcto de listas de verificaciones y manuales
— las cuatro P

Aspectos operacionales de la automatización
— carga excesiva /insuficiente y fase del vuelo; aburrimiento
— permanencia en el estado de conocimiento de la situación
— equipo automatizado en vuelo; empleo apropiado, asignación eficaz de las tareas, mantenimiento de la pericia básica de vuelo

Módulo 6: Elemento humano-elemento humano: relaciones interpersonales

Nota—El elemento humano-elemento humano trata de los contactos interpersonales que tienen lugar en el momento presente (aquí y ahora), por oposición a los contactos interpersonales que pueden existir entre las personas fuera del contexto operacional inmediato (esto ultimo se considera en el `módulo 7)

Factores que influyen en la comunicación verbal y no verbal entre y con:
— la tripulación del puesto de pilotaje
— la tripulación de cabina
— el personal de mantenimiento
— la gerencia de la empresa/el control de las operaciones de vuelo
— los servicios de tránsito aéreo
— los pasajeros

Modo en que la comunicación verbal y no verbal afecta a la transferencia de información y de esa manera a la seguridad y eficiencia del vuelo

Resolución de problemas que plantea la tripulación y toma de decisiones

Introducción a la dinámica de grupos pequeños/gestión de la tripulación (véase también el Capítulo 2 para informaciones adicionales sobre este tema).

Módulo 7: Elemento, humano/medio ambiente: la organización

— Visión sistémica de la seguridad
— El sistema aeronáutico: componentes
— Modelos generales de seguridad de la organización
— Estructuras orgánicas y la seguridad
— Cultura y seguridad
— los procedimientos y la seguridad
— Organizaciones seguras y organizaciones que no lo son

1.9 REQUISITOS DE HABILIDAD

1.9.1 Aun cuando el énfasis inicial en la instrucción sobre el desempeño humano debería ser con respecto a los conocimientos y la comprensión de los factores humanos básicos, bs instructores deben también tener presente la necesidad de desarrollar un comportamiento operacional y habilidad apropiados. En otras palabras, para que sus conocimientos teóricos sean útiles, los pilotos deben desarrollar la habilidad y las actitudes necesarias para obtener un rendimiento máximo de su performance operacional. Por ejemplo, un piloto con un conocimiento apropiado de fisiología debería poder determinar una condición de inaptitud y las consecuencias posiblemente peligrosas e indeseables y decidir no volar, ejerciendo de este modo lo que puede considerarse una habilidad de sensatez. Obviamente, las actividades de instrucción dirigidas al desarrollo de actitudes y habilidades apropiadas deben recibir siempre la máxima prioridad posible.

1.9.2 La determinación de la habilidad en materia de factores humanos y las aplicaciones de la instrucción siguen siendo un campo relativamente poco desarrollado en la instrucción de pilotos y puede preverse que sufran un cambio considerable en los años venideros. Para muchos tipos de habilidad, el requisito de instrucción más importante será determinar y especificar materiales y técnicas de instrucción apropiados e integrarlos con éxito en los programas de materias de la instrucción teórica y de vuelo. En un importante instituto de formación, por ejemplo, se han incluido el titulo "juicio del piloto" y notas suplementarias en todos los materiales de instrucción previa al vuelo y de formación, incluso los utilizados durante la instrucción teórica. Esto permite a bs instructores provocar una discusión pertinente a la habilidad en materia de juicio del piloto.

1.9.3 La que sigue es una lista de las esferas de habilidad en materia de factores humanos determinada mediante el modelo SHELL (necesariamente, algunas habilidades se han incluido en más de una interfaz). Este texto de referencia puede ayudar a los instructores en la determinación de las habilidades necesarias en materia de factores humanos y debería ayudar a llenar el vacío entre la palabra escrita y su aplicación práctica. Algunas de las posibles esferas de habilidades para desarrollar mediante la instrucción son:

Elemento humano-elemento humano (L-L)
Habilidad en materia de comunicación
Habilidad en materia de atención al escuchar
Habilidad en materia de observación
Habilidad en la gestión operacional; liderazgo y condiciones para seguir al líder
Resolución de problemas
Toma de decisiones

Elemento humano-equipo (L-H)
Exploración
Detección
Toma de decisiones
Ajuste en el puesto de pilotaje

Interpretación de los instrumentos/conciencia de la situación
Destreza manual
Selección de procedimientos de alternativa
Reacciones cuando se producen desperfectos/fallas/defectos
Advertencias de emergencia
Volumen de trabajo: cargo física, atribución de tareas
Vigilancia

Elemento humano-medio ambiente (L-E)
Adaptación
Observación
Conciencia de la situación
Gestión de la situación de estrés Gestión de los riesgos
Establecimiento de prioridades y gestión de la atención
Enfrentamiento de situaciones/control de las emociones
Toma de decisiones

Elemento humano-soporte lógico (L-S)
Capacidad de utilizar computadoras
Autodisciplina y comportamiento según los procedimientos
Interpretación
Administración del tiempo
Automatización
Atribución de tareas

El programa de materias de la OACI propuesto que se detalla anteriormente incluye una interfaz no considerada como tal en el modelo SHEL, a saber, el elemento humano. La habilidad en materia de factores humanos bajo este encabezamiento incluye la relativa a la situación psicológica y bienestar del personal operacional mismo (esto no debería contundirse con la interfaz elemento humano-elemento humano". que trata de los contactos interpersonales):

El elemento humano
Reconocimiento/enfrentamiento: desorientación (sistemas motores), estrés
Fatiga
Efectos de la presión
Autodisciplina/control Percepción
Actitudes y aplicación de los conocimientos y de buen juicio

1.9.4 Se apreciará fácilmente por lo que antecede que el desarrollo de la habilidad para la aplicación práctica durante las operaciones de vuelo constituye una importante evolución del conocimiento teórico de los factores humanos al contexto real de las operaciones. Si bien el énfasis en este compendio esta dirigido necesaria y principalmente hacia las puras necesidades de conocimiento, es importante reiterar que, en lo posible, deberían incorporarse consideraciones de orden práctica en materia de factores humanos en todos los aspectos pertinentes de la actividad de instrucción. Esto debería aplicarse en todas las etapas de la formación de pilotos e instructores. La instrucción dirigida a la adquisición de la pericia en factores humanos es la que se espera que produzca los mayores beneficios en el futuro.

1.9.5 Se prevé que la instrucción de especialistas orientada hacia la adquisición de la habilidad apropiada se desarrollará aun más en los años venideros y que se incorporarán plenamente técnicas de instrucción adecuadas en todas las actividades de instrucción de los pilotos. No es de ninguna manera conveniente que

una vez cumplido el requisito de conocimientos que estipula el Anexo I, los alumnos lleguen a considerar la instrucción sobre el desempeño humano como simple ejercicio teórico sin pertinencia operacional.

1.10 MATERIAS DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO

Generalidades

1.10.1 Esta propuesta identifica aspectos específicos de los conocimientos a incluir en la concepción de materias de instrucción sobre el desempeño humano para controladores de tránsito aéreo. El Anexo 1 dispone que el titular de la licencia demostrara tener conocimientos sobre el desempeño humano pertinentes al control de tránsito aéreo. No hace diferencia en cuanto al nivel de conocimiento exigido para ninguna de las habilitaciones ATC, si bien se podría sostener que en el programa para control reglamentario de área probablemente no tendrían que figurar todos los elementos del control de aproximación radar y viceversa.

1.10.2 Al igual que para cada nivel de licencias de piloto, deberían concebirse programas específicos para cada habilitación ATC. A los efectos de la presente sección, no obstante, y a fin de no dar a esta propuesta un carácter demasiado obligatorio, se propone un único programa con carácter básico, con diferencias en su aplicación para diferentes niveles de licencias/habilitaciones que deberán establecerse según corresponda.

El requisito de los conocimientos

1.10.3 Un estudio general dentro de la industria indica que aproximadamente 35 horas constituyen el tiempo requerido para presentar adecuadamente una instrucción sobre el desempeño humano análoga a la del programa de materias propuesto. El número mínimo de horas se estima que sea de 70. A fin de proporcionar una indicación de la importancia relativa de cada tema, se indican seguidamente los porcentajes del tiempo total a asignarse a cada materia:

Módulo	*Título*	*Tiempo*
1	Introducción a los factores humanos en la aviación	5% (1,75 hrs)
2	El elemento humano (fisiología en el medio aeronáutico)	10% (1,75 hrs)
3	El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)	10% (1,75 hrs)
4	El elemento humano y el equipo: relación piloto-equipo	15% (4,75 hrs)
5	El elemento humano y el soporte lógico: relación piloto-soporte lógico	10% (3,5 hrs)
6	Elemento humano-elemento humano: relaciones interpersonales	20% (7,0 hrs)
7	Elemento humano-medio ambiente:	30%

la organización	10,5 hrs)
	Total: 35,00 horas

1.10.4 Cualquiera que sea el número total de horas asignadas a determinado programa. con estos porcentajes debería poder lograrse una introducción equilibrada de la instrucción sobre el desempeño humano. Dada esta orientación general, todo especialista de factores humanos en aviación que participe en la formulación de los cursos debería poder proporcionar asesoramiento sobre el contenido apropiado del curso. El esbozo que sigue no tiene, por lo tanto, el propósito de ser exhaustivo sino que pretende servir de guía para los especialistas en el desarrollo de un curso satisfactorio.

1.10.5 Es importante comprender que este esbozo está concebido para una instrucción *ab-initio*. Para la instrucción del personal ATC ya calificado, hace falta elaborar un programa diferente. El mismo debería tener en cuenta el nivel existente de experiencia operacional del grupo al que esté destinado.

Módulo 1: Introducción a los factores humanos en la aviación

En este módulo debe explicarse la fundamentación relativa a la instrucción sobre el desempeño humano. Un buen punto de partida es la gráfica de Boeing que muestra el índice de accidentes de los reactores comerciales por millones de salidas, desde 1959-1996 y la gráfica subsiguiente en la que se presentan proyecciones de los últimos índices de accidentes con respecto a las cifras del crecimiento previsto para la aviación hasta el año 2015.

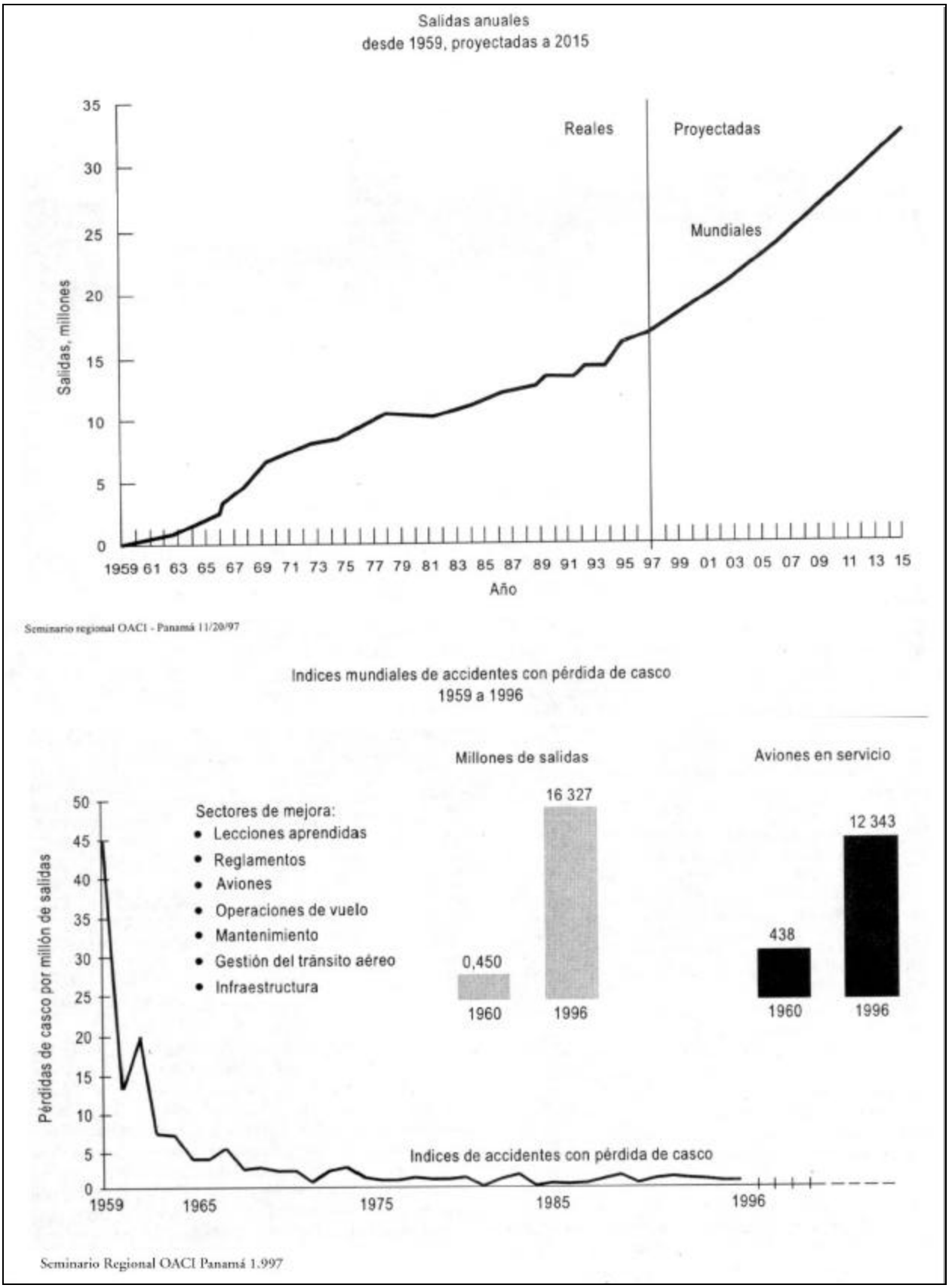
Como próximo paso, podría reseñarse el programa de seguridad de vuelo/factores humanos de la OACI que comenzó en 1986 y que consta de cuatro fases (inicial, toma de conciencia [compendios], educativa [seminarios, simposios], normativa [anexos, manual sobre factores humanos]. El modelo SHEL podrá presentarse fácilmente en este módulo como una de las posibles ayudas para comprender las interacciones entre los diferentes componentes del sistema, así como el potencial de conflicto y error dimanante de las diversas discrepancias que pueden ocurrir en la práctica. El modelo ayuda a responder a la pregunta: ¿Qué son los factores humanos?".

Se ha constatado que es sumamente ilustrativo presentar ejemplos *locales* de los cuatro tipos posibles de interacciones al presentar el modelo SHEL a los controladores de tránsito aéreo.

Un segundo modelo que también podría considerarse útil para la introducción es el modelo de Reason para el análisis del detalle de los sistemas sociotecnológicos complejos.

La introducción ha de prepararse cuidadosamente con objeto de atraer el interés de los controladores. Es conveniente que la instrucción destinada a responder a algún requisito de examen o prueba relacionado con el Anexo 1 revisado sea pertinente a los aspectos operacionales del control de tránsito aéreo. Es por lo tanto indispensable una orientación práctica para la eficacia de la instrucción. La pertinencia del programa debe quedar en total evidencia para controladores de tránsito aéreo—*esto no debe ser un ejercicio teórico.* Por lo tanto, debería incluirse únicamente la información que se refiera al desempeño de los controladores. El personal de instrucción debería presentar la información en consonancia con sus necesidades operacionales especiales y convendría tener en cuenta aspectos concretos de su experiencia local en materia de accidentes/incidentes.

Nota—Un elemento de carácter práctico que puede ser útil es el estudio de un caso de accidente aéreo en un aeropuerto ficticio "'Anyfield "). El tema del aeropuerto Anyfield figura en el Apéndice 3.


Salidas anuales
desde 1959, proyectadas a 2015
Reales
Proyectadas
Mundiales
Salidas, millones
0
5
10
15
20
25
30
35
1959 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 81 83 85 87 89 91 93 95 97 99 01 03 05 07 09 11 13 15
Año
Seminario regional OACI - Panamá 11/20/97
Indices mundiales de accidentes con pérdida de casco
1959 a 1996
Millones de salidas
Aviones en servicio
Sectores de mejora:
• Lecciones aprendidas
• Reglamentos
• Aviones
• Operaciones de vuelo
• Mantenimiento
• Gestión del tránsito aéreo
• Infraestructura
16 327
0,450
12 343
438
1960
1996
1960
1996
Pérdidas de casco por millón de salidas
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Indices de accidentes con pérdida de casco
1959
1965
1975
1985
1996
Seminario Regional OACI Panamá 1.997

Modulo 2: El elemento humano (fisiología en el medio aeronáutico)

Este módulo puede dividirse en dos secciones. La primera consiste en los aspectos fisiológicos que afectan a los pilotos y que por consiguiente posiblemente afecten a la interacción entre el piloto y el controlador. La segunda consiste en los aspectos fisiológicos del trabajo por turnos.

Parte 1: pilotos (remitirse a 1.8.3, página 212 de este documento)

— Hipoxia
— Efectos de la presión
— Limitaciones de los sentidos
— Efectos de la aceleración: valores "G" positivos y negativos.

Nota. Esto podría ser especialmente pertinente Salud personal para los controladores de tránsito aéreo que se estén ocupando del tráfico militar.

— Desorientación
— Fatiga/conciencia
— Perturbaciones y falta de sueño
— Perturbaciones del ritmo circadiano/decalaje horario

Parte 2: controladores de tránsito aéreo

Fatiga/conciencia:
— Perturbaciones y falta de sueño
— Perturbaciones del ritmo circadiano
— Parálisis relacionada con los turnos nocturnos
— Atención del tránsito de punta al final de un turno prolongado/utilización de pausas de descanso
— Aspectos sociales del trabajo por turnos

Módulo 3: El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)

Errores y fiabilidad humanos
Volumen de trabajo (atención y tratamiento de la información)
— perceptual
— cognoscitiva

Lectura recomendada: Parte 1. Capítulo 4

Tratamiento de la información:
— estado de la mente y costumbres
— atención y vigilancia
— limitaciones de la percepción
— memoria

Factores relativos a las actitudes:

— personalidad
— motivación
— aburrimiento y complacencia

—cultura
— el individuo y el equipo

Lecturas recomendadas: Kioney, G.C.: *Effects of mental attitudes on the job performance of controllers and supervisors*; FAA Aeronáutical Decision Klaking project; pre-1991, Parte 1, Capítulo 4 & Professor G. Hofstede: *Cultures and Organizations* (ISBN 0-07-707474-2)

Percepción y conciencia de la situación
Juicio y toma de decisiones
Estrés:
— causas posibles
— síntomas y efectos
— mecanismos de solución

Habilidades/experiencia actualidad y competencia:

— perdida posible de la habilitación después de no haber trabajado operacionalmente por determinado tiempo

Efectos de:
— la dieta/nutrición
— el alcohol
— las drogas (incluidas la nicotina y la cafeína)
— los medicamentos (bajo prescripción o de venta libre)
— las transfusiones (donaciones) de sangre
— los efectos del envejecimiento /agotamiento por cansancio excesivo (surmenaje)

Aptitud psicológica /manejo del estrés:
— gestión del estrés causado por incidentes críticos

Nota.—En Canadá se ha hecho mucho trabajo sobre la concepción de un programa CISM para el .ATC.

Embarazo

Retiro del ATC operacional

Módulo 4: El elemento humano y el equipo: relación controlador-equipo

Dispositivos de presentación visual:
— franjas de progreso de los vuelos
— monitores
— utilización de los colores
— radar/ADS

Sistemas de alerta y advertencia (tanto de a bordo como terrestres)

(Ejemplos: GPWS. TCAS [de a bordo]. STCA [terrestres]):
—indicaciones falsas (advertencias molestas)
— distracciones y reacciones

Comodidad personal:
—temperatura, iluminación, humedad, etc. - ajuste de la posición del asiento
— ruido
—utilización de auricular en vez de altoparlante

Diseño de la consola:
—altura /ángulo (diseño ergonómico)
— color de la pintura
—disposición de las referencias visuales

Lectura recomendada: Parte 1, Capítulo 4.

Módulo 5: El elemento humano y el soporte lógico: relación controlador-soporte lógico

Procedimientos operacionales normalizados:
— fundamentación
— ventajas
— derivados de las limitaciones humanas y del registro de accidentes/incidentes

Materiales impresos/soporte lógico:
— errores en la interpretación y empleo de mapas/cartas
— principios de diseño y empleo correcto de listas de verificaciones y manuales

Aspectos operacionales de la automatización:
— cargo excesiva/insuficiente; complacencia y aburrimiento
— permanencia en el circuito/conocimiento de la situación
—equipo ATC automatizado en vuelo; empleo apropiado; mantenimiento de la pericia "manual"; consecuencias para la dotación de personal.

Módulo 6: Elemento humano-elemento humano: relaciones interpersonales

Nota—El elemento humano-elemento humano trata de las conductas interpersonales que tienen lugar en el momento presente por oposición a los contactos interpersonales que pueden existir entre las personas fuera del contexto operacional inmediato

Factores que influyen en la comunicación verbal y no verbal entre y con:
— otros controladores de tránsito aéreo en el equipo (turno) o en la sala de operaciones
— los asociados en la coordinación (las otras dependencias ATC)
— los pilotos (R/T)
— el personal de mantenimiento
— los supervisores, el personal de dirección
— entrenador/alumno—formación en el trabajo (OJT)

Modo en que la comunicación verbal y no verbal afecta a la transferencia de información y de esa manera a la seguridad y eficiencia.

Atención especial a problemas de comunicación entre personas de habla inglesa y personas cuyo idioma materno no es el inglés (tanto en T como en la coordinación entre dependencias).

Diferencias culturales:
— las tripulaciones de empresas extranjeras pueden tener expectativas diferentes o estar formadas de modo que reaccionan de modo diferente a la prevista por el ATC en determinadas situaciones. Un ejemplo podría constituir un caso de estudio del Prof. Robert Helmrelch sobre el accidente del vuelo Avianca 052, Nueva York, 1990 ("Anatomy of a system accident: Avianca Flight 052"; The International Journal of Aviation Psychology. 4 (3), 265-284).

Lectura recomendada: Professor G. Hofstede: *Cultures and Organizations* (ISBN 0-07-707474-2).

Ventajas y desventajas de las comunicaciones por enlace de datos:
— pérdida del componente no verbal de la R/T
— errores de entrada de datos en vez de errores de confirmación y escucha
— efecto de línea compartida

Resolución de problemas y toma de decisiones del equipo:
— principios de la CRM (instrucción de pilotos)
— aplicación de las técnicas CRM al ATC.

Módulo 7: Elemento humano-medio ambiente: la organización

— Visión sistémica de la seguridad
— El sistema aeronáutico: componentes
— Modelos generales de seguridad de la organización
— Estructuras orgánicas y la seguridad
— Cultura y seguridad
— los procedimientos y la seguridad
— Organizaciones seguras y organizaciones que no lo son.

1.11 MATERIAS DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA TÉENICOS DE MANTENIMIENTO

Generalidades

1.11.1 Esta propuesta identifica aspectos específicos de los conocimientos a incluir en la concepción de materias de instrucción sobre el desempeño humano para técnicos de mantenimiento. El Anexo 1 dispone que el titular de la licencia demostrara tener conocimientos sobre el desempeño humano pertinentes a !as obligaciones del titular de una licencia de mantenimiento de aeronaves. No hace diferencia en cuanto al nivel de conocimiento exigido para el tipo de licencia de mecánico de mantenimiento (I ó II). Al igual que para cada nivel de licencias de piloto, deberían concebirse programas específicos para el tipo de licencia. A los efectos de la presente sección. No obstante, y a fin de no dar a esta propuesta un carácter demasiado obligatorio, se propone un único programa con carácter básico.

El requisito de los conocimientos

1.11.2 Un estudio general dentro de la industria indica que aproximadamente 16 horas constituyen el tiempo requerido para presentar adecuadamente una instrucción sobre el desempeño humano análoga a la del programa de materias propuesto.

Titulo del módulo
— Definición de los factores humanos

— Costo de los errores de mantenimiento
— Clasificación de los errores de mantenimiento
— Prevención de los errores de mantenimiento
— Sistemas ser humano-máquina
— Comunicaciones: verbales y escritas
— Entorno y seguridad del lugar de trabajo
— Turnos de trabajo, fatiga y horarios
— Capacitación/formación en el trabajo
— Gestión de los recursos de mantenimiento.

Textos de orientación recomendados:
Guía sobre Factores Humanos para el mantenimiento
Oficina de Medicina aeronáutica — Administration Federal de Aviation
Superintendente de documentos, Posta restante, SSOP; Washington DC 20402-9328.

1.1.2 CONSIDERACIÓNES RELATIVAS A LA INSTRUCCIÓN QUE SE IMPARTE Y A LA REDACCIÓN DE LOS CURSOS

Resumen

1.12.1 A fin de ayudar a tomar las decisiones relativas a la concepción de los cursos y a la planificación de la instrucción a impartir, se señalan en los párrafos siguientes los elementos fundamentales de la instrucción y de las tareas educativas sobre el desempeño humano. Se ha tratado de responder a las necesidades que se plantean en todos los aspectos de la instrucción, desde los del instructor a titulo individual hasta los de los establecimientos de instrucción principales. El análisis invita por lo tanto una opinión demasiado limitada en cuanto al modo en que podrían impartirse los cursos de instrucción en la práctica. Se repite una versión concisa de esta sección en forma de lista de verificación al final de este capítulo.

Determinación de los destinatarios de la instrucción

1.12.2 El programa de materias, los objetivos de instrucción y el esfuerzo de la misma habrán de variar según las diferentes categorías del personal aeronáutico. Obviamente, no todo el mismo tipo de conocimientos o pericia es el que conviene para todo el personal.

1.12.3 Entre el personal operacional, o sea el foco principal de la iniciativa de la OACI, será importante diferenciar entre los requisitos concretos de las diferentes categorías que figuran en el Anexo 1 (privado, comercial, ATPL, controlador, mecánico de mantenimiento). Por ejemplo, al preparar los cursos de instrucción, las categorías a considerarse incluyen los pilotos *ab-initio*, de aviación general, comercial, de transportistas aéreos, de dirección/supervisión y los instructores, los Estados u organismos deben también formular instrucción para otras categorías operacionales como, p. ej., el personal de mantenimiento de las aeronaves, los controladores de tránsito aéreo y los especialistas de operaciones de vuelo.

1.12.4 Aun cuando pueda ser necesario solo un conocimiento limitado de los factores humanos para la gerencia superior, se considera en general que es indispensable que posea alguna información de referencia, los supervisores y otro personal necesitarán conocimientos especializados acordes con sus funciones particulares. Así pues, por ejemplo, habrá conocimientos y requisitos de competencia claramente diferentes para la gerencia superior, los especialistas de prevención de accidentes/seguridad aérea, los investigadores de accidentes. La gerencia de operaciones de vuelo/personal de supervisión y los instructores de vuelo de supervisión.

Selección de los instructores

1.12.5 La selección y formación de los que administrarán los programas de instrucción en el desempeño humano ha sido un tema de preocupación en algunos Estados, tal vez debido a la idea comprensible de que únicamente quien ha recibido la formación de psicólogo puede tratar de asuntos relacionados con el comportamiento humano. En sus actividades diarias, sin embargo, los pilotos y los instructores, sin ser ingenieros aeronáuticos, tratan y enseñan, por ejemplo, asuntos relacionados con la aerodinámica. enseñan meteorología sin ser meteorólogos, hablan de grupos motopropulsores sin ser mecánicos. etc. No hay ninguna razón para que este razonamiento no pueda aplicarse a la enseñanza del desempeño humano.

1.12.6 En la comunidad aeronáutica, entre las personas obviamente competentes para enseñar sobre el desempeño humano se encuentran los instructores de vuelo y los de curso teórico, los ATCO, los técnicos de mantenimiento o los instructores despachadores. Si los instructores de vuelo y de cursos teóricos están completamente familiarizados con las materias del programa propuesto —ya sea por su formación teórica o por ser autodidactas —podrán cumplir con los objetivos de instrucción. La Parte 1 es un punto de partida útil para los instructores dado que incluye una extensa bibliografía. Asimismo, los especialistas en la materia están en buena posición para enseñar sobre el desempeño humano. No obstante, será importante garantizar que estos especialistas sean ellos mismos capaces de establecer de manera práctica una relación entre sus conocimientos y el medio operacional.

FILOSOFÍA Y OBJETIVOS DE LA INSTRUCCIÓN

Introducción

1.13.1 En esta sección se analizan cuestiones generales que habrá que atender durante la redacción y preparación de los cursos. Se pretende así que la consideración de dichas cuestiones ayude a aclarar metas y técnicas de instrucción convenientes.

Filosofía de la instrucción

1.13.2 Entre los temas más importantes que exigen atención se encuentran los siguientes:

a) el papel que deben desempeñar las actividades de aprendizaje teórico y práctico o basado en la experiencia. Esto constituirá la más importante dicotomía en la práctica, por lo cual, la claridad es fundamental;

b) la integración de la instrucción basada en los conocimientos en ejercicios de instrucción previa y posterior al vuelo y prácticos realizados durante la instrucción de vuelo; y

c) el papel de las actividades de instrucción que fomentan el aprendizaje basado en la experiencia (p.ej., el desempeño de papeles. La instrucción de vuelo orientada a la línea aérea, etc.).

Objetivos de la instrucción

1.13.3 Una vez establecida la orientación filosófica de la instrucción deben especificarse los objetivos de la misma. Éstos influirán en la redacción de los cursos de instrucción y en la prioridad acordada a los factores humanos en las instrucciones previas y posteriores al vuelo y en la evaluación del desempeño.

1.13.4 Al determinar los objetivos de instrucción, así como las actividades de formación de instructores, es útil, a menudo, dividir la tarea del aprendizaje en sus categorías apropiadas, por ejemplo, memorización", comprensión", "acción" y "aspectos relativas a la actitud ", e identificar la competencia postformación o el

dominio de la materia que se espera el alumno logre dentro de cada categoría. Estas cuatro categorías o campos de competencia pueden caracterizarse como sigue:

— basadas en los conocimientos (memorización)
— basadas en la comprensión (entendimiento)
— basadas en la habilidad/técnica (acción
— basadas en la actitud

1.13.5 El conocimiento comprende el conocimiento de los hechos y puede incluir la memorización de la información apropiada de los procedimientos. En la formación del personal operacional, tanto en cuanto a la teoría como a los procedimientos, se utilizan actualmente técnicas de enseñanza y evaluación apropiadas.

1.13.6 La comprensión de los principios y teorías generales pertinentes es a menudo fundamental para lograr la competencia. Muchas veces esta categoría se superpone a las demás.

1.13.7 Se espera que el personal operacional adquiera y manifieste ciertas habilidades y técnicas. La habilidad en cualquier campo debe ejercerse de una manera apropiada, en el contexto apropiado y en el momento oportuno. En aviación, la habilidad psicomotora y los procedimientos han recibido la máxima atención; en el caso de la instrucción en materia de factores humanos es necesaria alguna habilidad adicional, por ejemplo, el desarrollo de la habilidad apropiada en materia de comunicaciones y relaciones con los tripulantes.

1.13.8 Las actitudes desempeñan un papel importante en la determinación del desempeño general. Bajo este rubro pueden considerarse los aspectos filosóficos relativas a las prácticas operacionales, los atributos profesionales deseables y las disposiciones que conduzcan a buenos hábitos profesionales El proceso de inducción y socialización empresarial/profesional puede también considerarse bajo este titulo para los explotadores que participan en la instrucción *ab-initio* del personal operacional. Las actitudes han sido objeto de fuerte énfasis por varios especialistas en factores humanos, quienes han observado el papel que desempeñan las actitudes apropiadas en e! sostenimiento y la aplicación de métodos operacionales y eficaces.

Materias del programa

1.13.9 Los programas de materias que figuran en este capítulo deberían proporcionar un esbozo de las materias fundamentales, así como un punto de partida apropiado para el desarrollo detallado de los programas.

Materiales, técnicas y tecnología de instrucción

1.13.10 Puede hacerse una división aquí entre el equipo didáctico. Las estrategias /técnicas de instrucción y los cursos efectivos de formación. Se prevé que los mejores cursos de instrucción sobre el desempeño humano harán un uso creativo e imaginativo de los recursos disponibles. Una instrucción óptima tratara del requisito del Anexo 1 haciendo al mismo tiempo hincapié en la instrucción de la habilidad fundamental en factores humanos.

Equipo para la formación

1.13.1.1 Si bien los simuladores son lo primero en lo que se piensa, hay muchos otros dispositivos didácticos potencialmente útiles, por ejemplo, los entrenadores de tareas parciales, el equipo de

instrucción a base de computadoras, así como los grabadores/cámaras de vídeo, el vídeo interactivo y otros equipos que se están creando.

Estrategias y técnicas de instrucción

1.13.12 En asociación con los nuevos equipos de instrucción se esta produciendo una creciente diferenciación en los métodos de formación, muchos de los cuales utilizan una moderna tecnología didáctica. Así pues, por ejemplo, actualmente se reconocen ampliamente los méritos de los medios interactivos y de la eficacia de la retroacción del video.

1.13.13 En el otro extremo de la gama, pueden obtenerse valiosas experiencias formativas con el uso de ejercicios apropiados de desempeño de funciones, de estudios de casos o de juegos de simulación. Aun cuando dichas actividades dependen de una preparación minuciosa y tediosa, son de poco costo y pueden ser sumamente eficaces.

1.13.14 Cambios recientes en los métodos educativos reflejan una tendencia creciente al aprendizaje abierto y basado en la experiencia, cuyo objetivo son las necesidades en materia de desarrollo e instrucción de la habilidad individual y de la tripulación. Para la formación del personal operacional en el tema del desempeño humano la mayoría de los especialistas consideran dicho aprendizaje altamente conveniente, especialmente en las esferas de la habilidad en materia de comunicaciones y coordinación de la tripulación. Por cierto, es la adquisición de la pericia necesaria y no la simple demostración de la comprensión teórica que constituye el objetivo deseado de dicha formación.

1.13.15 Para alcanzar los objetivos de instrucción cabe notar el valor de la formación a base de métodos múltiples. Esto constituye un medio de integrar las técnicas de formación individual en las tecnologías de instrucción integradas a base de métodos múltiples. Ejemplos notables en la utilización actual lo constituyen los óptimos programas LOFT y la instrucción completamente desarrollada CRM. Estas tecnologías de instrucción integradas comprenden los programas de instrucción cuidadosamente proyectados que facilitan tanto la instrucción individual como la centrada en la tripulación. Se promueve el aprendizaje operacional pertinente basado en la experiencia mediante el suministro de una amplia retroacción utilizando a menudo grabaciones magnetoscópicas y otros medios para facilitar la reflexión y el análisis posterior dirigido por el alumno.

Curso de instrucción

1.13.16 La materia de un curso de instrucción plenamente desarrollado dependerá daramente de los objetivos de instrucción, del tiempo, del equipo y de los recursos disponibles. Debería ser posible integrar las actividades de instrucción teóricas y en vuelo. los cursos deberían prepararse de modo que incluyan puntos explícitos en materia de factores humanos para su consideración durante la instrucción anterior y posterior al vuelo. Aun cuando el enfoque esencial de la última enmienda del Anexo 1 se centra en el suministro de conocimientos en factores humanos, de preferencia la instrucción podrá lograr esto mejor cuando la pericia operacional se considere igualmente durante el proyecto y preparación de la instrucción. Las opciones elegidas en la etapa de la concepción de los cursos ayudaran a determinar las actividades de aprendizaje pertinentes del instructor y del alumno.

1.14 DESARROLLO DE LA HABILIDAD, EVALUACIÓN DEL PERSONAL OPERACIONAL Y EVALUACIÓN DE LOS CURSOS DE INSTRUCCIÓN

1.14.1 La evaluación regular constituye una parte importante de los métodos de la industria aeronáutica y proporciona un medio de cumplir con las normas v determinar la eficacia de la instrucción. Las decisiones en cuanto a los medios apropiados y productivos de evaluación del personal operacional tendrán una influencia importante en el diseño de cursos sobre el desempeño humano. Si bien los métodos tradicionales de evaluación tienen un valor inobjetable en la medición de los conocimientos de hechos y de los diversos aspectos de la comprensión, se considera generalmente indispensable una forma alternativa de evaluación del desempeño al juzgar la eficacia de las actividades de aprendizaje basada en la experiencia. Dicho tipo de aprendizaje, por ejemplo, el que se observa en los mejores programas LOFT/CRM, no puede optimizarse si la evaluación formal se realiza simultáneamente con la instrucción.

1.14.2 Además, es bien conocida la dificultad general de evaluar la eficacia de la instrucción relativa a las habilidades en comunicaciones. CRM y materias similares. Por cierto, las cuestiones difíciles que se mencionan aquí surgen regularmente en las discusiones, tanto en términos de la justificación del esfuerzo de instrucción como en la evaluación de la efectividad de dichos cursos de instrucción.

1.14.3 Por otra parte, la adquisición de la pericia en aviación se ha logrado tradicionalmente en el trabajo o en el curso de una simulación sumamente fiel. La evaluación de la pericia y de las técnicas operacionales pertinentes se ha llevado tradicionalmente en el mismo ambiente. No obstante, a pesar de la influencia de los métodos actuales. El deseo de una evaluación formal de las habilidades en factores humanos debe contra-balancearse siempre con la consideración plena de toda consecuencia de aprendizaje negativa que podría dimanar de esa misma evaluación.

1.14.4 En este contexto cabe notar que las actividades de instrucción como. p.ej.. las de desempeño de funciones y LOFT, se consideran técnicas didácticas especialmente buenas debido a que se concentran de manera explicita en las necesidades de desarrollar la habilidad de los alumnos, evitando al mismo tiempo las connotaciones negativas del aprendizaje relacio nado con el medio de la verificación/comprobación. Si bien puede no haber ningún consenso internacional en cuanto a los mejores medios de tratar la difícil cuestión de la evaluación de la formación sobre el desempeño humano (y de la evaluación del desempeño del alumno), es evidentemente importante que las cuestiones generales discutidas anteriormente sean plenamente comprendidas por los instructores y preparadores de cursos. Dicha comprensión ayudará a impedir que se pase prematuramente a la evaluación y verificación en circunstancias en que esto podría resultar contraproducente a la larga para las necesidades de aprendizaje.

1.14.5 El Apéndice 2 proporciona un modelo de cuestionario para ilustrar un enfoque propuesto para la evaluación de conocimientos actuales en materia de factores humanos.

Apéndice 1 del Capítulo 1
INSTRUCCIÓN DE LOS PILOTOS EN FACTORES HUMANOS CONSIDERACIÓNES RELATIVAS AL PROGRAMA DE ESTUDIO

PERSONAS A QUIENES ESTÁ DIRIGIDO

1. Posibles categorías de piloto: *ab initio*, aviación general, comercial, de transporte aéreo y pilotos instructores.

2. Identificar las necesidades en materia de instrucción de no pilotos /especialistas supervisores según la función que ocupan.

ORIENTACIÓN Y OBJETIVOS DE LA INSTRUCCIÓN

1. Identificar el papel que desempeña el aprendizaje teórico y el que se basa en la experiencia. Determinar la función del aprendizaje abierto, el desarrollo del método de reflexión y las actividades que promueven el aprendizaje basado en las experiencias.

Examinar el enfoque para las instrucciones previas y posteriores al vuelo y los métodos de evaluación.

3. Categorización del contenido del programa de estudios/del curso de memorización", comprensión", acción" y aspectos relativas a la acritud".

4. Categorizaciones que se sugiere para el programa de estudios o los 'campos" de competencia del alumno:

a) A base de conocimientos ("memorización"): conocimiento teórico o práctico e información apropiada desde el punto de vista de procedimiento o del contexto.

b) Sobre la base de la comprensión ("comprensión"): comprensión de la teoría correspondiente, etc.

c) Sobre la base de la habilidad/de técnicas ("acción"): adquirir y demostrar la habilidad práctica necesaria.

d) Sobre la base de las actitudes ("aspectos relativas a la actitud"): aplicación y comprensión de los métodos y disposiciones profesionales apropiados.

5. Determinar los diferentes tipos de competencia posterior a la formación o dominio del tema. que se espera del alumna.

MATERIAL DIDÁCTICO, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA

División por material de instrucción, estrategias/técnicas de instrucción y evaluación/métodos de evaluación.

a) Material de instrucción: identificar el material de instrucción pertinente a las necesidades y objetivos de la instrucción.

b) Estrategias y técnicas de instrucción:

1) identificar las estrategias y técnicas de instrucción que permite la tecnología de instrucción disponible:

2) determinar la necesidad de la retroacción del desempeño; identificar la calidad de la retroacción necesaria y de los medios de lograrla;

3) determinar si la evaluación pruebas psicológicas deberían desempeñar una función;

4) identificar los medios con los cuales pueden tratarse satisfactoriamente las necesidades de instrucción individuales y de la tripulación;

5) evaluar el papel de la formación a base de métodos múltiples;

6) determinar el valor potencial del desempeño de papeles, estudios de casos, juegos de simulación, simulaciones escritas, etc.;

7) elegir los métodos que satisfacen mejor la instrucción de contrastes citada en la sección anterior;

8) identificar las necesidades en materia de instrucción de los instructores de cursos especializados.

c) Cursos de instrucción:

1) Identificar las limitaciones de recursos y los objetivos de instrucción;

2) Desarrollo de los cursos como parte de un curso especial de factores humanos, como parte de una formación repetitiva o para su integración en la práctica de instrucción actual;

3) Identificar las necesidades conexas de instrucción de los instructores pertinentes.

EVALUACIÓN DEL PILOTO Y EVALUACIÓN DEL CURSO DE INSTRUCCIÓN

1. Determinar si es conveniente una evaluación simultanea de los cursos o una evaluación of icial del piloto. Examinar las alternativas disponibles.

2. Identificar los medios apropiados de evaluación en materia de conocimientos", "comprensión", habilidad/técnicas" y "aspectos de actitud".

3. Tratar de la atención entre métodos/consecuencias del aprendizaje y de la evaluación para el aprendizaje basada en la habilidad/técnicas y las experiencias.

4. Determinar el papel de la evaluación del desempeño en función de la tripulación y del individuo.

5. Identificar las necesidades en materia de instrucción de quienes participan en la evaluación o la evaluación del desempeño.

Apéndice 2 del Capítulo 1
MODELO DE CUESTIONARIO PARA EXAMINAR SOBRE LOS CONOCIMIENTOS EN MATERIA DE FACTORES HUMANOS EXIGIDOS POR EL ANEXO 1

1. Nombre cuatro disciplinas importantes de las que se obtiene información para entender el desempeño y el comportamiento humanos.

2. ¿Cuáles son las cuatro interfaces importantes que deben optimizarse en el puesto de pilotaje a fin de que las operaciones de vuelo tengan una base segura y eficiente?

3. ¿Cuál es la proporción aproximada de accidentes de aviación civil que son resultado de un desempeño humano inadecuado?

4. a) ¿Qué significa el gradiente de autoridad entre pilotos?

b) ¿Por qué es esto importante para la seguridad de vuelo?

c) Nombre tres gradientes diferentes que son potencialmente inseguros.

5. a) Indique dos ventajas importantes en materia de seguridad en el desarrollo de un comportamiento normalizado y habitual en las tareas del puesto de c) pilotaje.

b) ¿Qué significa inversión del comportamiento? Dé un ejemplo de esto con relación a las actividades en el puesto de pilotaje que pueden perjudicar a la seguridad del vuelo.

6. a) ¿Que aspecto general del desempeño humano ilustra la curva de Yerkes-Dodson?

b) ¿Como puede relacionarse con esta curva la incidencia del error humano?

c) ¿Dónde situaría Ud. la complacencia, el aburrimiento o el entusiasmo en la curva?

d) ¿Qué sugiere esta curva con respecto al desempeño de tareas criticas?

7.a) ¿Que característica de desempeño puede preverse en c)

tareas que exijan vigilancia continua?

b) Nombre una tarea del puesto de pilotaje que podría ilustrar esto.

8. La hipótesis falsa es una peligrosa forma de error humano. Nombre cinco situaciones diferentes en las que es más probable que ocurra.

9. Proporcione tres ejemplos de zeltgebers o perturbaciones relacionadas con los ritmos circadianos.

10. El desempeño humano varía con el ritmo circadiano.

a) ¿Qué significa esto?

b) Con relación a este fenómeno, ¿qué significan las expresiones siguientes:
— que depende de las tareas
— somnolencia posterior a una colación o almuerzo
— efecto de la motivación, y acrofase?

c) Proporcione cuatro factores, con exclusión de los zeltgebers, que pueden vincularse con el ritmo de resincronización de los ritmos biológicos después de haber sido perturbados por un largo vuelo.

11. a) ¿Cuál es el nombre que se da al grupo de drogas (o hipnóticos) que se utilizan más comúnmente para facilitar el sueño?

b) En este sentido, ¿que se quiere decir por vida medio y de qué modo esto se relaciona con los efectos de la droga sobre el desempeño?

c) Indique las precauciones generales (unas seis) que se recomienda tomar al piloto antes de decidir si debe utilizar un hipnótico (medicamento para dormir).

12. a) ¿Que se quiere decir con efecto de inercia del sueño?

b) ¿Qué pertinencia tiene esto para la seguridad del vuelo en el puesto de pilotaje?

c) ¿Es probable que el desempeño se deteriore de modo constante con la creciente pérdida de sueño? Explique.

13. a) El humo del cigarrillo contiene carbono.
¿Qué efecto tiene esto sobre la tolerancia humana a la altitud y de qué manera se manifiesta?

b) ¿Qué otro efecto puede tener el monóxido de carbono sobre el desempeño en lo que respecta a la seguridad?

14. a) Proporcione cuatro factores que afectan la rapidez con la que el alcohol es absorbido por el cuerpo.

b) ¿Con qué rapidez disminuye el contenido de alcohol de la sangre (BAC) después de terminar de beber y es constante dicho ritmo entre los individuos?

c) ¿A partir de qué BAC han demostrado los experimentos que se produce un deterioro medible de las funciones del cerebro y del organismo?

15. a)
¿Qué significa:
— el efecto Mandelbaum,
—el campo vacío, y
— foco oscuro?

b) ¿Qué importancia tiene esto desde el punto de vista de la seguridad para ver y evitar una colisión?

16. a) ¿Qué significa punto ciego?

b) ¿Cómo puede influir esto en la seguridad en la Observación visual desde el puesto de pilotaje?

c) ¿Como se reducen los riesgos desde esta fuente?

17. a) ¿Qué significa posición prevista de los ojos?

b) ¿Por qué el piloto debe asegurarse de que sus ojos estén en esta posición y de que manera puede esto afectar a la seguridad?

c) ¿Pueden todos los pilotos ajustarse físicamente a dicha posición?

18. a) ¿Qué ilusiones ópticas o reacciones en la aeronave se relacionan con:

— el efecto autocinético,
— el efecto estroboscópico,
— las ráfagas de nieve,
— la aceleración,
— la neblina,
— el terreno en declive,
— la pista en declive, y
— el agujero negro?

b) ¿Cuáles son las etapas básicas generales (mencione tres) para proporcionar protección contra el efecto de las ilusiones?

19. Con respecto a la visión:

a) ¿Qué significan acomodación. adaptación a la oscuridad, agudeza visual?

b) ¿De que manera esto está relacionado con la seguridad?

20. ¿Qué principio relacionado con la modificación del desempeño humano se denomina efecto Hawthorne?

21. a) ¿Qué significa refuerzo del comportamiento?

b) Proporcione ejemplos de tal refuerzo —dos de tipo positivo, dos de tipo negativo.

c) ¿Qué precauciones deberían tomarse cuando es indicado el uso de refuerzo negativo (nombre cuatro)

22. a) ¿Qué significa motivación de logro?

b) ¿Por qué esto es pertinente al trabajo del piloto y a la seguridad de vuelo?

c) ¿Puede esto desarrollarse fácilmente?

23. El aburrimiento esta relacionado a menudo con un desempeño mediocre.

a) Indique cuatro condiciones que tienden a estar relacionadas con el aburrimiento.

b) ¿El aburrimiento es provocado necesariamente por determinada tarea? Explique

24. a) ¿Qué características personales (indique cinco) están a menudo relacionadas con el liderazgo?

b) ¿Hay lideres natos o son el producto del esfuerzo. Explique.

25. Explique el significado de los términos siguientes y su diferencia:

a) liderazgo

b) autoridad o liderato

c) dominación

26. las comunicaciones orates han sido fuente de muchos errores, incidentes y accidentes.

a) ¿Qué función peligrosa puede desempeñar la expectativa en las comunicaciones verbales en una aeronave?

b) Proporcione un ejemplo de comunicación radiotelefónica

27. a) Explique, de modo pertinente a los aspectos relacionados con la seguridad, la diferencia entre personalidad, actitudes, creencias y opiniones.

b) Sugiera un modo en cada caso en que una característica de personalidad y una de actitud pueden afectar negativamente la seguridad operacional?

c) ¿En qué grado es posible modificar en el servicio de las líneas aéreas, la personalidad y las actitudes de los pilotos mediante la instrucción?

28. Se puede decir que las actitudes tienen tres componentes.

a) Nombre los tres componentes.

b) Establezca la relación de los mismos con el empleo de la lista de verificación en el puesto de pilotaje.

29. ¿De qué manera el juicio del individuo puede verse influenciado por pertenecer éste a un grupo o equipo con respecto a:

a) correr riesgos,

b) inhibiciones,

c) conformidad?

30. La educación y la instrucción son dos aspectos del proceso de enseñanza.

a) Explique la diferencia y como están relacionados entre si.

b) ¿Cual es el que cubre el aprendizaje de la pericia de vuelo, los conocimientos básicos en materia de factores humanos, la planificación del vuelo, los sistemas de las aeronaves, la física. Los procedimientos de emergencia de las aeronaves?

c) De un ejemplo para ilustrar la diferencia entre conocimientos y habilidad.

31. a) ¿Qué significa transferencia de instrucción negativa?

b) Dé un ejemplo de esto que puede poner en riesgo la seguridad de vuelo.

c) ¿Que significa fidelidad de los dispositivos de instrucción e indique si es necesaria para la eficacia de la instrucción? Explique.

32. La memoria puede afectar de manera importante la seguridad de vuelo. A este respecto:

a) ¿Qué significa aprendizaje en exceso?

b) ¿Qué significa separación en pedazos (grandes)?

c) ¿Cuál es la diferencia entre la eficacia de la memoria de actividades continuas y de actividades en serie?

33. a) ¿Qué significa retroalimentación en la instrucción?

b) ¿Qué significan sistemas de ciclo abierto y sistemas de ciclo cerrado?

c) ¿Cuál es la diferencia entre retroalimentación intrínseca y extrínseca y por qué es importante para la eficacia de la instrucción de vuelo que los instructores de vuelo y los alumnos pilotos reconozcan dicha diferencia?

34. Los códigos de colores constituyen un medio útil de distinguir entre las diferentes secciones de un manual, lo cual puede ser de importancia crítica cuando hay que encontrar la información rápidamente, como en el caso de emergencias. Nombre dos limitaciones básicas en relación a la utilización de los códigos de colores para esta finalidad.

35. La evaluación del equipo del puesto de pilotaje y de seguridad se efectúa a menudo mediante cuestionarlos a los que deben responder los pilotos. La validez de la evaluación del equipo depende de la validez de las preguntas y de las respuestas. En este sentido, ¿qué significan:

a) preferencias relacionadas con el prestigio,

b) preguntas de tipo abierto y de tipo cerrado,

c) efecto del orden.

d) opción intermedia. Y

e) aquiescencia. multiplicidad y expectativa en las preguntas?

36 a) ¿Cuáles son los tres canales sensoriales utilizados para obtener información de las pantallas del puesto de pilotaje en las aeronaves de transporte de gran tamaño?

b) Indique dos diferencias operacionales fundamentales entre pantallas con características auditivas y visuales.

37. a) las dificultades o errores de lectura de instrumentos puede dimanar de dos causes básicas cuando los instrumentos más convencionales, de dial redondo. electromecánicos se observan desde un ángulo ¿Cuales son?

b) Indique dos razones operacionales para preferir, en cada caso , el uso de presentaciones visuales analógicas o digitales.

38. a) Nombre tres funciones básicas de un sistema de alerta en el puesto de pilotaje

b) ¿Qué significa advertencia molesta y de qué manera difiere de una falsa advertencia? ¿Qué consecuencias en el comportamiento puede provocar que afectan a la seguridad?

c) ¿Cómo puede un sistema de alerta generar transferencia negativo en la instrucción y qué riesgos puede plantear para la seguridad de vuelo?

39. a) ¿Qué significa la relación mando-presentación visual y resistencia del mando y sus repercusiones operacionales?

b) Indique cuatro métodos de codificación de los mandos a fin de reducir los errores de utilización.

c) Indique cinco métodos de protección contra los efectos negativos de la utilización de los interruptores por inadvertencia.

d) ¿Que significa el concepto de los interruptores "en secuencia horizontal" (siendo la posición de activación hacia adelante), o "en secuencia vertical", (activación en forma de barrido) y cuáles son las consecuencias operacionales y para la seguridad de reubicar los tableros del puesto de pilotaje con cada concepto?

40. a) Nombre dos consecuencias posibles en el plano del comportamiento de la automatización de las tareas del puesto de pilotaje que pueden afectar negativamente a la seguridad.

b) Indique tres justificaciones generales para la automatización de las tareas del puesto de pilotaje.

41. a) ¿En qué condiciones de la cabina puede la falta de coherencia en la ubicación del equipo de emergencia dentro de la flota ser especialmente de riesgo?

b) ¿Por que la tripulación de cabina debe estar familiarizada con los mandos de utilización de los asientos de los pilotos?

42. a) ¿Qué significa puesto de pilotaje estéril?

b) ¿Tiene esto algún respaldo jurídico o es de carácter obligatorio? Sírvase explicar.

c) Nombre dos actividades de la cabina y dos del puesto de pilotaje que podrían caer bajo esta restricción.

43. a) ¿Qué limitación básica existe en el empleo de códigos de colores y avisos en recuadro para optimizar el uso del equipo de emergencia? ¿De qué manera puede esto influir en la instrucción?

b) Indique dos problemas básicos importantes relacionados con la información sobre seguridad de la cabina de pasajeros que pueden perjudicar a la supervivencia en caso de emergencia y proponga dos maneras de reducir tales problemas.

c) Nombre 15 aspectos diferentes del diseño interior de las cabinas que requieren el aparte de información en materia de factores humanos para optimizar la seguridad y explique por qué son pertinentes para la supervivencia en caso de emergencia.

Apéndice 3 del Capítulo 1

LOS FACTORES HUMANOS EN EL ATC—
un caso ficticio para estudio

Factores humanos: expresión que ahora es del conocimiento de la mayoría de las personas que actúan en ATC. ¿Pero sabe todo el mundo el modelo teórico que entraña la misma? Más aún. ¿Sabe que se trata de más que de una teoría que todos los días se manifiestan sus efectos en nuestro medio de trabajo?

La finalidad de este apéndice es ilustrar por medio de un ejemplo en qué consisten los factores humanos en el medio ATC. Este caso para estudio consta de tres partes. La Parte 1 describe las circunstancias en que ocurrió un accidente; la Parte 2 aporta más información sobre los antecedentes de las personas involucradas (problemas de factores humanos); mientras que la Parte 3 señala las posibles mejoras que pueden introducirse (o que podían haberse introducido) para prevenir que tal accidente suceda .(o vuelva a suceder).

PARTE 1
LAS CIRCUNSTANCIAS

En las primeras horas de la mañana de un lunes de otoño, un birreactor de transporte con cinco tripulantes y 63 pasajeros, mientras estaba realizando el rodaje de despegue en el aeropuerto Anyfield, chocó con un pequeño bimotor de hélice con un solo tripulante, que habla hecho incursión en la pista de despegue. El incendio subsiguiente destruyó ambas aeronaves y causó la muerte de la mayoría de los pasajeros.

Anyfield es un aeropuerto de mediana magnitud, con una solo pista a la que se puede acceder (o salir de ella) en varias intersecciones. Se trata de un aeródromo controlado, con la torre de control situada a 400 m al norte del punto medio de la pista. Las cifras del tránsito están en aumento por haber empezado a operar desde y hacia este aeropuerto algunos servicios de conexión.

Aunque el aeropuerto esta en una región en la que hay niebla algunos días del año, no esta dotado de radar de movimientos en superficie ni cuenta con iluminación especial en las calles de rodaje para utilizar cuando las condiciones de visibilidad son pobres.

El control de tránsito aéreo de Anyfield no tiene todo el personal que debiera pero hasta el momento no se habla considerado necesario de imponer restricciones a las operaciones desde y hacia Anyfield. Hay una frecuencia separada para atender las aeronaves en rodaje (Control de tierra).

En el momento de la colisión, la visibilidad medio era de unos 700 m con bancos de niebla, lo cual es apenas suficiente para que el controlador de la torre pueda ver la parte medio de la pista pero la visual del controlador en la intersección en que la aeronave intrusa entró en la pista estaba obstaculizada por la construcción de la nueva ampliación del edificio terminal del aeropuerto.

El controlador de la torre poseía mucha experiencia. Habla estado trabajando en ATC durante muchos años en varias instalaciones aeroportuarias de importancia y habla sido trasladado a Anyfield para impartir instrucción en el trabajo, apenas ocho meses antes del suceso del accidente.

El controlador estaba solo en la torre de control, por haberse ausentado brevemente de la torre su asistente controlador de tierra (de mucha menos experiencia) para atender necesidades fisiológicas. Ambos estaban

realizando su tercer nocturno consecutivo, hablan comenzado su servicio la noche precedente a las 22:00 horas y debían ser relevados en unos 30 minutos cuando se produjo el accidente.

Los tripulantes de la aeronave de reacción tenían experiencia en los vuelos hacia y desde Anyfield. Desde su punto de vista no había nada inhabitual en el modo en que el vuelo fue atendido por el ATC. Rodaron hacia la pista con las precauciones adicionales requeridas en vista de la niebla imperante y después de recibir autorización para despegar se cercioraron de que la aeronave estaba bien alineada con el eje de la pista antes de dar motor para el despegue.

El piloto del bimotor no estaba familiarizado con el aeropuerto Anyfield, habiendo sido enviado al mismo con poco preaviso para hacerse cargo de una aeronave que tuvo que desviarse a Anyfield dos días antes debido a las condiciones meteorológicas.

PARTE 2
DETALLE DE LOS ANTECEDENTES FACTORES HUMANOS

Aun cuando el controlador de torre poseía gran experiencia, había trabajado pocos turnos solo en la torre de Anyfield. Habiendo convalidado su habilitación de torre a principios del verano, después de esto habla estado involucrado en impartir instrucción en el trabajo en la mayoría de sus turnos Como consecuencia de la escasez de personal, se le exigía que cumpliese su parte de turnos nocturnos como todos los otros controladores. El turno en el que ocurrió el accidente era apenas el segundo en la torre de Anyfield donde habla trabajado en condiciones de niebla baja visibilidad: el primero había sido la noche precedente, cuando apenas habla tráfico alguno por ser el turno del sábado al domingo.

Varios años antes hubo un incidente en Anyfield que entrañó la incursión de un vehículo en una pista en condiciones meteorológicas similares a las de este caso. Una de las recomendaciones en ese momento fue la instalación de un SMR, junta con barras de parada en todas las intersecciones de pistas. Las autoridades decidieron que en vista del número limitado de días con niebla que justificarla el uso de un SMR, la ventaja de contar con un SMR no compensaba los costos de su instalación. Lo mismo se dijo de la instalación de barras de parada, pero en lugar de las mismas se hablan colocado señales pintadas en el pasto cerca de las intersecciones de pistas informando a los que los pudieran ver, que había una pista próxima".

A medida que comenzó a manifestarse el tránsito matutino, el controlador de torre y su controlador de tierra estaban trabajando cada uno en una radiofrecuencia de torre independiente. Cuando el controlador de tierra anunció que debía ausentarse brevemente para ir al excusado, el controlador de torre le dijo que fuera, que él se ocuparía de ambas frecuencias. Para poder hacerlo, el controlador de torre tenía que desplazarse físicamente entre los dos puestos de control en la torre, los cuales estaban a 3 m de distancia uno del otro, por no estar dotada la torre de una instalación de acoplamiento de frecuencias, las transmisiones de una frecuencia no pueden oírse por las estaciones de la otra frecuencia.

El piloto del avión de motor de embolo había llegado a Anyfield la noche anterior. Después de un corto sueño fue al aeropuerto rápidamente para perder lo menos posible de tiempo, dado que su compañía deseaba tener la aeronave de vuelta en su base lo más pronto posible. Después de los mínimos preparativos necesarios, fue a su aeronave y llamó al ATC para obtener la aprobación del rodaje hacia la pista. Obtuvo la autorización y comenzó el rodaje pero muy pronto se encontró perdido en el aeropuerto, que no le era familiar y estaba cubierto de niebla. El hecho de que no hubiera señales que designaran las diversas intersecciones de pista tampoco fue de mucha ayuda.

Las grabaciones de las radiocomunicaciones de torre demostraron que el piloto del avión de motor de émbolo llamó entonces al controlador de tierra (por radiotelefonía) y pidió instrucciones de rodaje

progresivas". El controlador de tierra contestó preguntando dónde se encontraba. El piloto dijo: ' Creo que me estoy aproximando a la intersección Foxtrot", a lo cual el control de tierra respondió: "En Foxtrot siga derecho el rodaje". En realidad, el piloto habla ya pasado el punto Foxtrot y debería haber virado hacia la calle de rodaje paralela. La instrucción del controlador de tierra, aunque técnicamente correcta, hizo que el piloto rodara hacia la pista en la que el reactor estaba en su carrera de despegue. Dado que las comunicaciones a ambas aeronaves se efectuaron en frecuencias diferentes, ninguno de los pilotos estaba al tanto de lo que estaba sucediendo.

Después de la colisión, pasaron varios minutos antes de que el controlador de torre se diera cuenta de que alga anduvo mal. Por supuesto, no había observado que el reactor que estaba despegando hubiese pasado por la sección de pista que le resultaba visible, pero inicialmente atribuyó esto a los fragmentos de niebla o a que estaba distraído con el tránsito de la frecuencia del control de tierra.

Además de la niebla, el controlador de torre no podía ver la parte de la pista en que se habla producido la colisión debido a la ampliación del edificio terminal, recientemente construida, que le estaba bloqueando la visión. Así pues, no fue sino cuando quiso transferir el control del reactor que estaba despegando al próximo controlador (control de salidas) que se dio cuenta de que algo andaba mal cuando sus transmisiones al reactor quedaron sin respuesta.

Su controlador de tierra, que habla regresado muy poco después del accidente, informó al mismo tiempo que había contacto con el bimotor en rodaje. El control de torre decidió entonces alertar a los bomberos pero como no sabia siquiera a donde enviarlos se perdió más tiempo precioso al tratar los vehículos de salvamento de abrirse camino a través del aeropuerto envuelto en la niebla. Cuando llegaron por ultimo al lugar del accidente, constataron que poco podía hacerse puesto que los restos de las aeronaves se hablan quemado casi completamente.

PARTE 3
MEDIDAS PREVENTIVAS

Si el SMR hubiera sido instalado de conformidad con las recomendaciones subsiguientes al otro incidente, esto hubiera aportado las siguientes líneas de defensa (en orden decreciente):

— se podían haber dado instrucciones correctas de rodaje a la aeronave extraviada:
— los controla dores habrían observado la intrusión en la pista;
— el lugar de la colisión se habla identificado fácilmente;
—se podían haber impartido instrucciones adecuadas a los vehículos de salvamento.

Esto se aplica igualmente a las barras de parada. Si se hubieran instalado, muy probablemente el bimotor no hubiera entrado en la pista.

Como mínimo, deberían haberse elaborado procedimientos especiales para operaciones con baja visibilidad en Anyfield y los mismos deberían estar vigentes, limitando el numero de movimientos en el aeródromo. Los controladores deberían haber sido formados en el trabajo con estos procedimientos especiales, de modo ideal con simulador, a fin de ayudarlos a hacer frente a la situación inhabitual cuando ocurriera.

En sus conversaciones con las autoridades aeroportuarias, la gerencia de ATC debería haberse opuesto firmemente a los planes de ampliación del edificio terminal. Pero, como consecuencia de no contar con el aparte de los controladores operacionales (que no podían concurrir a las reuniones por haber escasez de personal), la gerencia no sabia siquiera que podría plantearse un problema de línea de visión para la torre de control.

El controlador no debería haberse encontrado en una posición en que se viese forzado a trabajar en dos puestos solo. En todo momento, los puestos de ATC deberían contar con suficiente personal para permitir que el tránsito se atienda de modo seguro.

La instalación de un acoplador de frecuencias podría haber ayudado a prevenir que la colisión se produjera. Actualmente, estos sistemas se consideran "facultativos" por las autoridades aeronáuticas, por lo cual pocas instalaciones ATC cuenta con ellos.

La dirección debería asegurarse de que los instructores que imparten instrucción en el trabajo cuentan con la posibilidad de mantenerse al día en los puestos en que deben enseñar, dando al instructor horarios de trabajo sin alumnos a intervalos regulares. Dichas obligaciones deben ser lo suficientemente interesantes como para permitir al instructor o instructora practicar sus habilidades (en otras palabras: los turnos sin tráfico pueden parecer buenos pero no tienen ningún valor para mantenerse al día en su experiencia!)

Si hubiera habido un programa de instrucción bien ideado que guardara relación con las obligaciones del turno, la gerencia habría reconocido que el controlador, aun cuando capacitado, no podía compenetrarse con el trabajo en la torre de Anyfield en condiciones de baja visibilidad. Lo ideal hubiera sido que no se le hubieran asignado tareas sin supervisión cuando había pronóstico de baja visibilidad.

Una instrucción especial para operaciones en baja visibilidad habría hecho consciente al controlador de los peligros entrañados, alertándolo para que fuese más positivo al guiar al piloto extraviado durante el rodaje. Como mínimo, no habría dada al piloto información que no era pertinente.

Está comprobado científicamente que cuando se trabaja turnos nocturnos consecutivos, el desempeño de las personas que efectúan tareas cognoscitivas (como en el ATC) disminuye considerablemente a partir de la segunda noche, especialmente entre las 03:00 y las 07:00 horas. El controlador de Anyfield estaba en su tercera noche seguida, lo cual podría explicar por qué no reconoció la situación potencialmente peligrosa que en otras circunstancias no podía haberle pasado desapercibida. Al formular los turnos para los controladores, es aconsejable mantener a un mínimo el numero de turnos nocturnos consecutivos.

Basándose en el pronóstico meteorológico, y teniendo en cuenta que el piloto del avión de motor a embolo no estaba familiarizado con el aeropuerto Anyfield, puede sostenerse que hubiera sido mejor que el explotador hubiese enviado **dos** pilotos para recuperar la aeronave. Aun con un limitado conocimiento de los principios de CRM, un segundo piloto podría haber prevenido que el otro piloto actuase como lo hizo.

EPÍLOGO

En la Parte 3 hay una amplia lista de fallas latentes que contribuyeron en su totalidad a la oportunidad para que se produjera el accidente. ¿Pero hay también fallas activas en la historia? Según la teoría, debe haberlas pues de lo contrario no se habría producido el accidente.

Y por cierto que hay dos fallas activas: una, por parte del piloto del avión de motor de embolo, y otra, por parte del controlador de torre. El piloto no se dio cuenta de haber entrado en una pista; el controlador no respondió adecuadamente a la indicación del piloto de que estaba extraviado cuando estaba efectuando el rodaje.

Es importante observar que la falla activa del piloto no podía haber ocurrido sin la del controlador primero. En otras palabras: hacia falta solo una falla activa para que sucediera el accidente, dado que la oportunidad para la misma había sido creada mucho antes por una serie de fallas latentes.

CAPÍTULO 2

INSTRUCCIÓN SOBRE GESTIÓN DE LOS RECURSOS DE TRIPULACIÓN (CRM)

2.1 INSTRUCCIÓN SOBRE GESTIÓN DE LOS RECURSOS DE TRIPULACIÓN (CRM)

Antecedentes y justificación

2.1.1 En los últimos quince años se ha acumulado una creciente cantidad de evidencia que sugiere que el 70% de los incidentes y accidentes de los transportistas aéreos han sido causados, por lo menos en parte, por falta de la tripulación de vuelo en utilizar recursos fácilmente disponibles. Los programas de investigación han demostrado que este tipo de sucesos tienen muchas características comunes. Una de las más apremiantes observaciones de estos programas es que a menudo los problemas que confrontan las tripulaciones de vuelo responden a toma de decisiones deficiente, comunicaciones ineficaces, liderato inadecuado, y mala administración. Además, muchos programas de instrucción tradicionales hacen hincapié casi exclusivamente en los aspectos técnicos del vuelo, y no tratan eficazmente de los diversos tipos de estrategias y técnicas de manejo de la tripulación que son esenciales también para la seguridad de vuelo.

2.1.2 Estas observaciones han llevado a un consenso, tanto en la industria como en los gobiernos, de que es necesario hacer mayor hincapié en los factores que ejercen influencia en la coordinación de la tripulación y la gestión de los recursos de la tripulación. Para decirlo brevemente, la gestión de los recursos de tripulación (CRM) es el uso efectivo de todos los recursos disponibles, esto es, equipos, procedimientos y personas, a fin de lograr operaciones de vuelo seguras y eficaces. Los programas de instrucción CRM han sido preparados o se encuentran en vías de serlo por varios explotadores importantes. Aunque dicho concepto es objeto actualmente de amplia aceptación, sólo se ha logrado un progreso limitado en la industria en conjunto. Es más, existe cierta confusión con respecto a los elementos clave de la instrucción CRM, y acerca de cómo hacer para preparar un programa de instrucción CRM.

2.1.3 Con estas preocupaciones en mente la Comisión de Aeronavegación de la OACI examine entre marzo y mayo de 1994 las Partes I, II y III del Anexo 6 (*Operación de aeronaves*) con el propósito de actualizar y armonizar las tres partes. La Comisión adoptó entre otras, una propuesta de incluir en el Anexo 6 una norma en materia de instrucción inicial y renovable sobre los conocimientos y las aptitudes para las tripulaciones de vuelo en materia de factores humanos. La Enmienda 21 del Anexo 6 se hizo aplicable en noviembre de 1995. El Anexo 6 se agregó así al Anexo 1 (véase el Capítulo I) y al Anexo 13 (véase el Capítulo 4) en la inclusión de normas y métodos recomendados (SARPS) en materia de factores humanos. La octava edición del Anexo 1 (*Licencias del personal*) incluye requisitos de instrucción relativa a factores humanos para los candidatos a una licencia de piloto desde 1989 y para una licencia de controlador a partir de 1994. La octava edición del Anexo 13 (Investigación de accidentes de aviación) aplicable desde noviembre de 1994 exige que el formato del informe final incluya informaciones sobre la organización y la gestión, es decir, informaciones pertinentes relacionadas con las organizaciones y su gestión involucradas en la influencia que pueden ejercer en la operación de las aeronaves.

Requisito de los factores humanos en el Anexo 6

2.1.4 La nueva norma sobre factores humanos del Anexo 6 debe considerarse a la luz del análisis que antecede. El texto de la enmienda, que figura en la Parte 1, Capítulo 9, bajo el titulo *de Programas de instrucción de los miembros de la tripulación de vuelo* (9.3.1). expresa que:

> *".. El programa de instrucción incluirá también, la instrucción sobre los conocimientos y las aptitudes relacionados con el desempeño humano….."*

Exige además, que:

> *"..EL programa de instrucción se impartirá sobre una base recurrente como lo determine el Estado del explotador y comprenderá un examen para determinar la competencia".*

2.1.5 La experiencia dentro de la comunidad de la aviación muestra claramente que la elaboración y la implantación de la instrucción sobre factores humanos dentro de una línea aérea o un organismo docente constituye un esfuerzo de largo alcance. La elaboración y la implantación de la instrucción sobre la gestión de los recursos de tripulación (CRM) y la instrucción de vuelo orientada a la línea aérea (LOFT) lleva aproximadamente un año, dada que entraña la recopilación y la interpretación de datos. Además, la capacitación de todos los pilotos de toda la línea aérea en CRM puede insumir varios años, según la magnitud del personal. Es indispensable que las empresas resistan a la tentación de adquirir programas de serie; se recomienda en sumo grado que desarrollen programas de instrucción CRM que se ajusten a sus necesidades concretos y que incluyan en los mismos una plena consideración de su cultura empresarial así como los problemas interculturales. La finalidad del presente capítulo es por lo tanto ser de ayuda a las administraciones de aviación civil y, de modo especial, para los explotadores que deben ahora incluir la instrucción sobre factores humanos en los planes de estudio de sus pilotos.

Las implicaciones de la enmienda

2.1.6 La Enmienda 21 del Anexo 6 tiene importantes consecuencias para la comunidad de la aviación internacional, lo cual incluye a los instructores y preparadores de la instrucción, a las autoridades normativas y a los investigadores en la esfera de los factores humanos. La necesidad de desarrollar los conocimientos y las aptitudes relativas a los factores humanos entre los miembros de las tripulaciones de vuelo tiene la misma importancia que la relacionada con los sistemas, los procedimientos normales, los anormales y los de emergencia. El incumplimiento del requisito de proporcionar instrucción sobre factores humanos significarla el incumplimiento de una norma internacional. Muchas empresas ya imparten instrucción sobre factores humanos, principalmente a través de la CRM y la LOFT. Pero hay también un número considerable de explotadores que no han implantado todavía dicha instrucción y la responsabilidad de la concepción e implantación de la instrucción recaerá sobre los instructores y preparadores de la instrucción. A ellos incumbe la responsabilidad de tratar que la instrucción inicial sobre factores humanos se optimice y que la instrucción renovable sobre factores humanos es pertinente desde el punto de vista operacional v que observe la filosofía que guía a la Enmienda 21 como se explica en este capítulo. De lo contrario, la instrucción de factores humanos podría prestarse a un mal uso involuntario que haría más mal que bien.

2.1.7 El trabajo real en este esfuerzo recaerá no obstante en el medio normativo y el académico. Sigue preocupando que importantes sectores de la comunidad internacional confunden todavía la evaluación de las aptitudes en materia de factores humanos en los entornos operacionales con una evaluación acrecentada medico o psicológica del personal operacional. Hay todavía, obviamente, amplia cabida para la educación, dada que si tales errores de concepción se tradujesen en hechos, contrarrestarían posiblemente sin remedio la finalidad de seguridad y las ventajas consiguientes del nuevo requisito de instrucción sobre factores humanos.

2.1.8 La comunidad normativa tendrá la responsabilidad de formular reglamentos adecuados en una esfera en que, a pesar de una campaña educativa de importancia y del considerable esfuerzo de la OACI y de otros organismos internacionales, hay todavía errores de concepción respecto a las metas y objetivos perseguidos por la reglamentación en materia de factores humanos. Algunos Estados ya han implantado los requisitos sobre instrucción de factores humanos para las tripulaciones de vuelo. Se espera que tanto para las administraciones de aviación civil como para las empresas aéreas que necesitan asesoramiento, los mecanismos de cooperación internacional, que han sido una marca propia de la aviación, serán movilizados una vez más.

2.1.9 los investigadores en la esfera de los factores humanos aportan una contribución fundamental a la implantación de la instrucción sobre factores humanos para las tripulaciones de vuelo. La eficacia de CRM/LOFT como vehículo para la instrucción de factores humanos es incuestionable. La evaluación de CRM ha sido el foco de numerosos esfuerzos por investigadores de diferentes Estados. Subsiste sin embargo el hecho de que no hay un útil universalmente reconocido para la evaluación de quien estudia CRM/LOFT. Si bien se ha avanzado alga, la enmienda del Anexo 6 dicta la necesidad de esfuerzos adicionales en la esfera de la investigación. Por cierto una empresa considerable, la elaboración de un útil de examen para la instrucción CRM/LOFT constituye un esfuerzo que aportara enormes dividendos en términos de una seguridad y de una eficiencia perfeccionadas del sistema de la aviación. Merece por consiguiente una atención sin reserves, dada que hasta que no se disponga de tal instrumento y sea aceptable, el buen juicio de las pruebas sobre las aptitudes en factores humanos estará sujeto a cuestionamiento. Hasta que no se aclaren los errores de concepción y de comprensión imperantes, y hasta que no se elabore y acepte un útil de evaluación objetivo por consenso de opinión; hasta que no se superen estos obstáculos, podremos evaluar los **conocimientos** en materia de factores humanos, pero debemos ser muy prudentes cuando se trate de la evaluación de las **aptitudes** relacionada con los factores humanos.

Generalidades

2.1.10 La instrucción CRM es apenas una aplicación práctica de los factores humanos. Aunque la CRM puede enfocarse desde muchas diferentes maneras, hay algunas características que son esenciales. La instrucción debe concentrarse en el funcionamiento de la tripulación de vuelo como un grupo integro, y no simplemente como una reunión de personas técnicamente competentes; y debería proporcionar a los miembros de la tripulación la oportunidad para practicar sus aptitudes en conjunto en las funciones que normalmente desempeñan en vuelo. El programa debería enseñar a los tripulantes cómo utilizar sus propios estilos personales y de dirección de manera que fomenten la eficiencia de la tripulación. El programa debería además enseñar a los miembros de la tripulación que su comportamiento durante circunstancias normales o rutinarios puede tener un fuerte impacto en lo bien que pueda desempeñarse la tripulación en conjunto durante situaciones tenses y de gran volumen de trabajo. Durante situaciones críticas de emergencia entran en juego aptitudes y conocimientos realmente básicos, y es poco probable que cualquier miembro de la tripulación tenga el tiempo suficiente para reflexionar acerca de su formación CRM a fin de determinar cómo actuar. Las situaciones similares experimentadas durante la instrucción aumentan la probabilidad de que la tripulación resuelva situaciones tensas reales en forma más competente.

2.1.11 La investigación sugiere firmemente que los cambios en el mismo en cualquier ambiente no pueden lograrse en un corto período de tiempo. aún si la instrucción esta muy bien concebida. los estudiantes necesitan tiempo, conciencia, práctica y retroanálisis, así como una ayuda continua para aprender lecciones que duren por largo tiempo. A fin de resultar eficaz, la instrucción CRM ha de ejecutarse en varías fases.

2.1.12 .En consecuencia, la instrucción CRM debería incluir por lo menos tres distintas fases:

a) una fase de conocimiento consciente en la que se definan y discutan los asuntos CRM;

b) una fase de práctica y retroanálisis en la que los estudiantes adquieran experiencia con las técnicas CRM; y
c) una fase de refuerzo continuo en que se traten los principios CRM a largo plazo.

A continuación se discuten en mayor detalle cada una de estas tres fases.

Fases de instrucción CRM

Conocimiento consciente

2.1.13 El conocimiento consciente constituye la primera fase esencial y abarca generalmente presentaciones concentradas en el papel que juegan los factores interpersonales y de grupo en el mantenimiento de la coordinación de la tripulación. Es importante dado que suministra una terminología común y un mecanismo conceptual para que los miembros de la tripulación comiencen a pensar en sus problemas de coordinación y cómo han contribuido a los accidentes e incidentes dichos factores en el pasado. Una manera útil para iniciar esta fase podría ser la de introducir las aptitudes CRM en cuanto se refieren a comunicación, conciencia de la situación, solución de problemas, etc.

2.1.14 Otras técnicas útiles pueden incluir instrucción por computadora, labor preparatoria para instrucción en sala de clases, estudios detallados de casos de accidentes e incidentes en busca de cuestiones relativas al comportamiento de la tripulación, y ejemplos en cinta-vídeo de buen y mal comportamiento de grupo en el puesto de pilotaje. La exposición del personal de línea y de instrucción a la fase de conocimiento consciente es una parte crítica de la instrucción CRM y dicha exposición resulta también beneficiosa para exaltar la conciencia a este respecto en una organización.

2.1.15 El conocimiento consciente fomenta la credibilidad y ayuda en el cambio de actitudes; sin embargo, es importante reconocer que este constituye apenas un primer paso. Algunos programas se atienen casi exclusivamente a este aspecto de la instrucción, pero la instrucción en sala de clases solo probablemente no alterará en forma significativa las actitudes de los miembros de la tripulación y su comportamiento a largo plazo.

Práctica y retroanálisis

2.1.16 La segunda fase de la instrucción CRM es la práctica y el retroanálisis. Algunos programas utilizan técnicas psicodramáticas a fin de fomentar la práctica en las aptitudes de grupo, así como cuestionarlos sobre personalidad y evaluación de actitudes como medios para proporcionar a las personas un retroanálisis sobre sus propios estilos interpersonales, algunos de los aspectos de los cuales probablemente ellos no hayan evaluado previamente. La personalidad y el discernimiento de actitudes permite a las personas reconocer algunos de sus puntos fuertes y sus debilidades. La actuación de funciones o los ejercicios de grupo pueden proporcionar práctica valiosa en la esfera de toma de decisiones de la tripulación y otras actitudes discutidas en la fase sobre conocimiento consciente del programa CRM. La revisión de ejemplos en cinta-video sobre buen y mal comportamientos en conjunto tanto en bajo como en alto volumen de trabajo en regímenes de vuelo constituye otra buena técnica de práctica.

2.1.17 La instrucción de vuelo orientada a la línea aérea (LOFT) es un método comprobado para ofrecer práctica y retroanálisis sobre coordinación y CRM, ya que LOFT es un ejercicio de formación sobre comportamiento de grupo. Los escenarios LOFT bien concebidos requieren los esfuerzos coordinados de todos los miembros de la tripulación para lograr un rendimiento satisfactorio de la misma. LOFT parece

resultar particularmente eficaz cuando se conjuga al retroanálisis en cinta-vídeo y la autocrítica. Para consideraciones en mayor detalle sobre el programa LOFT véase 2.4.

2.1.18 Si se dispone de los mismos, deberían utilizarse simuladores para los ejercicios LOFT conjuntamente con retroanálisis en cinta-vídeo en un programa de instrucción CRM. Si no hay simuladores de vuelo, pueden emplearse ejercicios de actuación de funciones con el retroanálisis en video que exijan la solución de problemas por el grupo.

2.1.19 El retroanálisis en video es particularmente eficaz dada que la perspectiva de terceros crea un nivel de conocimiento consciente que no es posible con otras técnicas. Esta perspectiva proporciona discernimiento y provoca la "autocrítica" que parece constituir un tuene estimulante para el cambio de actitud y de comportamiento. Resulta prácticamente imposible negar la presencia de un estilo empresarial o interpersonal si uno lo ve por si mismo. Es más, estos ejercicios de retroanálisis en vídeo ofrecen la oportunidad para recibir la crítica de semejantes. Existe amplia evidencia de la eficacia de la técnica de retroanálisis en vídeo, que debería utilizarse siempre que sea posible.

2.1.20 En el pasado, muchos programas CRM han terminado con la etapa de práctica y retroanálisis, y aunque los miembros de la tripulación generalmente abandonan dichos programas con la impresión de que han aprendido valiosas lecciones, dicho discernimiento tiende a atenuarse muy a menudo rápidamente. Hoy sabemos que para que un programa CRM produzca más que una comprensión a corto plazo, es necesario reforzarlo e integrarlo en un programa de instrucción periódico.

Refuerzo

2.1.21 La tercera fase es refuerzo. No importa cuan efectivo sea el programa CRM en sala de clases, los ejercicios interpersonales, los ejercicios LOFT y las técnicas de retroanálisis, una solo exposición a los mismos no será suficiente. Las actitudes y las normas indeseables que contribuyen a una coordinación ineficaz de la tripulación están omnipresentes y se han desarrollado durante la vida del miembro de la tripulación. Es irreal esperar que un programa de instrucción corto contrarreste toda una vida de desarrollo. Para su máximo efecto, el programa CRM debe enclavarse en el programa total de instrucción, debe reforzarse continuamente, y debe convertirse en una parte inseparable de la cultura de la organización. El último factor se pasa por alto a menudo; sin embargo, es evidente que la instrucción CRM exige el apoyo de los más altos niveles de la administración.

2.1.22 La instrucción CRM debe instituirse por lo tanto como parte regular del requisito de instrucción periódica, y debería incluir un plan de repaso y ejercicios de práctica y retroanálisis tales como LOFT, o un substituto adecuado, empleando retroanálisis en video. Es especialmente importante que algunos de estos ejercicios CRM periódicos se lleven a cabo con una tripulación complete, ocupando los miembros de la tripulación sus puestos acostumbrados. Por ejemplo, los ejercicios periódicos de instrucción LOFT concebidos para la CRM deben efectuarse solamente con tripulaciones completas. Se subraya este hecho ya que existe la tendencia natural a creer que la CRM es sólo para los "administradores" o los comandantes. Esta creencia desdice de la esencia del objetivo principal de la instrucción CRM, cual es la prevención de incidentes y accidentes conexos. La instrucción será más eficaz dentro del contexto de tripulación completo y ello requiere ejercicios docentes que incluyan a todos los miembros de la tripulación trabajando y aprendiendo juntas. En el pasado, gran parte de la instrucción de la tripulación de vuelo ha sido separada por puesto de la tripulación, y aún cuando esto puede resultar efectivo en ciertos tipos de instrucción, tales como las del conocimiento de aptitudes y sistemas técnicos, no es apropiado en el caso de la instrucción CRM.

En qué consisite el CRM

CRM es un sistema completo para mejorar el rendimiento de la tripulación.

CRM se ocupa de la totalidad de la tripulación.

CRM es un sistema que puede ampliarse para cubrir todas las formas de instrucción de tripulaciones aeronáuticas.

CRM se concentra en las actitudes y el comportamiento de los miembros de la tripulación, así como en sus repercusiones en materia de seguridad.

CRM ofrece una oportunidad a las personas para examinar su comportamiento y adoptar decisiones individuales para mejorar el trabajo de equipo en la cabina de pilotaje.

CRM utiliza la tripulación como dependencia de adiestramiento.

En qué no consiste el CRM

No consiste en un arreglo apresurado que pueda aplicarse rápidamente.

No es un programa de instrucción que se imparta exclusivamente a unos pocos casos especiales o a casos que requieran "ajustes".

No constituye un sistema que se aplique al margen de otras actividades **de** capacitación vigentes.

No constituye un sistema dentro del cual se proporcione a las tripulaciones recetas concretas sobre cómo trabajar con los demás en la cabina de pilotaje.

No es un programa más de capacitación de tripulaciones sobre bases individuales.

No es un curso educacional pasivo, tipo conferencia.

No constituye una tentativa de la administración para regular el compor miento en la cabina de pilotaje.

Figura 2-1

Preparación del programa de instrucción

Suposiciones y condiciones previas

2.1.23 Antes de intentar la preparación de un programa de instrucción CRM, tanto la administración del explotador como los preparadores del curso deben ocuparse de tres esferas importantes;

a) objetivos globales;

b) conciencia de lo que es "buen" contra - "mal" comportamiento en el puesto de pilotaje; y

c) elementos críticos de planificación, lo cual debe incluir la recopilación de datos sobre los usuarios.

Hay dos objetivos globales que contrarrestan todos los demás aspectos de cualquier operación de vuelo. Primeramente, todo vuelo se realice para satisfacer las exigencias de producción de la línea aérea, demandas que se basan esencialmente en consideraciones económicas. En segundo lugar, la seguridad debe llevarse a su óptima expresión mediante la responsabilidad conjunta de la administración y la tripulación así como la coordinación de esta última. Estas dos metas se apoyan a veces mutuamente, estando en conflicto otras. No es siempre fácil mantener un equilibrio correcto, ni parece siempre claro cuando un objetivo o el otro es crítico. Es esencial definir e identificar conscientemente los objetivos globales dada que ellos, y los conflictos que pueden presentar, son frecuentemente la raíz de los problemas operacionales.

2.1.24 Es vital también adquirir conciencia de lo que es "buen" contra "mal" comportamiento. Los malos comportamientos pueden identificarse más fácilmente que los buenos, pero el "buen" comportamiento puede hacerse resaltar mediante el desarrollo de modelos de actuación individuales. El concepto de "buen" comportamiento es también crítico para la preservación de la propia imagen. Aunque uno no puede desear mejorar hasta que la necesidad por mejoramiento se haga sentir, ha de hacerse hincapié en la preparación del curso en los aspectos positivos. Los estudiantes han de aceptar la necesidad de interrelaciones de apoyo y cooperativas entre los miembros de la tripulación antes de que pueda evocarse un deseo de alterar el comportamiento de cada uno. Finalmente, las tripulaciones de vuelo deben instruirse acerca de como habérselas con personas difíciles.

2.1.25: En la siguiente lista se presentan elementos críticos de planificación que figuran en cualquier instrucción CRM:

a) selección cuidadosa de instructores (o coordinadores como se les llama a menudo en los programas CRM). Deben ser creíbles y seleccionarse a base de motivación, aptitudes docentes, y sensibilidad a las necesidades de los estudiantes;

b) motivación de los estudiantes;

c) justificación de la CRM. Los conceptos CRM y el propio programa de instrucción;

d) apoyo administrativo. Ningún curso será eficaz sin el firme apoyo tanto de la administración superior como la media: y

e) organizaciones profesionales. Es esencial contar con el apoyo de las personas que van a recibir la instrucción.

f) recopilación de datos sobre los usuarios, incluidos los aspectos demográficos, actitudes hacia los líderes y los subordinados, estilos de comunicación, valores en materia de trabajo, concepto de equipo y empleo y flexibilidad de los reglamentos.

2.1.26 Finalmente, ha de subrayarse que aunque es necesario identificar los patrones negativos de comportamiento, la atmósfera en si de la instrucción debe ser positiva. Por ejemplo, uno podría señalar el peligro potencial que plantea un miembro de la tripulación pasivo e identificar las clases de comportamiento que son "pasivas", de modo que las personas puedan evaluarse a si mismas y a otros. No obstante, los coordinadores CRM no deben proyectar un aspecto negativo o evaluativo hacia los participantes en si; ellos deberían en su lugar adoptar una postura positiva haciendo hincapié en las aptitudes y conceptos que llevan al mejoramiento de cada uno.

Elementos esenciales del programa de instrucción

Introducción

2.1.27 los elementos del programa están divididos en dos esferas principales: conceptos que han de comprenderse y aptitudes por adquirirse. Resulta de gran valor realzar la comprensión" de ciertos tópicos relativos a las interrelaciones entre los miembros de la tripulación. Es de igual importancia, no obstante, desarrollar "aptitudes".

2.1.28 La siguiente lista de tópicos no está completa, ni se intenta que ella substituya el concepto de aprendizaje que constituye parte integrante del aprendizaje de aptitudes. Sin embargo, los tópicos constituyen el "lenguaje" y la conciencia que permiten comprender las aptitudes y utilizarlos finalmente en un ambiente operacional. Los siguientes son los tópicos por comprender:

a) un lenguaje o glosario común de terminología;

b) el concepto de sinergia (un efecto combinado que excede la suma de efectos individuales);

c) la necesidad de que cada uno se comprometa a los principios CRM;

d) pautas para el automejoramiento continuo (instrucción periódica);

e) actitudes y comportamiento individuales y cómo afectan el esfuerzo de conjunto;

f) complacencia y su efecto en los esfuerzos de grupo;

g) idoneidad para volar; el concepto de que cada persona tiene la responsabilidad por llegar al trabajo “listo para volar” y las ramificaciones y refinamientos de dicho concepto;

h) el impacto del contexto o del entorno, tal como política y cultura de la compañía, control de tránsito aéreo, tipo de aeronave, etc.;

i) recursos disponibles: identificación y utilización;

j) identificación y asignación de prioridades;

k) componentes humanos y características de comportamiento: conocimiento consciente del ser humano como parte de muchas características complejas, a menudo incontrolables. Cada miembro de la tripulación debe estar consciente de dichas características a fin de ajustar sus propias acciones y comportamiento;

l) las relaciones interpersonales y su efecto en el trabajo de grupo: la forma en la que los miembros de la tripulación se acercan o responden entre si, tiene un efecto critico en la estructuración de grupo y sus resultados;

m) tareas que requieren la intervención del "grupo" en lugar del "individuo": algunos problemas exigen una solución de grupo mientras otros pueden resolverse mediante el esfuerzo individual;

n) identificación de normas (es decir, acciones aceptadas tácitamente, procedimientos y probabilidades): Ya sea consistentemente ó desviándose de criterios escritos, las normas ejercen fuertes presiones sobre las personas para conformarse a las mismas;

o) juicio del piloto: una vez toda la información está a disposición del piloto al mando, la situación puede estar bien definida o puede requerir discernimiento. Son estas llamadas de juicio las que con toda probabilidad pueden provocar disensión, producir inicialmente resistencia y causar un efecto negativo sobre el grupo;

p) la postura estatuaria y reglamentaria del piloto al mando como líder y comandante del grupo: Toda la toma de decisiones ha de hacerse o encaminarse por conducto del piloto al mando;

q) normas fundamentales: criterios y procedimientos que han de seguirse durante el curso de instrucción, así como en las operaciones subsiguientes. Por ejemplo, apoyo administrativo para el programa y conceptos impartidos: apoyo administrativo para aquellos que intentan actuar de conformidad con los principios aprendidos; y ausencia de medidas punitivas durante el curso y posteriormente en operaciones de vuelo reales; y las actitudes con respecto a la automatización (véase el Capítulo 3).

Aptitudes enseñadas

2.1.29 Ha de impartirse enseñanza en seis esquemas importantes:

a) Comunicación/aptitudes interpersonales
   1) influencia cultural
   2) barreras. es decir, jerarquía, edad. puesto en la tripulación
   3) afirmación positiva cortés
   4) participación
   5) escucha
   6) retroanálisis
   7) medios legítimos de disensión;

b) Conciencia de la situación
   1) conciencia total del ambiente circundante
   2) contra percepción de la realidad
   3) fijeza /distracción
   4) supervisión (constante, regular)
   5) incapacitación: parcial/total, física/mental, evidente y tenua;

c) Solución de problemas/toma de decisiones/juicio
1) arreglo de conflictos
2) revisión (inmediata, permanente);

d) Dirección/capacidad de "seguimiento"
1) estructuración de grupos
2) aptitudes administrativas y supervisorias: planificar, organizar, dirigir, controlar
3) autoridad
4) afirmación positiva
5) barreras
6) influencia cultural
7) funciones
8) profesionalismo
9) credibilidad
10) responsabilidad de todos los miembros de la tripulación
11) organización del tiempo/volumen de trabajo;

e) Control de la tensión
1) idoneidad para volar: mental y física
2) fatiga
3) incapacitación de diversos grados; y

f) Critica (tres tipos básicos)
1) análisis y planificación previos al vuelo
2) revisión permanente
3) posterior a la misión.

2.1.30 Comunicación/aptitudes interpersonales, las aptitudes específicas relacionadas con buenas prácticas de comunicación incluyen rubros tales como afirmación positiva cortés y participación, escucha activa y retroanálisis. A fin de mejorar el canal de comunicaciones, deben tomarse en cuenta las influencias culturales así como también los factores tales como jerarquía, edad y puesto en la tripulación, todo lo cual puede crear barreras a las comunicaciones en la situación del puesto de pilotaje. La afirmación positiva es una aptitud frecuentemente ignorada en la instrucción sobre comunicaciones pero vital para un puesto de pilotaje sano. Un piloto al mando puede estar abierto a la comunicación pero no en condiciones de recibir y comprender. Otros miembros de la tripulación deben estar conscientes de la importancia de la información que poseen y tener un fuerte sentimiento de valor de si mismos; un solo intento dudoso de comunicar datos importantes constituye una falta de cumplimiento con su responsabilidad. Los pilotos al mando deben tratar constantemente de hacer resaltar esta responsabilidad en sus esfuerzos de estructuración del grupo. El concepto de "medio legitimo de disensión" es un instrumento importante para despejar dudas, mantener las líneas de comunicación y mantener la propia imagen.

2.1.31 Conciencia de la situación**.** El tener conciencia de la situación se refiere a la habilidad que tiene cada uno para percibir con precisión qué es lo que sucede en el puesto de pilotaje y en el exterior de la aeronave. Se extiende además a la planificación de varias soluciones a cualquier situación de emergencia que pudiese ocurrir en el futuro inmediato. El mantener un estado de conciencia de la propia situación es un proceso complejo, motivado en gran parte por la comprensión de que la percepción que tiene uno de la realidad difiere a veces de la propia realidad. Este conocimiento consciente promueve la interrogación constante, La contraverificación, y el perfeccionamiento de la propia percepción. Se requiere una supervisión constante y consciente de la situación. Obsérvese que la situación a que aquí se hace referencia incluye el ambiente humano. La evaluación de uno mismo y de otros en cuanto a incapacitación parcial o total es vital pero se pasa por alto a menudo.

Esferas de instrucción CRM

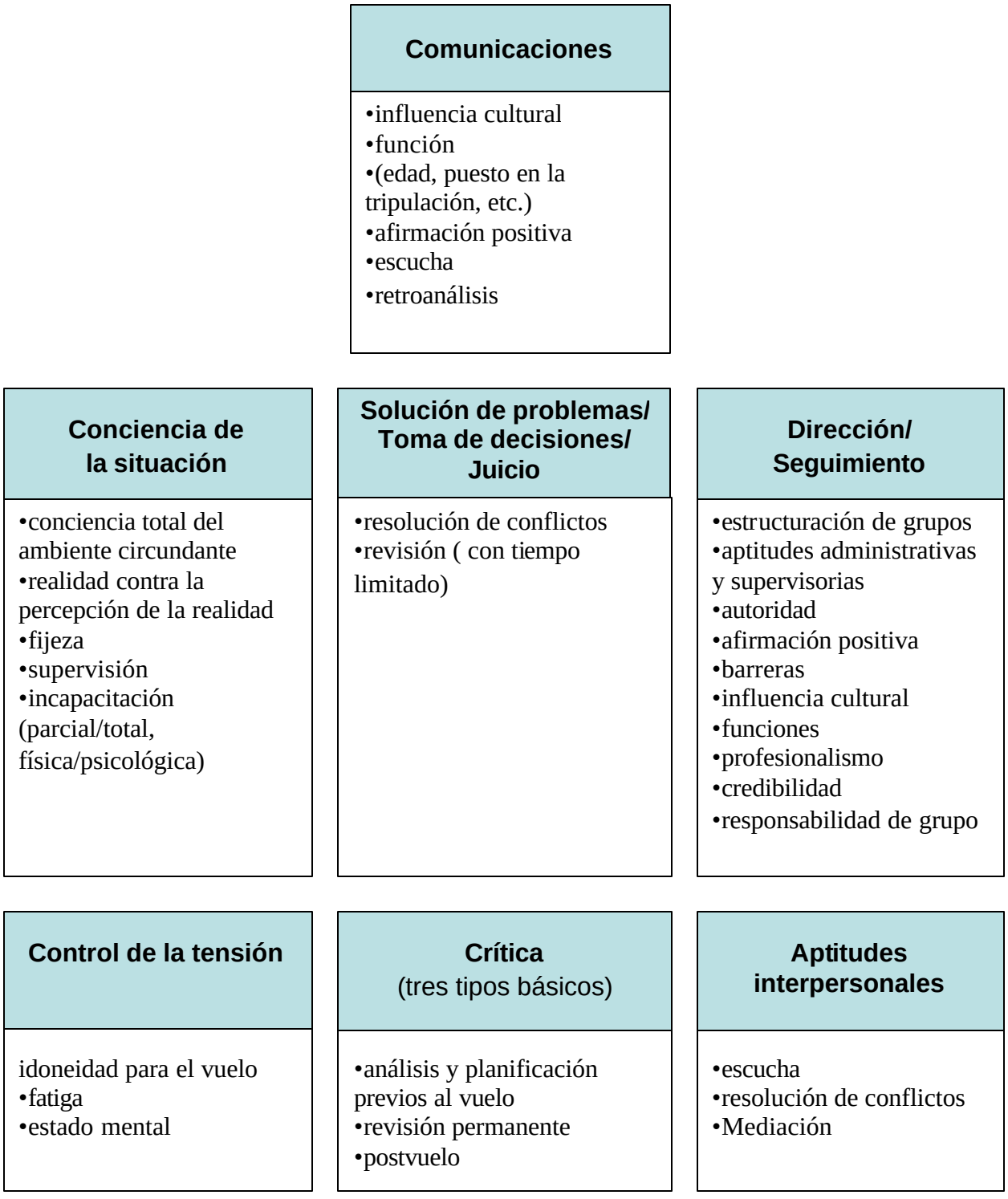


Figura 2-2

2.1.32 Solución de problemas/toma de decisiones/juicio. Estos tres tópicos son muy amplios y se interrelacionan en gran parte uno con otro así como con las demás esferas. Uno podría considerar la

solución de problemas como un ciclo general de sucesos que se inicia con el aporte de la información y termina con el juicio del piloto tomando una decisión final. Durante la fase en la que se solicita y ofrece información, pueden representarse algunos puntos de vista antagónicos. Son apropiadas por lo tanto en este momento las aptitudes para la solución de conflictos. Todas las decisiones han de venir del piloto al mando dada que el grupo fallara si no se mantiene la autoridad de mando, que exige el apoyo de todos los miembros de la tripulación. La revisión inmediata en vuelo, posteriormente a la decisión constituye igualmente un concepto vital para promover la buena toma de decisiones.

2.1.33 Dirección/capacidad de "seguimiento". En este campo se reconoce claramente que la función de mando conlleva una responsabilidad especial. Por ejemplo, aunque cada uno de los miembros de la tripulación debería estar planificando y administrando activamente su propio volumen de trabajo con respecto al tiempo, el piloto al mando es responsable por la gestión general del vuelo. Esta autoridad de mando debe reconocerse en todo momento. La eficacia de la autoridad de mando no puede suponerse por el puesto solamente. La credibilidad de un líder se forma con el tiempo y debe afianzarse mediante esfuerzo consciente. Asimismo, todo miembro de la tripulación carente de mando es responsable por contribuir activamente al esfuerzo del grupo, por vigilar los cambios en la situación y por ser positivamente afirmativo cuando sea necesario.

2.1.34 Control de la tensión. La tensión crea a las tripulaciones una clase especial de problema ya que sus efectos son a menudo sutiles y difíciles de evaluar. Aunque cualquier tipo de situación de emergencia crea tensión, existe también la tensión, tanto física como mental, que un miembro de la tripulación pueda aportar a la situación y que los demás no puedan detector. La idoneidad general para el vuelo de todo miembro de una tripulación puede no obstante disminuir debido a fatiga, problemas mentales y emocionales, etc., al extremo de que los demás miembros de la tripulación pudieran considerar dicha persona como incapacitada. Las aptitudes relativas al control de la tensión se refieren no solamente a la habilidad de uno para percibir y ajustarse a la tensión en otros, sino esencialmente para anticipar, reconocer y dominar su propia tensión también. Esto incluiría las tensiones psicológicas tales como las referentes a la preparación de horarios y listas de personal, la ansiedad pertinente a cursos y verificaciones, las tensiones relacionadas con la carrera y logros conexos, los problemas interpersonales tanto con los auxiliares de cabina como con otros miembros de la tripulación de vuelo, así como la interconexión entre hogar y trabajo, incluso los problemas hogareños correspondientes (salad de la familia, educación de los hijos, etc.). Incluiría igualmente las llamadas tensiones por sucesos de la vida, tales como las relativas a la muerte de un cónyuge, divorcio o matrimonio, todos los cuales representan cambios importantes en la vida.

2.1.35 Varios explotadores intentan aliviar los problemas de la tensión estimulando las comunicaciones abiertas y francas entre la gestión de operaciones y los miembros de la tripulación de vuelo, y considerando la tensión como parte del concepto de "idoneidad para el vuelo". El prerrequisito para esto es la comprensión por parte de la administración del problema que constituye la tensión. En por lo menos un caso, la comprensión requerida por el personal administrativo se alentó haciendo que los administradores y otro personal no parte de la tripulación asistan a la instrucción CRM.

2.1.36 Crítica**.** Las aptitudes de critica se refieren generalmente a la habilidad para analizar un plan de acción ya sea futuro, actual, o pasado. Dado que las técnicas para lograr la crítica varían de acuerdo con la disponibilidad de tiempo, recursos, e información, se distinguen tres tipos básicos de crítica:

a) análisis y planificación previos al vuelo;

b) revisión permanente como parte del procedimiento de solución de problemas en vuelo; y

c) análisis posterior a la misión.

Todos los tres son de vital importancia pero se pasan por alto a menudo en las operaciones y durante la instrucción Cada tipo tiene dos elementos fundamentales, esto es, acordarse de hacer la critica, y la estructuración de la crítica misma.

Técnicas de instrucción

Introducción

2.1.37 La eficacia de las técnicas específicas varía con la fase de instrucción:

a) Conocimiento consciente. Esta fase se encamina hacia la instrucción individual. El objetivo principal es el de motivar los estudiantes dándoles un buen comienzo. y suministrar un mecanismo conceptual para CRM.

b) Práctica y retroanálisis. En este caso el objetivo es el de lograr una comprensión de los principios tal cual se definen en el compendio de estudios. Se logra mejor en grupo.

c) Refuerzo: Esta es esencialmente una función de grupo pequeño. La meta final es la de alcanzar una adquisición y realce duraderos de las aptitudes necesarias en todos los tripulantes del puesto de pilotaje.

Principios básicos

2.1.38 los siguientes principios básicos son aplicables a toda la instrucción, sin consideración de las características y recursos de la organización docente:

a) Es esencial la participación de piloto y grupo.

b) los instructores/coordinadores deben ser creíbles.

c) Es importante establecer y utilizar términos y principios que sean familiares a los pilotos y comunes en la organización.

d) las técnicas que resultan buenas en una cultura puede ser que no resulten en otra. La disponibilidad de las aptitudes personales y otros recursos que exigen algunas de las técnicas es una consideración obvia. (*Nota.— la expresión cultura se utiliza aquí en su más amplio sentido e incluye tanto la cultura nacional como la de empresa. Las normas de las organizaciones y su administración origen étnico, religión. etc.)*

e) El adiestramiento de los instructores es crítico, ya que ellos requieren instrucción especial que les permita adquirir comprensión y aptitudes por encima y más allá del programa de estudio básico.

f) En casi todos los casos puede utilizarse eficazmente más de una técnica.

g) Existe una gran confusión con respecto al requisito que prescribe el uso óptimo de simuladores. Como pauta general, no se necesitan simuladores de alta fidelidad para la instrucción en materia de conocimiento consciente. Son necesarios, no obstante, para la instrucción relativa a manejo/aptitudes.

h) Pueden utilizarse eficazmente más de un tipo de medios (tales como disertaciones, cintas cinematográficas, grabaciones audiovisuales, etc.) en varias de las técnicas, e igualmente importante, varias técnicas pueden utilizar eficazmente los mismos medios.

Categorías de técnicas de instrucción

2.1.39 las técnicas CRM se dividen en dos categorías: técnicas básicas que son importantes en todos los aspectos de la instrucción CRM, y técnicas que son particularmente eficaces en fases específicas de la instrucción.

***Técnicas básicas para todas las fases de la instrucción*:**

— Ritmo (o regulación) de la presentación del material didáctico. Esto entraña tanto la cantidad de material presentado así como el período de tiempo en que se ofrece. Las variantes las constituyen la fase de la instrucción, los conocimientos y experiencia de los estudiantes, y las técnicas especificas que se utilizan.

— Coordinación creíble. Esto no significa que el coordinador (instructor, disertante, etc.) debe ser un piloto calificado de línea aérea, aunque se ha logrado un éxito considerable utilizando al máximo pilotos de línea en esta función Es esencial que los pilotos-estudiantes reconozcan al coordinador como un experto en la materia, y que perciban esta última como pertinente e importante para las operaciones de vuelo.

***Técnicas para fases especificas de la instrucción*:**

— Seminarios docentes o prácticos. Los seminarios de instrucción o los prácticos son más efectivos si pueden celebrarse en un lugar aislado del ambiente normal hogareño o de trabajo, especialmente en la fase de conocimiento consciente. Sin embargo, esto no es siempre posible y pueden citarse varios ejemplos de seminarios satisfactorios efectuados en el lugar corriente de instrucción.

Una línea aérea utiliza hasta dieciocho estudiantes en sus seminarios de instrucción o de trabajo que se celebran en un lugar privado de los locales de la compañía. El grupo se divide luego en grupos más pequeños de cinco o seis estudiantes para las fases interactivas de la instrucción. Con anterioridad al seminario, se les da también a los estudiantes una pequeña cantidad de textos introductorios. El fin que se persigue es el de establecer un mecanismo conceptual para la gestión de recursos y para motivar los estudiantes. Otra línea aérea imparte seminarios con veinticinco a treinta participantes. Los objetivos son los de proporcionar a los alumnos una percepción interna de su propio comportamiento y reacciones, y suministrar ideas acerca de cómo resolver las deficiencias y problemas de cada uno en situaciones normales, anormales y de emergencia. Al seminario de tres días (dieciocho horas) se sigue luego con un ejercicio en simulador LOFT de hora y media.

—Grupos de expertos. Los grupos de expertos son eficaces. Esto incluye grupos 'expertos", grupos de expertos participantes o una combinación de ambos. Pueden presentarse en forma viviente o utilizando medios tales como casetes en audio o visuales.

—Ejercicios de grupo. Se han utilizado una gran variedad de ejercicios de grupo que han demostrado ser muy útiles.

—La instrucción CRM puede impartirse en grupo o de persona a persona. La adquisición de aptitudes CRM y su retención exige un medio interactivo y un grupo.

—La grabación en video de los ejercicios de grupo es importante para lograr una eficacia máxima. Mientras por lo menos una línea aérea entrega el vídeo-casete al estudiante dada su potencial de instrucción constante, en otra línea aérea esto es prohibido según un acuerdo con sus pilotos por el temor de su posible mal uso. En tales casos es obligatorio borrar la cinta después de su uso.

—Actuación de los participantes. La actuación de funciones conduce a considerable discusión y alguna controversia. El conocimiento de principios CRM y un coordinador (instructor) experimentado y digno de crédito son importantes.

a) Esta técnica puede ser muy efectiva cuando se cambian los papeles actuados ya que ofrece a los participantes una perspectiva diferente.

b) Constituye una buena instrucción para pilotos nuevos.

c) Puede utilizarse para evaluación personal el primer día, y luego en el último día para observar los cambios de comportamiento.

—Retroanálisis de rasgos interpersonales. Esta técnica entraña evaluación por parte del coordinador y retroanálisis en forma numérica del estudiante durante la exposición verbal posterior. Dicho retroanálisis puede utilizarse para mejorar la eficacia de la supervisión, para identificar los estilos interpersonales de cada uno y la critica tanto del propio comportamiento como el de otros.

El razonamiento para el uso de esta técnica es el de que las diversas aptitudes para la gestión de recursos, tales como las comunicaciones, pueden medirse y cuantificarse. El perfil generado en esta forma puede acompañarse de métodos alternativos para mejorar el comportamiento y lograr objetivos. Permite a los comunicadores desarrollar un medio para escoger "la herramienta ideal para el trabajo". La técnica analítica se denomina análisis del comportamiento. Exige un líder o instructor idóneo, y ha demostrado ser muy eficaz en una amplia variedad de líneas aéreas y organizaciones aeronáuticas.

—Dirección en materia de situación. Esta técnica emplea un inventario especial para estimular el pensamiento sobre estilos alternativos de dirección. Destaca la importancia de reconocer las características y "disposición" (tanto disposición para el trabajo como psicológica) de los seguidores (otros miembros del grupo) a fin de desarrollar todo el potencial del grupo. Un estilo de dirección eficaz con un grupo puede no serlo con otro. La dirección en cuanto a situación reconoce la necesidad de que los líderes se adapten a las necesidades, atributos y disposición de las demás personas con quienes el líder ha de trabajar efectivamente

—Evaluación/crítica. Esta técnica debería ser practicada por la tripulación del caso después de una sesión del grupo. La lectura de grabaciones de voz y de video del comportamiento de los miembros de la tripulación puede ser muy efectiva.

Iniciativa y ánimo inquisitivo

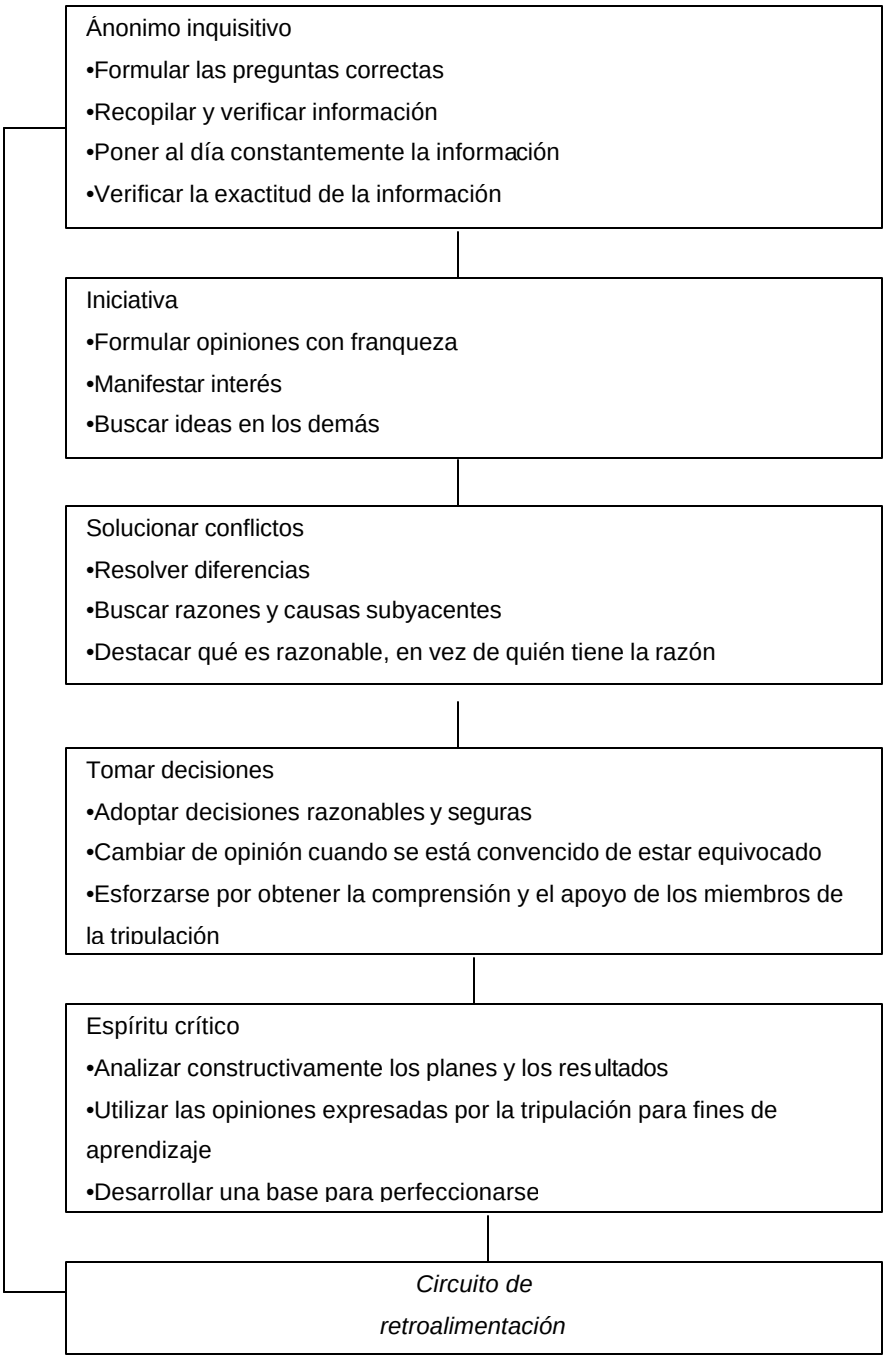


Figura 2-3

Nota.— Este modelo se refiere a varias de las seis disciplinas enseñadas.

— Estudio de casos. Los escenarios en video de accidentes e incidentes son muy efectivos. La lectura de grabaciones reales de la voz en el puesto de pilotaje son especialmente dramáticas y efectivas, si se dispone de ellas.

— LOFT. Debería utilizarse el programa LOFT siempre que sea posible. En los ejercicios LOFT es importante la videograbación para lograr una eficiencia máxima. Nótese que puede ser necesario borrar la cinta después de utilizarla en la exposición verbal posterior.

—Observaciones estructurales. Esta técnica entraña el uso de ejemplos, mediante videocintas, disertaciones, etc., que estimulan al estudiante a buscar cosas similares en el mundo real. Por ejemplo, en la enseñanza de aptitudes para escuchar, puede pedírsele a los estudiantes que busquen errores causados por falta de los estudiantes en escuchar activamente.

—Instrucción en sala de clases. Esta técnica se utiliza esencialmente en las primeras etapas de la instrucción y disminuye a medida que se introducen las actividades de grupo las disertaciones constituyen un buen instrumento para establecer una semántica común, cultura organizacional. etc.

—Instrucción con ayuda de computadora. Dos ventajas inherentes a la instrucción con ayuda de computadora son: que puede efectuarse al ritmo propio de la persona, y que es interactiva con el estudiante.

Eficacia de la CRM

Introducción

2.1.40 Existe suficiente evidencia en apoyo de la eficacia de la CRM como para justificar su utilización en el ambiente educativo. Esta conclusión se basa en varios tipos de evidencia. En primer lugar, los programas tienen un alto grado de validez. Esto es, ellos reflejan sanos principios operativos y se concentran en tópicos de debilidad consabida como lo comprueban los correspondientes datos sobre accidentes/incidentes. En segundo lugar. Las aptitudes objeto de mejora en estos programas y los medios para lograr dicha mejora han sido incorporados en programas efectivos ya en uso en otras esferas como administración de negocios. En tercer lugar, la realimentación proveniente de pilotos, administración docente, pilotos inspectores y otras personas en la comunidad de instrucción apoya la necesidad y la eficacia de los programas CRM. Por último, los datos objetivos, aunque muy limitados en su alcance, son alentadores. La United Airlines, que cuenta con uno de los más establecidos y completamente integrados programas, ha señalado mejoras en cierto número de esferas, que incluyen la instrucción y la verificación.

Evaluación científica de las personas

2.1.41 Hasta el presente no se ha llevado a cabo en las personas ninguna evaluación científica de envergadura. La razón es que los comportamientos de cada uno de los miembros de la tripulación deben ser no solamente evaluados sino registrados también, lo cual representa una práctica contraria al requisito de confidencialidad que prescribe la instrucción CRM efectiva. En otras palabras, se crearía o percibiría un ambiente de tipo verificativo.

Evaluaciones oficiales del explotador

2.1.42 Debería incorporarse una evaluación oficial de la eficacia de la CRM como parte del programa. Ha de destacarse que dichas evaluaciones deben mantener una estricta confidencialidad de los datos del miembro de la tripulación ya que el objetivo es el de evaluar el programa y no la persona.

2.1.43 Deben utilizarse evaluaciones oficiales para modificar el programa y ajustarlo a las necesidades específicas de la organización.

Evaluación oficial del concepto CRM

2.1.44 Muchos expertos consideran que el concepto de instrucción CRM en el futuro debería ser evaluado por una organización neutral, tal como una institución nacional de investigación. Esto incluiría mediciones tanto al macronivel (registros de accidentes e incidentes, etc.) como al micronivel (observación de los miembros de la tripulación, procedimientos, etc.). Es de esperar que podría crearse una amplia base de datos a la cual aportasen información los explotadores para prestar servicio tanto al programa de investigación como a los explotadores.

2.2 INSTRUCCIÓN CRM PARA PEQUENOS EXPLOTADORES (REGIONALES, CORPARATIVOS, ETC.)

Introducción

los pequeños explotadores deben incluir actualmente principios de administración en sus programas de instrucción. los procedimientos operacionales normalizados se unen frecuentemente a los principios y criterios CRM a fin de lograr óptimos patrones de comportamiento en el puesto de pilotaje.

2.2.2 los pequeños explotadores difieren de los grandes en diversas esferas operacionales. las diferencias más importantes parecen ser:

a) más vuelos de corta distancia y tramos múltiples con frecuentes ciclos de despegue/aterrizaje;

b) mínimo apoyo financiero para los costos adicionales de instrucción;

c) disponibilidad reducida de tripulaciones para su inclusión en programas CRM; y

d) falta de simuladores de algunos explotadores pequeños.

2.2.3 los vuelos empresariales difieren también de las operaciones de las grandes líneas aéreas. La industria abarca servicios de primera clase con tratamiento "burocrático" y dotaciones laborales pequeñas, espartanas de uno o dos pilotos. El rango, antigüedad y jerarquía no son claros a veces; pueden encontrarse al mando miembros de la tripulación menos antiguos, o dos comandantes pueden constituir la dotación de la aeronave, jugándose al azar quién de los dos es el piloto al mando.

2.2.4 A menudo, los departamentos de vuelos corporativos pueden estar separados de la administración a nivel superior, especialmente en organizaciones en las que las principales actividades comerciales son ajenas a la aviación. Similarmente, la administración de la compañía en estas organizaciones puede tener poco conocimiento de los intereses de los pilotos o acerca de las necesidades de la tripulación de vuelo. Pueden existir presiones directas a alto nivel administrativo en el puesto de pilotaje (esto es, en vuelo corporativo el " jefe" puede ser el pasajero que va en la cabina). El costo de una instrucción adecuada de la tripulación de vuelo puede resultar difícil de aceptar por los administradores financieros de la corporación.

2.2.5. Con un conjunto tan variable de circunstancias económicas y operacionales, se considera que la adopción por parte de la industria de una instrucción CRM completa es actualmente imposible y superior a las capacidades financieras de muchas corporaciones pequeñas.

Etapas de instrucción CRM para pequeños explotadores

2.2.6 Estas etapas pueden ser adoptadas progresivamente por cualquier explotador de transporte de conformidad con sus limitaciones financieras:

a) asimilación consciente por parte del piloto de los criterios CRM mediante la distribución de folletos, impresos, artículos y estudios publicados nuevamente, y cintas-video en las que se destaquen incidentes o accidentes del tipo "esto podría ocurrirle a Ud";

b) celebración de seminarios docentes internos para miembros de la tripulación utilizando la actuación psicodramática para demostrar las técnicas CRM;

c) introducción gradual de principios CRM en los programas de instrucción para primer oficial inicial. Una atmósfera de puesto de pilotaje abierto e instrucción de afirmación positiva serían elementos claves de una instrucción tal;

d) integración de principios CRM en los cursos periódicos de instrucción en tierra, en la instrucción de perfeccionamiento para capitanes, y en los manuales de operaciones de vuelo;

e) contratación de un núcleo central de personal docente para la preparación de programas internos de instrucción CRM;

f) contratación de un consultor externo para la preparación de programas CRM internos; y

g) adquisición directa al momento de un programa CRM completo de terceras personas.

2.2.7 En resumen, la instrucción CRM constituye un elemento importante de las operaciones de las líneas aéreas pequeñas. En un seminario reciente podía oírse el eco de un tema repetitivo en todas las discusiones de grupos de expertos en relación con los pequeños explotadores:

" Váyase a casa, vuelva a sus líneas aéreas y comience a hacer algo al respecto. No importa cuan reducido el presupuesto de instrucción sea, dé ese primer paso hacia un programa de instrucción CRM integrado y completo".

2.3 CRM EXPERIENCIA DEL EXPLOTADOR

Introducción

2.3.1 En esta sección se analizan los programas de varias empresas aéreas. Podrá notarse que aunque los fundamentos de la CRM siguen siendo los mismos para estos explotadores. La instrucción se ha concebido en cada caso para satisfacer los requisitos y cultura del explotador. La terminología empleada por cada explotador es a veces diferente de la terminología utilizada en otras partes de este documento. Debería observarse también que estos explotadores se encuentran en diversas etapas de evolución CRM.

Alaska Alrlines

2.3.2 El siguiente es un resumen del programa de instrucción Experiencia conjunta de la tripulación "de la Alaska Airlines.

La Alaska Airlines ha proyectado su propia versión de la "instrucción sobre gestión de los recursos en el puesto de pilotaje"; la llamamos "Experiencia conjunta de la tripulación (ICE)." Este programa ha sido preparado llevando a cabo un análisis de necesidades" concebido por R. Helmrelch Ph.D de la Universidad de Texas en Austin, quien labora bajo una donación de la NASA para evaluar programas de Gestión de recursos en el puesto de pilotaje. Una revisión del Análisis de necesidades de los miembros de tripulación de vuelo de la Alaska Airlines ha demostrado que debe hacerse hincapié en cuatro requisitos de instrucción principales.

a) Coordinación de grupo: Estos son elementos relativos a suavizar problemas operacionales de grupo, a expresar verbalmente y reconocer procedimientos, notificación de sobrecargas y el procedimiento de crítica.

b) Invulnerabilidad personal: Estos elementos se refieren a la invulnerabilidad a la fatiga, al laborar con miembros de la tripulación inexperimentados, problemas personales y mitos de machismo de los pilotos.

c) Dominio del piloto al mando: Estos elementos se relacionan con asuntos pertinentes a la dominación indeseable de la tripulación, tales como los capitanes dictando procedimientos y conduciendo la aeronave, permaneciendo el resto de la tripulación en silencio e inactivos.

d) Consideración social: Estos elementos se refieren a los refinamientos sociales y a la consideración de otros en la tripulación.

El programa ICE de la Alaska Airlines se ocupa de estas necesidades de instrucción utilizando un programa a largo plazo de tres partes. Primero llevamos a cabo un seminario práctica intensa de tres días concebido para ofrecer a cada miembro de la tripulación instrucción en cada uno de los siguientes temas:

Primera parte: Conocimiento consciente

a) Presenta a los miembros de la tripulación el concepto de los factores humanos como causa de los accidentes de aviación

b) El procedimiento de cambio voluntario e involuntario
1) barreras al cambio
2) concepto de sinergia

c) mejores/peores características de los miembros de la tripulación

d) Dirección/capacidad de seguimiento
1) administrar medios para el estilo de dirección
2) teorías de dirección/administración
3) dirección en materia de situación

e) Resoluciones de conflictos
1) respuesta a los conflictos
2) modo de habérselas con los conflictos

f) Afirmación positiva
1) agresión
2) falta de afirmación positivo
3) afirmación positiva

g) Dinámica de la tripulación
   1) estilos de evolución de la tripulación
   2) tripulaciones funcionales
   3) tripulaciones no funcionales

h) Control de la tensión
   1) causantes de tensión positivos
   2) causantes de tensión negativos
   3) reacciones mental y física a la tensión

i) Instrucción sobre comunicación
   1) información
   2) interrogación
   3) escucha
   4) retroanálisis

j) Juicio/toma de decisiones del piloto
   1) demostración de cómo el juicio lleva a decisiones
   2) impedimentos a la toma de decisiones efectivas
   3) introducción de un modo lo para la toma de decisiones efectivas

k) Resumen de la experiencia (actuación psicodramática)

Emplea accidentes e incidentes reales de los transportistas aéreos para crear dilemas en materia de solución de problemas con los participantes actuando sus funciones y haciendo la critica correspondiente utilizando la lectura de cintas video.

Todas estas materias se enseñan utilizando un método de instrucción experimental que exige que cada miembro de la tripulación participe activamente en cada fase de la instrucción.

Segunda parte: Práctica y retroanálisis

La segunda parte de la instrucción ICE se lleva a cabo como una instrucción de vuelo orientada a la línea aérea. En esta fase cada miembro de la tripulación efectúa una sesión de vuelo en simulador de misión completa de hora y media en tiempo real, concebida para introducir un problema sobre factores humanos al cual debe hacer frente la tripulación como lo harían en un viaje típico de línea. El programa LOFT se graba en cinta y se utiliza para proporcionar un retroanálisis a los miembros de la tripulación durante la exposición verbal posterior.

El retroanálisis en video es especialmente efectivo ya que la experiencia de verse uno mismo desde una perspectiva de terceros crea un nivel de conocimiento consciente que no es posible con otras técnicas. Esta perspectiva parece ser un fuerte motivador para el cambio de actitud y de comportamiento. Es prácticamente imposible negar la presencia de un estilo empresarial o interpersonal ineficaz si Ud. lo ve por si mismo.

Tercera parte: Refuerzo

Cada año civil, la Alaska Airlines preparará un período de tres horas de instrucción en sala de clases que reforzará uno o más de los conceptos ICE. Además, cada año civil prepararemos nuevos escenarios LOFT que contribuirán a desarrollar aún más las aptitudes ICE de los miembros de la tripulación.

Cada parte del programa ICE será evaluada por el Dr. Helmrelch utilizando medios de medición comprobados que él ha perfeccionado mientras llevaba a cabo el estudio de evaluación CRM de la NASA. Los resultados de este estudio se utilizarán para elevar y mejorar continuamente la instrucción ICE. Este método de evaluación 'validará" también la instrucción ICE, permitirá asegurarse de que se ha realizado la transferencia de información, y medirá cualquier cambio en la actitud y comportamiento de la tripulación.

La Alaska Airlines considera que la instrucción ICE resultará en una operación de vuelo mucho más segura, motivara a las tripulaciones para que se desempeñen con una norma de excelencia más elevada aun, y reducirá los costos de operación mediante una mayor normalización y mejor rendimiento.

American Airlines

2.3.3 A continuación se presenta brevemente la evaluación realizada por la American Airlines de sus programas CRM y las razones de la misma.

Por casi un año, la Academia de vuelo de la American Airlines se ha dedicado activamente a evaluar y mejorar sus programas de Gestión de recursos en el puesto de pilotaje. Primero mencionaré alga acerca de los antecedentes de este esfuerzo, luego alga sobre el progreso alcanzado en la preparación de un sistema de instrucción CRM durante toda la carrera.

Teníamos cuatro razones distintas para encaminar nuestra atención al perfeccionamiento de nuestra instrucción CRM. La primera, nuestro propio análisis de recientes accidentes e incidentes en la industria nos convenció de que podíamos garantizar vuelos más seguros adiestrando a los miembros de las tripulaciones para que hiciesen mejor uso de todos sus recursos potenciales, lo cual incluye la utilización del propio piloto como un recurso, el uso de sus compañeros de tripulación y, finalmente, el uso de todos los recursos y sistemas externos de que disponga.

La segunda razón para hacer hincapié en la CRM fue los resultados de nuestra Operación microscopio". Es la política del Departamento de vuelo de la American Airlines realizar profundas evaluaciones de nuestras propias operaciones de vuelo a intervalos regulares empleando inspectores aeronáuticos especialmente adiestrados. El otoño pasado, en un período de dos meses, concluimos aproximadamente 100 verificaciones de línea observando el comportamiento en el puesto de pilotaje de cerca de 5000 tripulantes. Utilizando la información recabada en este esfuerzo, se formularon una serie de recomendaciones y medidas a tomar para llevar a un máximo el rendimiento del piloto y de las operaciones de vuelo. Entre éstas pueden citarse varias sugerencias relativas a las exposiciones verbales a la tripulación, terminología de comunicaciones, dirección, y a la interconexión entre las tripulaciones de vuelo y demás personal de la American Airlines.

La tercera razón tenla que ver con la retroinformación que recibíamos de nuestras propias encuestas sobre la instrucción así como de aquella proveniente de la Asociación de Pilotos Aliados. A medida que se radicó el concepto LOFT, se presentó una falta de coordinación entre lo que se enseñaba en el simulador y el material CRM presentado en la sala de clases. Resultó evidente que estas dos experiencias debían integrarse a fin de obtener un rendimiento óptimo en el puesto de pilotaje.

En último lugar, algo de nuestro hincapié en mejorar los cursos CRM se hizo realidad como resultado del programa "Impacto 88" del Administrador de la FAA. Como parte de dicho esfuerzo, un consultor de la FAA, Dr. J. Berlín, inició la preparación de un nuevo tipo de programa CRM utilizando la Academia de vuelo de la AA como el primer "banco de pruebas". Los resultados iniciales de este esfuerzo resultaron tan alentadores que pedimos al Dr. Berlín que continuase su trabajo. Esta vez como consultor de la American Airlines. Desde el I de junio de 1988 ha encabezado la formulación de un programa CRM singular a las

necesidades de nuestro servicio. Antes de que se iniciase la preparación de módulos de instrucción específicos, el Dr. Berlín concluyó un análisis de necesidades entrevistando administradores de instrucción y de vuelo, tripulaciones de vuelo de todo tipo de equipo y funciones, y observando el comportamiento en el puesto de pilotaje durante más de 100 vuelos. Como resultado del análisis de necesidades salieron a relucir tres temas que. además de la materia CRM acostumbrada, se convirtieron en el núcleo para la preparación de nuevos módulos de instrucción.

El primer tema se refiere al uso extraordinario de procedimientos por parte de la American Airlines. Se hizo evidente, tanto a partir de la comparación de manuales de operaciones como de las observaciones reales del puesto de pilotaje, que contamos con uno de los departamentos de vuelo más orientados a los procedimientos en la industria aeronáutica, si no fuese el primero al respecto. Además, una evidencia digna de crédito indica que existe una gran adhesión a dichos procedimientos.

Aunque resulta muy laudable este hincapié en los procedimientos, hay una creciente preocupación tanto entre las tripulaciones de vuelo como las administraciones que la habilidad para resolver creativamente problemas para los cuales no existen procedimientos normalizados exige preparación adicional. Aunque la evidencia no comprueba esta premisa. La preocupación es suficiente como para que hayamos decidido preparar algunos módulos especiales de instrucción que refuercen la solución creativa de problemas sin disminuir la adhesión a nuestros procedimientos.

El segundo tema concierne al número y calificaciones de nuevos miembros de la tripulación. Dada la rápida extensión de nuestra compañía, se han contratado y adiestrado casi 1.000 pilotos durante cada uno de los tres años anteriores. Aunque la American Airlines tiende a conseguir la "flor y nata" de dicho personal, es muy importante que nuestros comandantes contribuyan a la formación de estos nuevos pilotos especialmente porque ellos pasan a ocupar a menudo el asiento de la derecha muy pronto después de haber entrado al servicio. Muchos de los pilotos que expresaron estas preocupaciones son ellos mismos nuevos comandantes, y es de reconocerles que expresen la necesidad de ayuda en convertirse en 'entrenadores" y maestros verdaderos del grupo menos experimentado. Tal vez el módulo más estimulante que hasta el presente se haya perfeccionado para el programa CRM es el módulo de relación de ayuda" que se imparte en el curso de ascenso para comandantes. La respuesta a dicho módulo ha sido unánimemente favorable.

El tercer tema trata de las percepciones variables que nuestros pilotos tienen de si mismos como administradores por una parte, y profesionales altamente especializados por la otra. Aunque continuamos hacienda hincapié en la importancia de que el piloto tome decisiones en materia de operaciones, las llamadas decisiones de comercialización se han retirado en gran parte del ámbito del piloto. Aún cuando esto es lo correcto por hacer desde un punto de vista empresarial. deja a muchos pilotos sintiéndose menos confiables y admirados como un miembro del grupo de operaciones.

Existe otra experiencia que afecta a nuestras tripulaciones. Es la percepción entre los pilotos de que la automatización ha aminorado la necesidad de sus altamente desarrolladas aptitudes motoras, haciéndolos sentirse por lo tanto menos necesarios e importantes. Por este y otros factores, ellos perciben que su condición general tanto dentro de la compañía, como en el seno de la sociedad en general, esta disminuyendo. En este aspecto también, estamos tratando de enfrentarnos a esta cuestión abierta y útilmente en nuestro programa CRM en evolución. Ya hemos completado un módulo de instrucción que trata de este asunto, y tenemos otro en la fase de verificación.

Estos temas, que pueden o no ser específicos de la American Airlines, se están integrando a otras experiencias de adiestramiento que incluyen sesiones dedicadas a dirección, administración, comunicación, afirmación positiva, y el uso propio de la autoridad en el ámbito del puesto de pilotaje.

Tal vez el aspecto más innovativo de nuestro nuevo programa CRM es el concepto de instrucción durante toda la carrera". Todos nosotros dedicados a la aviación reconocemos el problema de degradación de las aptitudes con el transcurso del tiempo. Es por ello que traemos nuevamente a los pilotos para que se sometan a verificaciones de idoneidad e instrucción tan a menudo como lo hacemos. Aunque parezca extraño, esto ha sido menos reconocido aun cuando comportamientos más complejos tales como los cambios de actitud y el desarrollo de la personalidad de las tripulaciones de vuelo eran los objetivos de la instrucción. Temprano en la planificación del nuevo programa CRM, decidimos confrontar este asunto con firmeza. y el sistema instructivo CRM resultante incluirá simulador, enseñanza frontal y experiencias de laboratorio en grupo por lo menos una vez al año durante toda la carrera del piloto de la American Airlines. Además, dado que estamos integrando el programa CRM a la instrucción de vuelo ordinaria y permanente tanto como sea posible, podemos lograr este fin sobre una base sorprendentemente eficaz en cuanto a costos.

El programa CRM se inicia en la primera semana misma de la instrucción que ha de recibir el nuevo piloto de AA. Durante lo que llamamos el Curso básico de adoctrinamiento, se dedica medio día a la enseñanza de los principios CRM. Dentro de los meses siguientes se añadirá al programa un nuevo módulo de instrucción que trata de la integración satisfactoria del mecánico de a bordo como un miembro participante de la tripulación. De allí en adelante, cada vez que un miembro de la tripulación asciende, asistirá a un curso de instrucción CRM cuidadosamente concebido y comprobado que, además de revisar los conceptos generales CRM, se concentrará en las responsabilidades, problemas y contribuciones especificas comunes a ese nuevo puesto. Nuestra Academia de vuelo está utilizando actualmente una instrucción LOFT por simulador avanzada en los programas de instrucción inicial, de transición y de perfeccionamiento. Como parte del esfuerzo total CRM. Nuestros administradores de vuelo están evaluando un programa LOFT de instrucción periódica tal como lo recomienda la FAA. Si esto resulta viable, el día CRM de clases periódicas se impartirá conjuntamente con la instrucción LOFT, utilizándose las cintas video de la instrucción LOFT como foco central de las actividades de la sala de clases. A este efecto, se ha aprobado la compra de equipo video más perfeccionado. Cada año el grupo docente CRM recopilara antecedentes de casos sobre incidentes CRM en la línea. Ellos traducirán luego estos antecedentes en escenarios LOFT y módulos de instrucción conexos para utilizarlos en la instrucción del año siguiente.

Mucho del éxito de todo este programa depende de las actitudes del personal de la Academia de instrucción de vuelo. Hemos iniciado por lo tanto instrucción sobre orientación CRM para el personal. Cuando esto se haya concluido, todos los administradores, inspectores aeronáuticos, e instructores de simulador y en tierra habrán quedado adiestrados en lo que será para algunos una esfera completamente nueva de aprendizaje. Las primeras de dichas sesiones han sido recibidas con entusiasmo por casi todos los participantes.

Desafortunadamente, hemos tropezado con algunos obstáculos en la preparación de un programa como éste. Por cada nuevo comandante que asciende, es necesario adiestrar dos primeros oficiales. Esto hace difícil programar experiencias de la tripulación de vida real, tanto en el simulador como en la sala de clases. Además, a los comandantes se les exige recibir instrucción periódica cada seis meses, mientras que los primeros oficiales reciben la suya una vez al año. Esto también presenta obstáculos muy difíciles cuando preparamos un programa tal como el nuestro. Se está preparando un Reglamento aeronáutico federal especial que, esperamos, aliviará algunos de estos problemas, razón por la cual serla bien acogido. No obstante, continuamos buscando nuevos métodos para lograr al máximo la instrucción conceptual de nuestras tripulaciones dentro del ámbito de los actuales reglamentos, y seguimos comprometidos a preparar el mejor programa CRM de la industria.

Delta Airlines

2.3.4 Los esfuerzos de este explotador conducen a la introducción de un programa completo en 1989. Es de observar a continuación que la expresión "facilitador" se utiliza en referencia a lo que en este compendio se llama "co-ordinador".

En 1987 emprendimos una revisión de nuestras operaciones de vuelo. A partir de esto iniciamos una inspección interna en gran escala, a fin de determinar si resultaban aparentes cualesquier factores operacionales específicos. Aunque no se reveló nada de importancia, se hizo fácilmente aparente un hecho sutil en todo el espectro de la investigación: Existía la necesidad de adiestrar los pilotos en la esfera de gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM).

Históricamente, nuestra línea aérea ha sido conocida por su conjunto simpático y estrechamente unido de pilotos, y debido a esta congenialidad se había supuesto al comienzo de la CRM que no necesitábamos dicha instrucción. Además, se dudaba acerca de la rentabilidad de este plan. Sin embargo, como resultado del antes mencionado proceso de inspección, la solicitud de muchos pilotos para tomar el curso y el acuerdo abrumador del grupo de inspección de que la instrucción CRM sería beneficiosa para nuestra línea aérea, nuestra administración accedió a la investigación y preparación de un programa CRM. A este efecto se constituyó un Comité de orientación.

El Comité debía ser encabezado por un piloto de la línea que hubiese formado parte del grupo de inspección en el campo de factores humanos. El escogió como vicepresidente otro piloto que había sido parte del mismo grupo y que había realizado muy amplia investigación en otros esfuerzos CRM. Mediante este procedimiento se familiarizaron bastante con CRM y formaron el Comité de orientación. Se decidió utilizar predominantemente pilotos de línea, pero que se incluyesen también representantes de todos 'los aspectos de la operación de vuelo. Como resultado de ello se seleccionaron miembros de las siguientes esferas: ALPA, Jefes de pilotos, instrucción de vuelo, instrucción en tierra, servicio en vuelo (auxiliares de cabina), pilotos jubilados y una sección representativa de pilotos de línea en todos los puestos y de una variedad de bases. Este Comité se constituyó en noviembre de 1987.

El Comité de orientación celebró su primera reunión en noviembre de 1987. La primera cosa que establecieron fue una lista de objetivos que guiaría al Comité en sus actividades. A continuación se ofrece una lista de dichos objetivos:

a) mejoramiento de la seguridad mediante comportamiento óptimo del grupo;

b) desarrollo y realce de las aptitudes de la tripulación para la toma de decisiones;

c) aumento de la satisfacción en el trabajo mediante una mayor eficacia en la tema de decisiones, satisfacción del cliente y crecimiento personal;

d) desarrollo de mejores aptitudes de comunicación;

e) mejoramiento de las aptitudes de interacción del grupo; f) disponer lo necesario para el desarrollo individual;

g) disponer lo necesario para el desarrollo de la tripulación/grupo;

h) modificar el "casco" del puesto de pilotaje para lograr al máximo el rendimiento de la tripulación;

i) alentar la modificación del apoyo organizativo en lo necesario; y

j) crear un mecanismo para remediar los problemas de comportamiento.

Dados estos objetivos, la primera tarea del Comité fue la de realizar investigación sobre la CRM: qué es, sus propósitos y cómo se pone en ejecución. Para ayudarse, utilizaron la Publicación 2455 de la NASA, considerada como la "Biblia" de la CRM. Además, se recopiló gran cantidad de información sobre programas CRM de otras líneas aéreas y vendedores comerciales. Se aprendió de esta investigación que existe un pequeño grupo de expertos académicos en el campo de CRM, y se hicieron esfuerzos para comunicarse personalmente con cada uno de ellos a fin de procurar su ayuda y consejo en el asunto. Estas personas incluían: al Dr. C. Foushee' de la NASA; al Dr. R. Hackman de la Universidad de Harvard; al Dr. R. Helmreich de la Universidad de Texas; al Dr. E. Weiner de la Universidad de Miami y al Dr. J. Lauber con la NTSB (Junta Nacional de Seguridad del Transporte). Habiéndose investigado a fondo estos recursos, la siguiente pregunta resultaba aparente: ¿Adquirimos un programa CRM existente o preparamos uno internamente?

Ponderando estas alternativas y considerando el consejo de los expertos, el Comité decidió que se rendiría mejor servicio a nuestra línea aérea con un programa ajustado a nuestras necesidades, para la próxima generación. A este fin, se determinó que debíamos obtener los servicios de algunos de los expertos en calidad de consultores para aseguramos de que nuestro programa estaría actualizado y sería de alta calidad. En consecuencia se emplearon los servicios de los Dres. Hackman y Helmreich para este propósito. Además, dada su afiliación con la NASA, el Dr. Foushee' también prestaría su ayuda suministrándonos información sobre investigación respaldada por la NASA. Laborando con estos expertos el Comité se encontraba en condiciones específicas para establecer la estructura y contenido de nuestro programa.

En enero, después de arduas discusiones sobre la estructura, se determinó que nuestro programa óptimo incluiría un seminario práctico de dos días seguido de un período LOFT con retroanálisis en vídeo (de bajo impacto—1½ horas). Seis meses después el piloto regresaría para tomar otro seminario seguido igualmente por LOFT con video (2 ½ horas —de impacto medio). Al año siguiente, el piloto recibiría una LOFT de misión completa (2 ½ horas —de alto impacto). Esto representaba para nosotros un "cielo despejado", es decir, lo mejor de lo mejor; sin embargo, era necesario que pudiésemos mezclar esta instrucción con los requisitos de nuestra instrucción periódica existente. Tenemos aún una cierta preocupación sobre los recursos de simulador y los aspectos logísticos para la programación. Fuera de esto, aunque se había determinado la estructura, era ya hora de que el Comité tomase medidas específicas sobre el contenido de los seminarios y los programas LOFT.

En febrero, el Comité seleccionó un conjunto de módulos que deberían enseñarse durante los tres seminarios. Ya en esta ocasión habíamos establecido la importancia de orientar la instrucción hacia el concepto de "grupo". En consecuencia, dividimos los tres días en tres categorías generales de objetivos de instrucción: conocimiento consciente, aptitudes personales y aptitudes del grupo. Dentro de estas amplias áreas impartiremos instrucción en los módulos de que nos hemos cerciorado serán apropiados para la instrucción CRM.

Los módulos que han de enseñarse son: Tradiciones/Vínculos/Cultura; Análisis de accidentes I y II; Comunicaciones; Dirección/capacidad de seguimiento; Solución de problemas/Toma de decisiones; Administración del volumen de trabajo/Automatización y Solución de conflictos. La preparación de estos módulos será realizada por el Comité con el consejo supervisorio de los Ores. Hackman, Helmreich y Foushee'. Se asignaron miembros del Comité en pares a cada módulo. En este momento (marzo de 1988), hemos establecido los objetivos de aprendizaje para cada módulo. En abril contaremos con un plan general del módulo, seguido en mayo por un proyecto en borrador. En junio terminaremos el contenido

del seminario (todos los módulos). Teniendo los seminarios completos, dedicaremos nuestra atención a LOFT.

Nuestra línea aérea ha estado usando LOFT desde principio de los años 1980, de modo que no es un concepto nuevo para nosotros. Sin embargo, los perfiles utilizados en el pasado serán de poco valor para emplearlos en la instrucción CRM. Por lo tanto, será necesario preparar perfiles para cada sesión LOFT para cada una de las aeronaves. Hasta la fecha no hemos iniciado esta tarea, que hemos programado para julio. En julio, comenzaremos a estudiar también el sólido problema de orden logístico que confrontamos.

Para una gran línea aérea, los aspectos logísticos de la programación CRM son formidables. En el pasado no hemos impartido nuestra instrucción adhiriéndonos a una dotación estricta de tripulación; ocasionalmente, un comandante se adiestraría o verificaría con otro comandante y no con un primer oficial. No obstante, un aspecto de la antes mencionada inspección señaló la necesidad de que se impartiese instrucción para la dotación de la tripulación. En consecuencia, nuestro departamento de instrucción de vuelo se encuentra en vías de cambiar a este tipo de instrucción para 1989. Por lo tanto, parecería que nuestra estructura docente debería sobreponerse muy bien a los criterios normales de formación periódica. Como lo hemos mencionado anteriormente, evaluaremos las necesidades en materia logísticas enjulio. El próximo gran paso es el de adiestrar a las personas que impartirán la enseñanza en los seminarios y las sesiones LOFT, es decir, los facilitadores.

"Facilitador" es la expresión ampliamente utilizada en el ámbito CRM para referirse a la persona (o personas) que guían el procedimiento de aprendizaje tanto en los seminarios como en las LOFT. Se utiliza esta expresión pues el procedimiento realmente preconiza el autoaprendizaje. Los directores simplemente facilitan el procedimiento manteniendo el grupo en materia y funcional. Nuestra instrucción para facilitadores se iniciará en septiembre de 1988 cuando ellos recibirán esencialmente la misma formación que recibirán los pilotos. Los facilitadores serán pilotos de línea-que ofrecen voluntariamente sus servicios y a quienes se les juzga ser emocional y mentalmente capaces para dicha tarea. Anticipamos que serán necesarios dos facilitadores para cada seminario. Desde luego, y hasta este punto, hemos emprendido cierto número de tareas administrativas, pequeñas pero importantes, necesarias para conducimos hasta el presente estado de cosas.

En el transcurso de los últimos cuatro meses hemos preparado varios adendos al desarrollo de este programa. Primeramente, en noviembre de 1987, creamos una cinta vídeo para utilizarla en la instrucción periódica de 1988 en la que se describía brevemente CRM y el hecho de que tendríamos lista para 1989 la instrucción CRM. Además de esto, establecimos un plan para diseminar información en el transcurso de 1988, en un esfuerzo por estimular la instrucción. Para ayudamos en la comprensión de dónde debíamos concentrar nuestros esfuerzos en el programa, estamos estableciendo un dispositivo de recopilación de información mediante nuestros inspectores aeronáuticos de verificación de línea y de simuladores. Otra parte de la recopilación de información se logró mediante una encuesta de pilotos distribuida en marzo de 1988. El propósito de esta encuesta era el de suministrar datos sobre las actitudes de los pilotos en la ayuda para ajustar el contenido del programa, y para permitimos comparar nuestra postura previa a la instrucción con nuestros sentimientos posteriores a la misma cuando se distribuya el mismo estudio en 1990. Es de esperar que en tal ocasión veremos la justificación de nuestras labores.

Aunque puede ser difícil obtener justificaciones estadísticas, los expertos están ampliamente de acuerdo en que la instrucción en la esfera de gestión de los recursos en el puesto de pilotaje está señalando como factor principal en los accidentes e incidentes de aviación: "error del piloto". Obviamente, nosotros en este Comité de orientación estamos de acuerdo con esta teoría. El punto más importante que queremos destacar es el de que aunque estamos tratando de cambiar las actitudes de la persona, es el "grupo" en conjunto el que debe reforzarse. Por lo tanto, nuestro esfuerzo concentrado en el curso de 1988 mientras preparamos

nuestro programa de instrucción CRM será el de enclavar profundamente este criterio en toda la extensión de nuestro programa.

KLM -Royal Dutch Airlines

2.3.5 Esta línea aérea se ha mantenido por largo tiempo en el primer plano de la instrucción LOFT y CRM en Europa. Su curso sobre el conocimiento consciente de los factores humanos para las tripulaciones de vuelo constituyó uno de los más antiguos cursos de línea aérea sobre factores humanos. La KLM suministró una versión breve y otra larga de su programa. A continuación insertamos la versión breve.

Consideraciones administrativas

Desde la incepción del uso de simuladores de vuelo en lugar de entrenadores "link", la KLM se ha convencido de que esto no sólo significaba la simulación de la aeronave como tal, sino también simulación de las circunstancias de un vuelo. En otras palabras, casi desde el comienzo, y de hecho antes de que se inventara el nombre, la KLM ha adoptado el programa LOFT para su instrucción de tipo periódico. Hace unos siete años se introdujo LOFT igualmente durante la instrucción tipo calificación.

Beneficios

Está demás decir que con respecto a los beneficios provenientes de LOFT y CRM, no se dispone de cifras firmes. Sin embargo, creemos que el desempeño de la KLM refleja una alta calidad que es, sin duda, el resultado de LOFT y CRM.

Métodos

LOFT y CRM están incorporados en la instrucción de tipo periódico y de tipo calificación en forma tal que el instructor interferirá en la menor forma posible durante la sesión en el simulador. Especialmente durante el análisis (concienzudo) posterior, se revisa el aspecto de gestión de la tripulación para las aeronaves con dotación de dos tripulantes con ayuda de una grabación en vídeo de la sesión. Además se programa para cada piloto, en principio antes de su ascenso a comandante, un curso/seminario especial.
Selección del personal para la instrucción de la tripulación de vuelo

La selección se lleva a cabo de acuerdo con las siguientes directrices:

—conocimientos
—aptitud
—personalidad
—disposición para mezclarse con otras personas -flexibilidad
—capacidad docente
—motivación
—experiencia en el tipo de instrucción

La mayoría de estos elementos se explican por sí solos. En cuanto al último se refiere, los comandantes con experiencia previa como instructores pueden seleccionarse nuevamente después de seis meses de experiencia adquirida en un nuevo tipo; en todos los demás casos se requiere preferentemente un período de experiencia ganada en la línea, de doce meses.

Qantas Airways

2.3.6 En su respuesta, esta empresa, que no ha sufrido accidentes, declaró:

Antecedentes

La importancia de una gestión eficaz de los recursos en el puesto de pilotaje ha sido siempre destacada en los programas de promoción de segundo a primar oficial, y de primer oficial a piloto de mando. Durante los años 1970, un período de muy lenta promoción y muy bajos niveles de contratación, el método tomado en tomo a este asunto era generalmente el de analizar los accidentes notificados, decidir si existía el mismo potencial de que ocurriese un accidente similar en Qantas y ofrecer el adiestramiento o instrucción necesarios a las tripulaciones. El récord sin accidentes de la compañía y los altos niveles de experiencia de todos los miembros de la tripulación en el puesto de pilotaje (en 1980 un mínimo de diez años para segundo oficial, el tercer piloto), sugerían que estas medidas eran suficientes.

Una amplia contratación de pilotos con experiencia mínima a principios de los años 1980, junto con la promoción rápida y repentina dentro de la compañía diluyó considerablemente los niveles de experiencia en Qantas. Esto fue fuente de alguna preocupación en el seno de la compañía y, se considera, constituyó un factor importante en la generación de crecientes números de incidentes económicos que, aunque no implicaban ansiedad inmediata en cuanto a seguridad, eran costosos y, sometidos a análisis, representaban un trastorno en la gestión eficaz de recursos en el puesto de pilotaje.

Las presiones comerciales de la época crearon también otra fuente de preocupación dentro de la organización de instrucción de vuelo. Durante los intervalos de promoción lenta, el suministro de candidatos para el mando en Qantas excedía en mucho la demanda y aquellos que no eran líderes naturales y que no podían adquirir y demostrar las aptitudes de dirección necesarias simplemente no se promovían al mando.

La rápida expansión a principio de los años 1980 obligó a la compañía sin embargo, a considerar una situación en la que tenía que aceptar algo menos que una inherente perfección en la gestión de aptitudes resultando aparente que era de urgente necesidad contar con una instrucción sobre gestión más amplia para comandantes.

A medida que la administración adquirió mayor conciencia de los asuntos CRM, se hicieron aparentes otras deficiencias entre nuestros miembros de tripulaciones, en especial entre los miembros de tripulación subordinados. Existía la clara necesidad de instruir nuestros comandantes en administración participativa, pero había también la necesidad de instruir otros miembros de la tripulación en aptitudes de comunicación, de supervisión y de lo que, nosotros en Qantas, designamos como "administración ascendente".

Medidas tomadas

El Director de operaciones de vuelo nombró un comandante supervisor de instrucción de vuelo para que investigase los medios de introducir la instrucción CRM en la compañía. Después de familiarizamos con el progreso logrado por la industria en el campo CRM, se formó un Comité de orientación consistente de pilotos y mecánicos de a bordo que representan tanto la administración de la compañía como las asociaciones profesionales de mecánicos de a bordo y de pilotos.

El Comité de orientación esbozó un programa para la introducción de instrucción CRM formalizada que entraña un curso en residencia de dos días para toda la tripulación técnica de vuelo. Actualmente se prepara el curso y se espera comenzará en julio de 1988.

Instrucción CRM en Qantas

Con la experiencia de los cursos CRM que imparten otros explotadores internacionales y también las líneas aéreas nacionales de Australia, el Comité de orientación decidió que la instrucción CRM en Qantas debía necesariamente ajustarse a nuestras propias operaciones. Parecía existir una cualidad "étnica" que había que considerar para la instrucción CRM que requería aparentemente la preparación de un curso que se ajustase no solamente al país en cuestión, sino también a la línea aérea específica.

El Comité de orientación llegó a la conclusión además de que el problema CRM era, en gran parte, uno de principios básicos de administración aplicados al ambiente de la tripulación de vuelo en conjunto. En consecuencia, se contrató una importante compañía australiana consultora en administración para que prestase ayuda en la estructuración del curso CRM.

Es de esperar que tomará aproximadamente un año para preparar la lista de todo el personal técnico de la tripulación de vuelo que tomará el curso. Tan pronto como un número considerable de ellos haya recibido la instrucción, se tiene la intención de introducir un ejercicio LOFT anual que consideramos reforzará considerablemente la instrucción impartida en el curso de dos días.

Nos hemos comunicado con el Departamento australiano de Transporte y Comunicaciones para obtener una concesión contra las Órdenes de navegación aérea que permita a la compañía suprimir una inspección de ruta del actual requisito que exige dos para miembros de la tripulación que han recibido instrucción CRM y que toman instrucción CRM posteriormente en forma del curso de repaso corto y la LOFT anual.

Conclusión

Consideramos que la introducción de un programa CRM, como hemos señalado, pondrá a nuestras tripulaciones en condiciones de confrontar los problemas inherentes a la administración de aeronaves en una época sin precedentes de rápida promoción en Qantas, cuando la experiencia de nuestras tripulaciones esté muy por debajo de la que nosotros en Qantas estamos acostumbrados a disfrutar.

2.4 INSTRUCCIÓN DE VUELO ORIENTADA A LA LÍNEA AÉREA (LOFT)

Introducción

LOFT se remite a la instrucción de tripulaciones aéreas, lo cual entraña una misión completa de simulación de situaciones representativas de operaciones de línea aérea, haciéndose especial hincapié en situaciones relativas a comunicaciones, administración y dirección. En breve, LOFT significa instrucción de misión completa práctica y en "tiempo real". La mayor parte de la información que figura en este capítulo ha sido recopilada de la Publicación de conferencias 2184 de la NASA, *"Directrices para la instrucción de vuelo orientada a la línea aérea, Volumen II*".

2.4.2 El valor consignado a LOFT es tal, que las administraciones aeronáuticas de varios Estados permiten su utilización en lugar de las verificaciones semestrales de idoneidad, siempre y cuando se satisfagan ciertas condiciones especificas.

2.4.3 LOFT puede tener un impacto importante en la seguridad de la aviación mediante una mejor instrucción y la validación de procedimientos operacionales. LOFT presenta a las tripulaciones escenarios de operaciones diarias típicas en su línea aérea introduciéndosele dificultades y emergencias razonables, prácticas a fin de proporcionar instrucción y evaluación de técnicas apropiadas de gestión en el puesto de pilotaje. El resultado es una apreciación por el transportista aéreo de deficiencias operacionales por parte

de las tripulaciones de la línea aérea y una evaluación de la suficiencia de los procedimientos e instrumentación del puesto de pilotaje, así como la eficacia general en la formación de las tripulaciones.

2.4.4 Pueden concebirse escenarios LOFT a partir de muchas fuentes, pero los informes de accidentes suministran un punto de partida real y apropiado. Un programa LOFT propiamente impartido puede proporcionar una gran percepción de los trabajos relativos a las operaciones y programa de instrucción de una línea aérea, por las siguientes razones:

a) si parecen repetirse los mismos errores entre los pilotos. ello puede indicar un problema potencialmente grave como resultado de procedimientos incorrectos, manuales antagónicos o incorrectos, u otros aspectos operacionales:

b) puede revelar esferas en los programas de formación de tripulaciones que son débiles o que necesitan reforzarse;

c) puede revelar problemas con la ubicación de los instrumentos, la información presentada a los pilotos u otras dificultades en la disposición física general de un puesto de pilotaje determinado;

d) los transportistas aéreos pueden utilizarlo para comprobar y verificar procedimientos operacionales del puesto de pilotaje.

2.4.5 LOFT no debería utilizarse como método para verificar el desempeño de personas. En su lugar, representa una validación de programas de instrucción y procedimientos operacionales. A toda persona o tripulación que requieran instrucción adicional después de una sesión LOFT debe permitírseles esa oportunidad sin estigma o recriminación.

2.4.6 No debería interrumpirse una sesión LOFT, excepto en circunstancias extremas y excepcionales. La reposición del simulador y repetición de los problemas son incompatibles con los principios LOFT. Parte del beneficio de LOFT se derive del hecho de que una persona o tripulación pueda apreciar rápidamente los resultados, bien positivos o negativos, de las decisiones operacionales. Después de concluir una sesión tal, debe hacerse un análisis completo de todos los aspectos. Esto puede lograrse mediante un autoanálisis inicial por parte de la tripulación, seguido por la exposición verbal posterior del coordinador (piloto inspector, instructor). La crítica debe incluir el uso de ayudas tales como registradores de voz y de video, así como notas escritas.

Preparación de los proyectos de escenarios

2.4.7 los diferentes explotadores, diferentes operaciones y diferentes pilotos envueltos en una operación tienen diferentes necesidades en materia de instrucción. La legislación y reglamentos que rigen el uso de LOFT deben ser flexibles a fin de permitir el cumplimiento con estas diversas necesidades de instrucción. Si se especifica un número mínimo de horas de instrucción en simulador, debería permitírsele al explotador dividir dichas horas entre LOFT y la instrucción en otras aptitudes a fin de alcanzar los objetivos considerados más importantes por el explotador en cuestión.

2.4.8 Puede utilizarse una simulación de misión completa para fines distintos a los de LOFT. Muchas de las directrices que aparecen a continuación para la preparación de escenarios pueden resultar apropiadas también para proyectar otras tareas de simulación de misión complete. El factor principal que ha de regir el uso de simulación de misión completa es el objetivo específico para el cual se utiliza y el contexto concreto en que se va a aplicar.

2 4.9 Todos los escenarios y tramos de vuelo LOFT deben proyectarse a base de una declaración detallada de objetivos específicos. Dichos objetivos deben establecer qué clase de situación va a considerarse y por qué.

2.4.10 El origen, encaminamiento y destine de un escenario determinado deben ser dictados por los objetivos o tramo específicos de dicho escenario. Otros factores que han de tomarse en cuenta son las condiciones meteorológicas, los problemas operacionales y del equipo, etc. Deben considerarse en una etapa inicial de proyecto del escenario los sistemas visuales del simulador así como otras capacidades y limitaciones. El área de navegación del simulador debe ser apropiada y coincidir con las cartas actuales. Igualmente debe disponerse de manuales actualizados y otra documentación operacional a fin de conservar el realismo.

2.4.11 Otros factores que deben considerarse son los aeropuertos de alternativa, combustible y control de tránsito aéreo. Los aspectos específicos de selección del lugar dependerá de las necesidades del explotador. Por ejemplo, si ha de concebirse una situación en torno a un problema de control de tránsito aéreo, debe escogerse una ruta en la que probablemente pueda ocurrir el problema.

2.4.12 Los problemas y anomalías deben escogerse en función de los objetivos específicos. Tanto los problemas sencillos (aquellos que no tengan impacto en el vuelo una vez diagnosticados y corregidos) como los problemas complejos (aquellos que ejercen influencia en el resto del vuelo), pueden ser utilizados. No deben agravarse los problemas. La presentación simultánea de múltiples problemas no debería resultar de la forma en que se ha proyectado el escenario, aunque podría ocurrir como un resultado de medidas inapropiadas tomadas por la tripulación. No deben proyectarse los escenarios LOFT para 'enterrar" o sobrecargar de trabajo a la tripulación. Jamás debería ser inevitable un accidente, aunque es un suceso que podría ocurrir.

2.4.13 Deberían proyectarse subescenarios a fin de anticipar, tanto como sea posible, las acciones de la tripulación. Es prudente limitar las opciones de la tripulación hasta cierto grado. El coordinador LOFT (piloto inspector, instructor), debería encontrarse en condiciones de emplear medios alternativos hasta una conclusión razonable en muchos casos. El uso de problemas que no pueden corregirse es aceptable si dichos problemas son apropiados a los objetivos del escenario. Un ejemplo de esto podría ser la falla del tren de aterrizaje en desplegarse resultando en un aterrizaje con el tren replegado.

2.4.14 El ritmo y temporización de un escenario deben ser apropiados para ciertos factores tales como el lugar, la hora de salida, y la fase del vuelo, y lo que es más importante, deben ser apropiados a los objetivos concretos de dicho escenario. Los proyectistas deben evitar el llenar completamente un período de vuelo. Deben dejar algún tiempo para períodos de calma o relativa inactividad. El ritmo de anomalías y otros eventos no debe disminuir, bien el realismo del escenario, o el potencial en cuanto a instrucción de la situación.

2.4.15 Deben prepararse guiones en el mayor detalle posible a fin de simular el mundo real. La falta de detalle exige al coordinador improvisar, lo cual le toma un tiempo considerable del necesario para la observación y evaluación de la tripulación. Dicha improvisación puede impedir también que se logren los objetivos específicos del escenario.

2.4.16 Las comunicaciones bajo el control del coordinador LOFT deben especificarse al pie de la letra. Deben incorporarse al programa el ritmo y temporización. La temporización y apartes problemáticos deben especificarse. Siempre que se inserte un problema, deben incluirse también en el escenario todas las medidas anticipadas de la tripulación. Cuando resulte apropiado deben especificarse también las alternativas para modificar la temporización del escenario. Por ejemplo, si la tripulación ejecuta una aproximación frustrada súbita, podría resultar necesario un curso de acción alternativa para el próximo

tramo, a fin de mantenerse dentro de las limitaciones de tiempo del simulador. El coordinador LOFT no podrá añadir a una situación ya escrita en el guión, ni modificarla pero, si se considera que la tripulación está tan sobrecargada que le es imposible asimilar enseñanza adicional, debe emplearse un juicio razonable para impedir agravar aun más la situación de la tripulación.

2.4.17 En el ámbito de revisión y control de calidad del escenario después de su preparación, debe verificarse el mismo. Casi siempre será necesario introducir revisiones. Aún después de comprobarlo y, cuando se requiera, la aprobación de las autoridades aeronáuticas, el uso de un escenario puede revelar detalles que exigen revisión adicional basada en el aparte de los coordinadores LOFT y las tripulaciones de vuelo de la línea aérea.

2.4.18 Todos los escenarios deben mantenerse actualizados con respecto a la navegación, comunicaciones, reglamentación, procedimientos de la compañía y modificaciones a las aeronaves. La exactitud de los escenarios en cuanto a equipo y programación o soporte lógico es esencial a la credibilidad de LOFT.

2.4.19 los procedimientos y prácticas que figuran en los manuales de operaciones o manuales de trabajo de la tripulación que se sepa son frecuentemente mal entendidos deben considerarse para su inclusión en el escenario LOFT. Para este fin deben considerarse también los informes de accidentes y mantenimiento, así como los de incidentes tomados de intercambios de información y de sistemas confidenciales de notificación, tales como el Sistema de notificación de seguridad de la aviación, de la NASA.

2.4.20 Bajo el rubro de problemas operacionales, inclúyanse todo lo previo al vuelo, autorización de despacho, carga peligrosa, opciones de aprovisionamiento de combustible. NOTAM, etc.

2.4.21 Los elementos de la lista de equipo mínimo. Así como los problemas de cabina /pasajeros, problemas ATC y problemas de masa y equilibrio constituyen todos buenas fuentes para escenarios LOFT.

2.4.22 Bajo problemas ambientales incluya condiciones meteorológicas, viento, temperatura, pistas mojadas, cubiertas de hielo o cerradas y problemas de iluminación de pista o de la zona de toma de contacto, según sea apropiado.

En la categoría de problemas del equipo, según el caso, problemas del equipo de a bordo y problemas del equipo terrestre tales como el equipo de apoyo y de radioayudas terrestres.

2.4.24 Bajo problemas de tripulación incluya problemas de la tripulación de cabina, problemas de la tripulación de vuelo incluso la incapacitación ya sea obvia o sutil.

2.4.25 Considérense también otros uses de la simulación de misión completa. Ello ofrece la posibilidad de varias aplicaciones en la instrucción y otras esferas de interés para los explotadores. El proyecto de dichas simulaciones dependerá de los objetivos por alcanzarse. Como ejemplos de esferas en las que puede resultar útil la simulación de misión completa pueden citarse: la instrucción inicial de nuevos pilotos, instrucción de ascenso y transición, algunos vuelos de comprobación y la evaluación de nuevos procedimientos.

Evaluación y valoración del rendimiento

2.4.26 Existe un conflicto aparente innato en el propósito, contra la aplicación de LOFT. Para ser efectiva, debe ser aceptada por los miembros de la tripulación y gestionada por los instructores como puro adiestramiento. No existe un ejercicio docente tal que pueda considerarse "sin peligros", dado que los explotadores tienen la responsabilidad de ofrecer instrucción periódica a aquellos que la necesitan. Es

esencial, no obstante, que se cree una atmósfera que permita a los miembros de la tripulación iniciar la instrucción con un sentimiento de libertad, franqueza y entusiasmo. El tener dudas o situarse a la defensiva por el temor al fracaso" no debe impedir la participación.

a) se trata puramente de una experiencia de aprendizaje;

b) es un concepto de instrucción concebido para destacar el mando, coordinación, comunicación de la tripulación y una gestión complete de los recursos disponibles;

c) el coordinador no interferirá no importa qué suceda;

d) pueden hacerse errores aparentes, pero la tripulación debe seguir adelante ya que no hay solución de texto a un ejercicio LOFT;

e) habrá oportunidad para autoanálisis durante la exposición verbal posterior; y

f) el coordinador tomara notas durante el ejercicio y prestara ayuda en el análisis posterior.

2.4.28 La función de coordinador no es la de un instructor en el sentido tradicional. Por ejemplo, las consideraciones de realismo prescriben que el coordinador no intervendrá ni interferirá en forma alguna en el escenario LOFT. Así, para fines del análisis posterior, es crítico que el coordinador se desempeñe esencialmente como moderador o árbitro.

2.4.29 En la experiencia de los explotadores que utilizan LOFT ventajosamente, las tripulaciones tienden a retroanalizarse ellos mismos. La autocrítica y el autoexamen son normalmente más eficaces que una critica dirigida por el coordinador. De hecho, las tripulaciones son mucho más exigentes para consigo mismo que lo que jamás pudiese ser el coordinador. El coordinador debe hacer todo cuanto sea posible para estimular dicho autoanálisis.

2.4.30 Cuando presto servicio en calidad de moderador, el coordinador puede encaminar la discusión hacia los puntos que requieren atención. Deben hacerse, siempre que sea posible, preguntas sobre ciertos procedimientos, errores etc., y a menos que sean absolutamente necesarios, deben evitarse "sermones" sobre qué es correcto y qué no lo es. El formato sugerido para el análisis posterior debería incluir:

a) una declaración general positivo para abrir la discusión;

b) una corta revisión del escenario, incluyendo los factores humanos y los objetivos de la instrucción;

c) una discusión por los miembros de la tripulación sobre la operación, en total y en parte;

d) cobertura de todos los aspectos del vuelo, sin permitir que ningún elemento en particular domine el análisis;

e) referencia a posibles alternativas y mejores formas de lograr los objetivos; y

f) un mayor desenvolvimiento de la discusión mediante el uso de preguntas a cada miembro de la tripulación, tales como, “¿ qué habría Ud. hecho ...?”.

2.4.31 Con respecto a la evaluación y valorización, debe hacerse todo lo posible para asegurar a las tripulaciones participantes en LOFT que sus puestos no están en peligro cada vez que entran al simulador

para una sesión LOFT. Aunque la "conclusión satisfactoria" es un aspecto ineludible de LOFT, resulta difícil al mismo tiempo imaginarse una "instrucción insatisfactoria". En algunos casos, LOFT puede subrayar áreas que requieren atención adicional, pero, a menudo, aún errores graves cometidos durante LOFT son obvios sin prestárseles mayor atención, si la enseñanza provista por la experienc ia no puede mejorarse. Sin embargo, en algunos casos, los errores pueden indicar deficiencias que requieren trabajo adicional. La forma en que se trasmite este concepto al miembro de la tripulación es de vital importancia y representa un desafío para los explotadores y sus instructores.

24.~2 Durante el análisis posterior deben discutirse y evaluarse abiertamente por el coordinador, tanto el comportamiento de la tripulación en conjunto como el comportamiento individual de cada uno. La evaluación crítica de una persona debe mencionarse en presencia de toda la tripulación, pero las medidas correctivas deben tomarse separadamente. Es necesario tener tacto para mantener una atmósfera docente apropiada.

2.4.33 LOFT es, en primer lugar y esencialmente, una experiencia de instrucción. El éxito y aceptación de un programa LOFT dependen en gran medida de su planificación y preparación, los escenarios deben hacer hincapié en el realismo, los coordinadores deben escogerse e instruirse cuidadosamente en el arte del análisis previo, la dirección del programa, y el análisis posterior.

2.4.34 La instrucción adicional de miembros de la tripulación, cuando requerida, debe impartirse en forma casual, no amenazante. Si se presto cuidadosa atención a estos factores, la tarea de evaluación/valoración no hará desmerecer la atmósfera de pura instrucción, y resultara en una aceptaci6n plena.

Coordinación y calificación
para la instrucción

2.4.35 Cada coordinador debe haber concluido un curso específico de adiestramiento sobre instrucción LOFT. Generalmente los coordinadores se seleccionan de entre los pilotos de línea o pilotos inspectores que conducen el tipo de aeronave en la que se imparte la instrucción LOFT.

2.4.36 Algunas líneas aéreas están utilizando con éxito antiguos pilotos que tienen amplia experiencia en la línea aérea pero que no están ya actualizados. En tal caso deben recibir la parte relativa a tierra y al simulador del curso de instrucción sobre habilitación de tipo para el tipo aplicable de aeronave. Deben estar familiarizados también con los procedimientos operacionales de la línea actuales y deben ordinariamente ocupar el transportín en segmentos típicos de línea para observar los procedimientos operativos.

2.4.37 Cuando la instrucción LOFT entraña una tripulación de tres, la línea aérea debería tener flexibilidad para impartir la instrucción LOFT con un coordinador apropiadamente adiestrado para todos los puestos de la tripulación.

2.4.38 Papel del coordinador. El papel del coordinador debe reducirse a lo siguiente:

a) exposición verbal previa al vuelo;

b) dirección precise del escenario prescrito de manera real;

c) supervisión, registro y evaluación del comportamiento de la tripulación para el análisis posterior; y

d) realización de una exposición verbal objetiva, alentando el uso de la autocrítica para lograr la máxima ventaja.

2.4.39 Instrucción especializada para los coordinadores, los instructores y pilotos inspectores seleccionados para llevar a cabo los ejercicios LOFT deben recibir instrucción en los conceptos y realización de LOFT. Dicha instrucción incluirá pero sin limitarse a ello, lo siguiente:

a) la realización de la exposición verbal a la tripulación y una familiaridad completa con los procedimientos previos al vuelo, incluyendo planes de vuelo, informes meteorológicos, listas de equipo mínimo, datos de performance de la aeronave, procedimientos de cargo de la aeronave. etc.;

b) observación y comprensión de la gestión de recursos, incluso el concepto de tripulación y coordinación de la misma;

c) el ritmo y selección de elementos del escenario LOFT y la introducción de procedimientos o situaciones anormales y de emergencia;

d) comprensión a fondo de aptitudes de observación, comunicación, mando y dirección, así como los aspectos psicológicos conexos;

e) perfeccionamiento de las aptitudes propias de la persona para interactuar apropiadamente con la tripulación de vuelo durante la exposición verbal, el ejercicio LOFT y el análisis posterior; y

f) instrucción en aptitudes de evaluación con orientación apropiada en esferas especificas tales como el ejercicio de responsabilidades de mando, planificación, organización comunicaciones interpersonales, solución de problemas, firmeza, juicio, conocimiento de sistemas aeronáuticos y de performance de la aeronave, conocimiento de los reglamentos de aviación y cumplimiento de los mismos y procedimientos ATC, sensibilidad, dirección, afirmación positiva, suavidad y aptitud para volar, normas de trabajo y coordinación de la tripulación.

2.4.40 Normalización de LOFT. Se logrará una normalización de LOFT si se les da a los coordinadores un programa de instrucción complete al principio, seguido de supervisión periódica. Además es esencial un programa de crítica y retroanálisis utilizando miembros de la tripulación si dicho programa ha de tener éxito. La normalización de coordinadores mejora si los coordinadores LOFT se supervisan unos a otros. La normalización puede lograrse más fácilmente si el grupo coordinador de LOFT es pequeño y labora exclusivamente en el programa LOFT. LOFT no debería impartirse por ninguna persona otra que un coordinador apropiadamente calificado, pero dicho coordinador podría ejecutar otras funciones dentro de un departamento de instrucción si fuese necesario. Deben programarse reuniones ordinarias para la normalización de coordinadores. Durante estas sesiones pueden evaluarse los escenarios LOFT, y revaluarse para su mejoramiento.

2.4.41 Otros usos de la simulación de misión completa. La siguiente es una lista de otros usos:

a) instrucción de transición o instrucción inicial;

b) adquirir familiaridad con aeropuertos especiales;

c) formato para vuelos de verificación;

d) instrucción correctiva;

e) problemas del gradiente del viento;

f) investigaciones de accidentes e incidentes;

g) introducción a las comunicaciones, permisos, deberes relativas a la lista de verificación y vuelo de rutas de nuevos pilotos;

h) evaluación de mandos del puesto de pilotaje y de los instrumentos de vuelo, y evaluación de factores humanos en el puesto de pilotaje;

i) instrucción del primer oficial, tal como técnicas de aproximación y salida VRF, patrones de tráfico, etc.;

j) aprovechamiento y evaluación del combustible;

k) desarrollo de técnicas y procedimientos;

l) perfeccionamiento de aptitudes para el despegue y el aterrizaje:

m) revisión de escenarios de accidentes e incidentes;

n) instrucción y requisitos sobre vuelo de traslado con un motor inactivo;

o) revisiones previas a la misión para operaciones especiales: y

p) instrucción sobre maniobra especial, tal como pérdida de sustentación a gran altitud.

Apéndice 1 del Capítulo 2

5 de octubre de 1988

Nota para: Todos los comandante instructores
Todos los mecánicos de a bordo inspectores Todos los instructores de mecánicos de a bordo Todos los instructores sobre operaciones

Del: Comandante de instrucción principal- Normas
Asunto: Realización de LOFT

Parece que fue sólo ayer, pero hace ya un año desde que iniciamos la instrucción anual. Los inspectores aeronáuticos iniciarán su regreso para su instrucción anual en octubre. Nuestro volumen de trabajo aumentará considerablemente y Uds. se encontrarán haciendo períodos LOFT/PT cosa que tal vez no hayan estado haciendo por algún tiempo. El propósito de esta comunicación es el de discutir con Uds. algunos conceptos e ideas ahora que esta fase de instrucción anual está por comenzar.

Se hace cada vez más evidente que la seguridad de los vuelos se encuentra directamente relacionada no sólo con los aspectos técnicos y de procedimientos de lo que hacemos, sino también con la forma en la que interactuamos con otros, para lograrlo con toda seguridad. (En el transcurso de la última década, se ha acumulado una creciente cantidad de evidencia que sugiere que entre el 60 y el 80% de los incidentes y accidentes de los transportistas aéreos han sido causados, por lo menos en parte, por falta de la tripulación de vuelo en utilizar recursos fácilmente disponibles[1].

Teniendo esto en mente, revisemos lo que es LOFT- de qué trata. Enunciándolo simplemente, LOFT es la Instrucción de vuelo orientada a la línea aérea. Es un período de aprendizaje en simulador. Pero es más que eso. Es una oportunidad para que la tripulación y el instructor evalúen lo bien que se ha desempeñado una tripulación desde un punto de vista FORM (Gestión de los recursos para las operaciones de vuelo).

LOFT es una oportunidad para que los inspectores aeronáuticos se vean a sí mismo a través de los ojos de otros. Las herramientas utilizadas son: una cámara de vídeo, otros miembros de la tripulación, y un facilitador. El objetivo es el de apreciar lo bien que cada persona se ha desempeñado realizando las diversas maniobras de vuelo desde el punto de vista de los factores humanos. ¿Se utilizaron y administraron lo suficiente- mente bien los recursos? ¿Trabajó en conjunto la tripulación para resolver los problemas, o se excluyeron uno o más miembros de la misma? ¿Pudo haberse logrado mejores resultados con la participación del grupo? Ofrece una ocasión para la autoevaluación. Pero lo que es más importante aún, es una oportunidad para que la tripulación emita una crítica acerca de cuán bien trabajaron como un conjunto. ¿Podría algún miembro de la tripulación haber hecho otra cosa o algo más para realzar el rendimiento de la tripulación? De ser así, ¿cómo podría haberse hecho esto para que resultara? ¿Podría haberse mejorado la atmósfera -o pudo esa persona haber sido más positiva?

Cada tripulación será diferente y, por lo tanto estará constituida por diferentes personalidades y estilos. Cuán diferente- mente interactúan y se desempeñan conjuntamente estos diferentes estilos constituyen el meollo de la instrucción FORM/ LOFT.

Aunque es cierto que deberíamos saber lo que es FORM/ LOFT, deberíamos también saber lo que no es. Claramente hablando, no es lo mismo que una nueva maniobra que debe practicarse toda por sí misma. No representa en sí un fin. Lo mismo que una salsa para ensaladas, que Ud. no trataría de comer sola, la

Gestión de Recursos no debería del todo verse por sí misma, sino más bien como parte integral de todo el esfuerzo de las operaciones de vuelo. Durante el pasado nos hemos ocupado de la idoneidad técnica más criterios y adhesión a los procedimientos. Ahora nos ocupamos de la Gestión de Recursos también.

Nuestras responsabilidades, como ejecutores de LOFT, tienen muchas facetas. Probablemente una de las cosas más importantes que podemos hacer es creer en los beneficios de la Gestión de Recursos, ya que sólo así podremos apoyar efectivamente el concepto. En segundo lugar, es importante que nos demos cuenta que constituimos parte integral del procedimiento FORM. (Para que un programa CRM produzca más que una percepción a corto plazo, debe reforzarse e integrarse en un programa de instrucción periódico)[2] No importa cuán buenos sean nuestros Seminarios FORM, una sola dosis no será suficiente. Corresponde a nosotros integramos y reforzamos en cada oportunidad posible.

Un período LOFT bien llevado se inicia con la exposición verbal. A los estudiantes debe informárseles en términos generales lo que es LOFT (la Plantilla de Línea/LOFT de la NASA es una buena guía). Debe informarse a la tripulación que LOFT es una oportunidad que se les ofrece para practicar y evaluar lo que han aprendido del seminario FORM y de la instrucción periódica. Nuestra actitud en este caso no debería ser la de "haga un montón de preguntas y le daré una alta calificación en el aspecto interrogación". Nosotros y el estudiante necesitamos evaluar el comportamiento real, no algo que se pone sólo por dos horas de LOFT.

Deberíamos hacer el vuelo tan real como sea posible. No debería semejar un período de instrucción "normal" con problemas o emergencias uno después de otro. (LOFT es por definición un ejercicio docente de comportamiento de grupo que es innegablemente pertinente al puesto de cualquier miembro de la tripulación. En un escenario LOFT apropiadamente concebido, el comportamiento de la tripulación exigirá los esfuerzos coordinados de todos los miembros de la tripulación)[3.] Así pues, mantengámonos con el manuscrito. Si el escenario no logra lo que se supone debe hacer, ofrezca una sugerencia sobre cómo mejorarlo.

Es importante observar que LOFT tiene igual importancia que la porción PT del período de instrucción. Hay quienes piensan que esto es aún más importante. Su argumento dimana del hecho de que cada uno de los aviones de transporte que se han estrellado en tiempos recientes estaba a cargo de una tripulación que había concluido satisfactoriamente cursos PT y PC dentro de los seis a doce meses anteriores.

Nuestra realización del análisis posterior (crítica) es crítica para la eficacia de la instrucción LOFT. Por una parte no es necesario ni queremos ver toda la cinta vídeo, pero por otra, debemos resistimos a la tentación de no utilizarla del todo. Nuestra tarea es la de ayudar (facilitar) la crítica de los estudiantes de su comportamiento. Deberíamos haber prestado una estrecha atención a su comportamiento durante el período y tomar notas de lo que consideramos como ejemplos de buena o mala comunicación, afirmación, crítica, etc. (En particular, deberíamos adquirir conciencia del impacto que tuvo el uso por parte de la tripulación de la Gestión de Recursos en la realización del vuelo). Deberíamos utilizar la Plantilla de Línea/LOFT de la NASA como una guía. Vuélvanse a enrollar y léanse nuevamente aquellas partes del vídeo indicadas en sus notas. Dado que el refuerzo de FORM constituye la fase más crítica del procedimiento de aprendizaje, recordemos que será eficaz si también lo somos nosotros.

Es vital que los aviadores vean por sí mismos, mirando su propio comportamiento, cuán importante es la Gestión de Recursos para lograr operaciones de vuelo eficaces y seguras. Recuerde, si Ud. solamente les informa acerca de FORM, se olvidarán. Si les mostramos FORM, probablemente recuerden. Pero, si los involucramos en los principios de Gestión de Recursos, lo entenderán. Y ese constituye el primar paso en el procedimiento llamado FORM.

Es igualmente importante que podamos correctamente identificar lo que sucede con la tripulación, desde un punto de vista estadístico. Es precisamente partiendo de nuestras observaciones que NASA determinará si nuestra cultura en el puesto de pilotaje está cambiando. Somos una parte muy importante del esfuerzo de validación. ¡Hagamos lo mejor posible!

Información general relativa a la instrucción anual, que puede series de interés, se inserta a continuación:

l. Los estudiantes recibirán dos días de instrucción en tierra incluyéndose un curso de repaso FORM (puede ser que Ud. desee revisar el material en cuestión).

2. Los estudiantes con créditos incompletos o insatisfactorios debido a idoneidad en el PT o el PC deberán regresar en seis meses (este regreso no cambiará sus fechas de aniversario).

3. Si utilizamos tres horas del período PT/LOFT para el PT y sólo una hora para LOFT, estamos tratando injustamente todo el programa de instrucción, por las siguientes razones: En primer lugar, defraudamos al aviador en materia de instrucción valiosa. Luego, constituimos parte del procedimiento de validación, y parte de nuestra tarea es verificar si la instrucción anual, como está concebida actualmente, es satisfactoria. Deberíamos hacer todo cuanto sea posible dentro del mecanismo existente para proporcionar a los aviadores la instrucción que necesitan. Sin embargo, observen que distorsionamos los datos necesarios para validar o invalidar la instrucción anual, si estructuramos nuestros propios programas.

4. LOFT precederá ahora al PT. La mayoría de nosotros estima que esta es la mejor forma de proceder y actualmente la FAA nos respalda en tal sentido.

5. Puede ser que los aviadores soliciten instrucción voluntaria seis meses después de su programa de Instrucción anual. El procedimiento no ha cambiado. La solicitud debe hacerse por escrito y una vez asignada, la asistencia es obligatoria.

6. Se les ruega dejar funcionando la cámara vídeo después del período LOFT hasta que los estudiantes hayan abandonado sus asientos. En esta forma será posible captar cualquier crítica posterior a la misión para revisarla más tarde.

7. Hemos incluido el vídeo Charlie Plum, "Building Prison Walls" en el seminario FORM. Los que deseen una copia de este vídeo se les ruega comunicarse con Dave Jenkins o Bernie Lyons. El coste está por determinar aún, pero creemos será menos de $10,00.

David H. Jenkins
cc: Director del Sistema de instrucción de vuelo
Director de instrucción de vuelo -Gestión de recursos!
LOFT
Director de instrucción de vuelo -A300, A310, A320 Director de instrucción de vuelo -B727, B707, B737, B747
Director de instrucción de mecánicos de a bordo

Apéndice 2 del Capítulo 2

Nota para: Todos los comandantes instructores
Todos los mecánicos de a bordo inspectores .Todos los instructores de mecánicos de a bordo
Del: Director de recursos MGT/LOFT
Asunto: Revisiones de escenarios LOFT

En octubre se inicia el segundo año de instrucción anual.
Durante los últimos seis meses se ha hecho muy poco en materia de LOFT/PT/PC. Desde dicha fecha han ocurrido cambios A TC que afectaron nuestros escenarios LOFT. Hemos corregido nuestros escenarios LOFT a fin de que reflejen dichos cambios y hemos modificado ligeramente la estructura. A continuación se detallan los cambios.

l. El período de simulador PT/LOFT se ha invertido. LOFT seguirá a la exposición verbal y precederá a la instrucción de idoneidad como habíamos solicitado originalmente. Los períodos LOFT se realizarán como antes con retroanálisis vídeo durante la exposición verbal posterior. La parte PC se realizará el segundo día.

2. Se han modificado los escenarios entre IAD y JFK a fin de que reflejen sus aportes junto con los cambios ATC. Hemos cambiado igualmente las condiciones meteorológicas de una operación de verano a una de invierno en este sector. El escenario FRA/LHR permanecerá igual, con las mismas correcciones A TC. Se modificará adicionalmente durante los próximos meses.

3. Se han adicionado problemas a las listas de problemas a fin de damos la oportunidad de experimentar nuevos dilemas. Siempre podremos utilizar algunas de sus ideas para ampliar aún más esta lista. Nuestro objetivo es el de proporcionar el máximo potencial para el intercambio de factores humanos entre los miembros de la tripulación, mientras mantenemos la aeronave en vuelo normal.

4. Les solicitamos suministren a cada aviador un "Formulario de estudio LOFT" que deben Uds. recoger con la hoja de trabajo PT/PC en la sala de registros. Esto ofrecerá al aviador la ocasión de expresar comentarios en forma completamente confidencial. Este formulario será procesado por la Universidad de Texas en Austin de conformidad con un programa de validación de la NASA. Ello nos ayudará a determinar la eficacia de LOFT. Pídanles a los aviadores que depositen los estudios ya completos en la "Caja de estudios LOFT" ubicada en el centro de servicio.

No podemos dejar de hacer hincapié suficiente en lo importante de cada una de sus observaciones durante la parte LOFT del periodo. La exposición verbal posterior respaldada por el retroanálisis en vídeo proporciona a cada miembro de la tripulación la oportunidad para la autocrítica como aviador individual y más importante aún como miembro del conjunto. Se les ruega adherirse tanto como sea posible a los escenarios que Uds. escojan y anoten la hora de esos intercambios interpersonales durante el periodo LOFT ,para el análisis posterior junto con la lectura vídeo. Su presentación real de esta actividad simulada es una clave para el éxito del programa LOFT.

Pensamos que el material y textos presentados carecen de errores, aunque realmente sabemos que no es así, dadas nuestras capacidades limitadas en asuntos de oficina. Necesitamos su ayuda para comprobar este material. Se les ruega devolver cualquier parte del material nuevo (o viejo) que necesite corrección. Utilice la copia impresa para sus correcciones. Será más fácil encontrarlo en el disquete de computadora.

Mientras más rápidamente corregimos estos errores más fácil será convencer a nuestros aviadores de que no hay ninguna "triquiñuela" en los textos. Trataremos de corregirlos tan pronto como nos sea posible.
Los "Coordinadores LOFT" en cada aeronave serán responsables de suministrar el papeleo necesario para el programa LOFT de los aviadores. Asegúrense de que hayan existencias suficientes en cada sala de instrucción. El B-727 requerirá tanto los escenarios estadounidenses como los europeos para los simuladores 235 y 2D4. Nosotros nos encargaremos de la distribución inicial.

Como los usuarios de este material y textos, tienen Uds. la mejor posibilidad de cómo hacer el programa LOFT más real. Solicitamos sus ideas y esperamos su crítica de este material como si se tratara de un viaje de línea. Si no resulta como está concebido, es necesario cambiarlo. Uds. son la fuente principal para suministramos la información correspondiente. Por favor comuníquense con nosotros. Gracias.

Bemie Lyons

cc: Director del sistema de instrucción de vuelo
Director de instrucción de vuelo A-300/310, B-727'/737/747
Director de instrucción sobre técnica de vuelo

LISTA DE PROBLEMAS LOFT DE LA PAN AM (A-310)

(revisado 26/9/88)

Problemas o situaciones

l. Arranque en caliente potencial del motor

2. Pérdida de potencia del motor

EGT excede de 644 o -
Paro del motor

3. Baja presión de aceite del motor
Paro del motor

4. Falló el sistema hidráulico

5. Bravo Whiskey Direct

> *"Clipper* 594, *Nueva York, comuníquese con su compañía inmediatamente en la frecuencia "*
> (Frecuencia de la Compañía)
>
> (Cuando realizada la comunicación)
>
> *"Clipper* 594, *control de vuelo, acabamos de ser notificados por Seguridad de un Bravo Whiskey Direct para su vuelo. Seguridad ha confirmado que la amenaza es válida. Le aconsejamos que aterrice inmediatamente en …… (Aeropuerto de destino previsto)."*

Suministre asistencia como se solicita.

Suministre servicio ATC prioritario.

Cualquier pista disponible para el aterrizaje.

6. Amenaza por un pasajero

Un auxiliar de cabina informa que un pasajero se ha encerrado en uno de los lavabos de popa; dice tener un dispositivo de bomba de gasolina (o granada de mano) que continuamente amenaza hacer estallar; exige que el vuelo se desvíe hacia (Nicaragua, Beirut, Teherán, etc. según el caso).

7. Falla de comunicaciones

La tripulación pierde todas las comunicaciones con el control de tránsito aéreo en todas las frecuencias VHF normales; tampoco podemos establecer contacto en 121,5 o recibir en las frecuencias VOR; mantenga la pérdida de comunicaciones tanto tiempo como sea posible; las comunicaciones intentadas con el control de aproximación son satisfactorias; las instrucciones son de que el vuelo "continúe de conformidad con el último permiso asignado"; dé instrucciones de espera si se le solicitan.

(Nota.- La razón de la pérdida de todas las radios es una explosión maciza en el edificio de control de tránsito aéreo).

8. Incapacitación (o intoxicación) de un pasajero

Un auxiliar de cabina informa que una persona ha sufrido un ataque macizo de tipo desconocido (o se ha mostrado extremadamente inmanejable y está obstruyendo inten- cionalmente los deberes de la tripulación de cabina).

9. Explosión de los frenos/falla del sistema hidráulico

Indicación de frenos calientes (en cualquier rueda) seguida al poco tiempo por una falla del sistema hidráulico verde; el auxiliar de cabina notifica fuerte ruido bajo el piso; posible daño en el compartimiento de la rueda.

10. Objeto sospechoso

Un auxiliar de cabina ha encontrado un dispositivo en la sección de lavabos, que parece una bomba; el dispositivo se asemeja a dos cartuchos de dinamita con un objeto que hace tic tac fijado con cinta adhesiva.

Claves de perfil LOFT:

LFT = Ruta n9rmal entre aeropuertos
LRR = Ruta anormal entre aeropuertos
LOFT: LTB = Viraje en redondo o desviación

ESCENARIO LOFT DE PAN AM (26/9/88)
CLIPPER 594 "PESADO" IAD-JFK (A-310)
Problemas 1, 5, 6,7 (Véase lista de problemas)

1) Arreglos del SIM		Dulles pista 01R (#), Puerta #3, peso de rodaje 233900 lb, combustible 22500 lb, CG para el despegue 29,2%, techo 1 000 ft, cima de nubes 3 000 ft, visibilidad 10000 RVR, OAT 30F (-2C), altímetro 29,59 Hg (1002 mb), viento 020/8, QXI/OCI #1: PTU hidráulica verde a azul INACTIV A. QXI/OCI #2: bomba interior izquierda, del dep. de combo 1 INACTIVA. Insértese Problema l.
2) Salida A TIS	134,85	"Esta es información de salida ZULU de Washington Dulles. Techo medido 900 cielo cubierto, visibilidad 2 millas en nieve ligera, temperatura 30, punto de rocío 028, viento 020 a 8, altímetro 29,59. Salidas espera pista 01 derecha. Informe control de permisos o en tierra en contacto inicial que ha recibido la información ZULU."
3) Entrega de permiso	127,35	"Clipper 594 "Pesado", permiso para dirigirse a JFK, salida "capital dos" según plan presentado, vuele rumbo pista para vectores en curso, mantenga 4 000 ft, se espera 17 000 ft diez minutos después del despegue. Frecuencia control salida es 125,05, respondedor 0523, comuníquese con control de plataforma en 129,55 antes del rodaje."
4) Encaminamiento		Vectores radar directo Baltimore, V-44, V-229 MORTN, V-44 CAMRN, directo JFK.
5) Apoyo en tierra		Permiso para presionizar sistemas hidráulicos, retire conexiones eléctricas externas (según el caso). Permiso para arrancar motores cuando solicitado. Retire conexiones externas cuando se le instruya. "Espere instrucciones de señales manuales a su izquierda."
6) Control de plataforma	129,55	Reciba solicitud de empuje en retroceso. "Clipper 594 "Pesado", permiso de empuje en retroceso, cara al este." Reciba solicitud de rodaje. "Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje hacia el este calle de rodaje Echo-l, vire a la derecha y proceda en rodaje hacia el sur, comuníquese luego con control en tierra frecuencia 121,9." 121,9
7) Control en tierra1	121,9	"Clipper 594 "Pesado", continúe en rodaje y espere antes de llegar a la pista 01 derecha."
8) Apoyo de vuelo Atlanta		Reciba mensaje de salida de estacionamiento.
9) PANOPS	129,7	Reciba hora de salida de estacionamiento y galones de combustibles añadidos.

10) Control de carga	129,7	"Clipper 594 "Pesado", control de carga. Su peso sin combustible es 210,6 con un CG de 27,2; su peso de despegue es 233,1 con un CG de 29,2. Ocupación de pasajeros es 12 primera clase, 21 clipper, 103 clase económica. Reglaje del estabilizador es 0,1 hacia arriba."
11) Control en tierra	121,9	(Aproximación a la pista OIR) "Clipper 594 "Pesado," comuníquese con la torre Dulles, frecuencia 120,1."
12) Torre	120,01	"Clipper 594 "Pesado", viento 028/8, vuelo rumbo pista, permiso para el despegue".
13) Torre	120,0	Clipper 594 "Pesado", comuniquese control de salida frecuencia 125,05."
14) Control de salida	125,05	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, continúe rumbo 080, vectores hacia Baltimore ascienda hasta y mantenga 6 000 ft, al recibir Baltimore proceda directo."
15) Control de salida	125,05	(Aproximadamente 20 millas al oeste del VOR de Baltimore) " Clipper 594 "Pesado", continúe ascendiendo y mantenga 17.000 ft, comuníquese con el Centro Washington en 133,9."
16) Centro de Washington	133,9	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 17 000 ft y autorizado vía ruta del plan de vuelo."
17) Apoyo de vuelo Atlanta	131,25	Reciba mensaje de a bordo.
18) Centro de Washington	133,9	(Aproximadamente 41 millas al oeste de Sea lsle) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el Centro Washington en 127,7."
19) Centro de Washington	127,7	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 17 000 ft."
20) ARVL ATIS	115,4	"Esta es información WHISKEY del Aeropuerto Internacional Kennedy. Condición del cielo 800 cielo cubierto, visibilidad 1 y 1/4 milla con nieve. Temperatura 29, punto de rocío 27, viento 310 a 3 kt, altímetro 29,75. Llegadas espera aproximación VOR/DME pista 22L. Notificación a aviadores, ILS 22L fuera de servicio. Salidas espera pista 22R. Informe control de aproximación en Nueva York al contacto inicial que Ud. ha recibido la información WHISKEY de llegada Kennedy."
21) Centro de Washington	127,7	(Sobre Atlantíc City) "Clipper 594 "Pesado", descienda y mantenga 10000 ft, altímetro Kennedy 29,75 Hg (1007,5 mb)."
22) Centro de Washington	127,7	(5 millas al noreste de Atlantic City) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con Centro de Nueva York en 128,3."
23) Centro de Nueva York	128,3	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 10000 ft, autorizado CAMRN uno llegada JFK."

24) Arreglo del SIM		JFK pista 22L (#), techo 800 ft, cima de nubes 6 000 ft, visibilidad 8 000 RVR, temperatura 29F (-6C), altímetro 29,75 Hg (1007,5 mb), viento 210/04.
25) **Problema**		(10 millas al nordeste de Atlantic City) Insértese Problema 5 ó 6 ó 7.
26) PANOPS	131,37	(Reciba mensajes en transcurso) "Clipper 594 "Pesado", puede esperar puerta número 3, entre por vía calle de rodaje KILO." Suminístre asistencia según solicitada
27) Centro de Nueva York	128,3	(5 millas al suroeste de CAMRN) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el control de aproximación de Nueva York en frecuencia 127,4."
28) Centro de aproximación de Nueva York	127,4	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, vuele rumbo 040 y descienda a 3000 ft. Vectores para el curso de aproximación final VOR pista 22 izquierda." (en el vector final) "Clipper 594 "Pesado", autorizado para la aproximación, comuníquese con torre Kennedy en la frecuencia 119,1."
29) Torre de Kennedy	119,1	"Clipper 594 "Pesado", viento 210 a 4 nudos, permiso para aterrizar en pista 22 izquierda."
30) lorre de Kennedy	119,1	(Durante el recorrido en tierra) "Clipper 594 "Pesado", vire a la derecha en la primera calle de rodaje disponible, espere antes de llegar a la pista 22 derecha, permanezca en esta frecuencia."
31) PANOPS	131,37	Suministre asistencia según solicitada.
32) torre de Kennedy	119,1	(En aproximación a la pista 04 izquierda) "Clipper 594 "Pesado", cruce la pista 22 derecha, izquierda en la parte interior, comuníquese con el control en tierra de Kennedy en frecuencia 121,9."
33) Kennedy, en tierra	121,9	"Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje por la vía interna hacia su puerta.
34) Apoyo de vuelo en Atlanta	131,25	" Reciba mensaje de llegada al estacionamiento.

ESCENARIO LOFT DE PAN AM (26/9/88)
CLIPPER 594 "PESADO" IAD-JFK (A-310)
Problemas 1, 2, 3, 4 (Véase lista de problemas)

1) Arreglo del SIM		Dulles pista 01R (#), Puerta #3, peso de rodaje 233900 lb, combustible 22 500 lb, CG para el despegue 29,2%, techo 1 000 ft, cima de nubes 3 000 ft, visibilidad 10000 RVR, OA T 30F (-2C), altimetro 29,59 Hg (1 002 mb), viento 020/8, QXI/OCI #1: PTU hidráulica verde a azullNACTIV A. QXI/OCI #2: bomba interior izquierda del depósito de combustible 1 INACTIVA. Insértese Problema l.
2) Salida A TIS	134,85	"Esta es infonnación de salida ZULU de Washington Dulles. Techo medido 900 cielo cubierto, visibilidad 2 millas en nieve ligera, temperatura 30, punto de rocío 28, viento 020 a 8, altimetro 29,59. Salidas espera pista 01 derecha. Infonne control de permisos o en tierra en contacto inicial que ha recibido la información ZULU."
3) Entrega de permiso	127,35	"Clipper 594 "Pesado", permiso para dirigirse a JFK, salida "capital dos" según plan presentado, mantenga 4 000 ft, se espera 17 000 ft diez minutos después del despegue. Frecuencia control de salida es 125,05, respondedor 0523, comuníquese con control de plataforma Dulles en 129,55 antes del rodaje."
4) Encaminamiento		Vectores radar directo Baltimore, V-44, V-229 MORTN, V-44 CAMRN, directo JFK.
5) Apoyo en tierra		Permiso para presionizar sistemas hidráulicos, retire conexiones eléctricas externas (según el caso). Permiso para arrancar motores cuando solicitado. Retire conexiones externas cuando se le instruya. "Espere instrucciones de señales manuales a su izquierda".
6) Control de plataforma	129,55	Reciba solicitud de empuje en retroceso. "Clipper 594 "Pesado", permiso de empuje en retroceso, cara al este." Reciba solicitud de rodaje. "Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje hacia el este calle de rodaje Echo-l, vire a la derecha y proceda en rodaje hacia el sur, comuníquese luego con control en tierra Dulles frecuencia 121,9."
7) Control en tierra	121,9	"Clipper 594 "Pesado", continúe en rodaje hasta la pista 01 derecha." Reciba mensaje de salida de estacionamiento
8) Apoyo de vuelo Atlanta	130,9	Reciba mensaje de salida de estacionamiento
9) PANOPS	129,7	Reciba hora de salida de estacionamiento y galones de combustible añadidos.
10) Control de carga	129,7	"Clipper 594 "Pesado", control de carga. Su peso sin combustible es 210,6 con un CG de 27,2; su peso de despegue es 233,1 con un CG de 29,2. Ocupación de pasajeros es 12 primera clase, 21 clipper, y 103 clase económica. Reglaje del estabilizador es 0,1 hacia arriba."

11) Control en tierra	121,9	(Aproximación a la pista OIR) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con la torre Dulles, frecuencia 120,l."
12) Torre	120,1	"Clipper 594 "Pesado", viento 020/8, vuele rumbo pista, permiso para el despegue."
13) Torre	120,1	"Clipper 594 "Pesado", comuníquese con control de salida frecuencia 125,05."
14) Control de salida1	125,05	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, continúe rumbo 080, vectores hacia Baltimore, ascienda hasta y mantenga 6 000 ft, al recibir Baltimore proceda directo."
15) Control salida	125,05	(Aproximadamente 20 millas al oeste del VOR de Baltimore) " Clipper 594 "Pesado", continúe ascendiendo y mantenga 17.000 ft, comuníquese con el Centro Washington en 133,9."
16) Centro de Washington	133,9	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 17 000 ft y autorizado vía ruta del plan de vuelo."
17) Apoyo de vuelo Atlanta	131,25	Reciba mensaje de a bordo.
18) Centro de Washington	133,9	(Aproximadamente 41 millas al oeste de Sea lsle) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el Centro Washington en 127,7."
19) Centro de Washington	127,7	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 17 000 ft."
20) ARVL ATIS	115,4	"Esta es información WHISKEY del Aeropuerto Internacional Kennedy. Condición del cielo 800 cielo cubierto, visibilidad 1 y 1/4 milla con nieve. Temperatura 29, punto de rocío 27, viento 310 a 3 kt, altímetro 29,75. Llegadas espera aproximación VOR/DME pista 22L. Notificación a aviadores, ILS 22L fuera de servicio. Salidas espera pista 22R. Informe control de aproximación en Nueva York al contacto inicial que Ud. ha recibido la información WHISKEY de llegada Kennedy."
21) Arreglo del SIM		JFK pista 22L (#), techo 800 ft, cima de nubes 6 000 ft, visibilidad 8 000 RVR, temperatura 29F (-6C), altímetro 29,75 Hg (1007,5 mb), viento 210/04.
22) Centro de Washington	127,7	(10 millas al suroreste de Atlantic City) "Clipper 594 "Pesado", contacto radar perdido debido falla computadora Centro. Tenemos un cambio de encaminamiento para Ud. Cuando esté listo para anotarlo." " Límite del permiso es la intersección "ZIGGI". Proceda directo hacia Atlantic City. Salga de Atlantic City en V-184 hasta la intersección "ZIGGI". Posible espera en "ZIGGI" Lentamente hasta 250kt, luego descienda a 8 000 ft. El altímetro en Atlantic City indica 29,69. Repita."
23) Centro de Nueva York	127,7	(5 millas al nordeste de Atlantic City) "Clipper 594 "Pesado", comuniquese con el Centro de Nueva York en 128,3."

24) Centro de Nueva Cork	128,3	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 8 000 ft, autorizado vía V -184 "ZIGGI", directo JFK."
25) Problema		(10 millas al nordeste de Atlantic City v-184) Insértese Problema 2 ó 3 ó 4.
26) Centro de Nueva Cork	128,3	(En aproximación a intersección "ZIGGI") "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con control de aproximación Nueva York en frecuencia 127,4."
26) PANOPS	131,37	(Reciba mensajes en transcurso) "Clipper 594 "Pesado", puede esperar puerta número 3, entre por vía calle de rodaje KILO." Suminístre asistencia según solicitada
27) Control de aproximación Nueva York	127,4	"Clipper 594 "Pesado", salga de "ZIGGI" rumbo 040, vectores para el curso de aproximación final VOR pista 22 izquierda. Descienda a 7 000 ft, el altímetro en Kennedy indica 29,75 Hg (1007,5 mb)." Suministre vectores para la aproximación.
28) PANOPS	131,37	(Reciba mensaje) "Clipper 594 "Pesado", Ud. puede esperar puerta número 3, entre vía calle de rodaje KILO." Suministre asistencia según solicitada.
29) Control de aproximación Nueva York	127,4	(en el vector final) "Clipper 594 "Pesado", autorizado para la aproximación comuníq uese con la torre Kennedy en la frecuencia 119, l."
30) Torre Kennedy	119,1	"Clipper 594 "Pesado", viento 210/04, autorizado para aterrizar en la pista 22 izquierda."
31) Torre Kennedy	119,l	(Durante el recorrido en tIerra) "(Clipper 594 "Pesado", vire a la derecha en la primera calle de rodaje disponible, espere antes de llegar a la pista 22 derecha, permanezca en esta frecuencia."
32) PANOPS	131,37	Suministre asistencia según solicitada.
33) Torre Kennedy	131,37	(En aproximación a la pista 04 Izquierda) ""Clipper 594 "Pesado", cruce la pista 22 derecha, izquierda en la parte interior, comuníquese con control en tierra Kennedy en la frecuencia 121,9."
34) Kennedy, en tierra	121,9	"Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje por la vía interna hacia su puerta."
35) Apoyo de vuelo en Atlanta	131,25	Reciba mensaje de llegada al estacionamiento.

INFORMES METEOROLÓGICOS AL TERNA TIVOS (SI SOLICITADOS)

Newark:

300 oculto. Visibilidad 1/2 milla, nieve, niebla. Temperatura 30, punto de rocío 29, viento 350 a 5 kt, altímetro 29,72.

Filadelfia:

400 oculto. Visibilidad 1/2 milla, nieve, niebla. Temperatura 31, punto de rocío 29, viento 010 a 4 kt, altímetro 29,70.

Boston

Medido 800 cielo cubierto. Visibilidad 3 millas, nieve. Temperatura 15, punto de rociío **11,** viento O lOa 7 kt, altímetro 29,58.

Bradley:

Medido 400 cielo cubierto. Visibilidad 3/4 milla, nieve. Temperatura 20, punto de rocío 17, viento 020 a 5 kt, altímetro 29,68.

Baltimore:

400 cielo cubierto, estimado. Visibilidad 1 milla, nieve, niebla. Temperatura *30,* punto de rocío 27, viento 020 a 7 kt, altímetro 29,59.

Base F .A. de Andrews: Medido 400 cielo cubierto. Visibilidad 1 milla nieve. Temperatura 31, punto de rocío 27, viento 020 a 5 kt, altímetro 29,60.

ESCENARIO LOFT DE PAN AM (26/09/88)
CLIPPER 594 "PESADO"(A-310)
Problemas 1, 8, 9, 10 (Véase lista de problemas)

1) Arreglo del SIM - combustible		Dulles pista OIR (#), Puerta #3, peso de rodaje 233900 lb, 22 500 lb, CG para el despegue 29,2%, techo I 000 ft, cima de nubes 3 000 ft, visibilidad lO 000 RVR, OAT 30F (-2C), altimetro 29,59 Hg (1002 mb), viento 020/8, QXI/OCI #1: PTU hidráulica verde a azul INACTIVA. QXI/OCI #2: Bomba interna izquierda del depósito de combustible I INACTIVA. Insértese Problema l.
2) Salida A TIS	134,85	"Esta es información de salida ZULU de Washington Dulles. Techo medido 900 cielo cubierto, visibilidad 2 millas en nieve ligera, temperatura 30, punto de rocío 28, viento 020 a 8, altimetro 29,59. Salidas espera pista 01 derecha. Informe control de permisos o en tierra en contacto inicial que ha recibido la información ZULU."
3) Entrega de permiso	127,35	"Clipper594 "Pesado", permiso para dirigirse a JFK, salida "capital dos" según plan presentado, vuele rumbo pista para vectores en curso, mantenga 4 000 ft, se espera 17 000 ft diez minutos después del despegue. Frecuencia de control de salida es 125,05, respondedor 0523, comuníquese con el control de plataforma Dulles en 129,55 antes del rodaje."
4) Encaminamiento		Vectores radar directo Baltimore, V-44, V-229 MORTN, V-44 CAMRN, directo JFK.
5) Apoyo en tierra		Permiso para presionizar sistemas hidráulicos, retire conexiones eléctricas externas (según el caso). Permiso para arrancar motores cuando solicitado. Retire conexiones externas cuando se le instruya. "Espere instrucciones de señales manuales a su izquierda."
6) Control de plataforma	129,55	Reciba solicitud de empuje en retroceso. "Clipper 594 "Pesado", permiso de empuje en retroceso, cara al este." Reciba solicitud de rodaje. "Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje hacia el este a la calle de rodaje Echo-l, vire a la derecha y proceda en rodaje hacia el sur, comuníquese luego con control en tierra Dulles frecuencia 121,9."
7) Control en tierra	121,9	"Clipper 595 "Pesado", continúe en rodaje hacia la pista 01 derecha."
8) Apoyo de vuelo Atlanta	130,9	Reciba mensaje de salida de estacionamiento
9) PANOPS	129,7	Reciba hora de salida de estacionamiento y galones de combustible añadidos

10) Control de carga	129,7	"Clipper 594 "Pesado", control de carga. Su peso sin combustible es 210,6 con un CG de 27,2; su peso de despegue es 233, I con un CG de 29,2. Ocupación de pasajeros es 12 primera clase, 21 clipper, y 103 clase económica. Reglaje del estabilizador es 0,1 hacia arriba."
11) Control en tierra	121,9	(En aproximación a la pista OIR) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con la torre Dulles, frecuencia 120,1."
12) Torre	120,1	"Clipper 594 "Pesado", viento 020/8, mantenga rumbo de pista, permiso para el despegue."
13) Torre	120,1	"Clipper 594 "Pesado", vire a la derecha rumbo 080, vectores en curso, comuníquese control de salida frecuencia 125,05."
14) Control de salida	125,05	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, continúe rumbo 080, vectores hacia Baltimore, ascienda hasta y mantenga 6 000 ft, al recibir Baltimore proceda directo."
15) Control de salida	125,05	(Aproximadamente 20 millas al oeste del VOR de Baltimore) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el Centro de Washington 133,9."
16) Centro de Washington	133,9	Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga 17 000 ft y autorizado vía ruta del plan de vuelo."
17) Apoyo de vuelo Atlanta	131,25	Reciba mensaje de a bordo.
18) Problema		(Aproximadamente sobre Baltimore) Insértese Problema 8 ó 9 ó 10.
19) Centro de Washington	133,9	(Cuando se solicita) "Clipper 594 "Pesado", para vectores regreso a Dulles, vire a la derecha rumbo 250, descienda a 10000 ft, altímetro de Dulles 29,59 Hg(1 002 mb)." Suministre información según solicitada. Suministre vectores de regreso (o desviación).
20) ARVL ATIS	134,85	"Esta es información de llegada CHARLIE de Washington Dulles. Techo medido 900 cielo cubierto, visibilidad 2 millas en nieve ligera, temperatura 30, punto de rocío 28, viento 020 a 8, altímetro 29,59. Llegadas espera aproximación ILS pista 01 derecha, salidas pista 01 derecha. Notificación a aviadores, lLS pista 01 derecha pendiente de planeo fuera de servicio. Informe control de aproximación Dulles que Ud. ha recibido la información de llegada CHARLIE."
21) PANOPS	129,7	Reciba mensaje. Suministre asistencia según solicitada.
22) Arreglo del SIM		IAD pista 01 derecha (#), techo 800 ft, cima de nubes 3000 ft, visibilidad 10000 RVR, OAT 30F (-2C), altímetro 29,59 Hg (1002 mb), viento 020/8, Pendiente de planeo 01 derecha inactiva.

23) Centro de Washington	133,9	(Aproximadamente 20 millas al este de Dulles) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el control de aproximación Dulles en la frecuencia 120,45."
24) Control de aproximación	120,45	"Clipper 594 "Pesado", contacto radar, mantenga rumbo 250, descienda a 3 000 ft, vectores para el curso de aproximación final ILS pista 01 derecha, el altímetro en Dulles indica 29,59 Hg (1 002 mb)." Suministre asistencia según solicitada. Cualquier pista disponible a solicitud. (en el vector final) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con la torre Dulles, frecuencia 120,l."
25) Torre	120,1	"Clipper594 "Pesado", viento 020/8, autorizado para aterrizar sobre pista 01 derecha." (Durante el recorrido en tierra) "Clipper 594 "Pesado", comuníquese con el control en tierra de Dulles, frecuencia 121,9."
26) Dulles, en tierra	121,9	"Clipper 594 "Pesado", proceda en rodaje hacia su puerta." (o hacia un estacionamiento remoto) Suministre asistencia según solicitada.
27) PANOPS	129,7	Suministre asistencia según solicitada.

INFORMES METEOROLÓ GICOS ALTERNATIVOS
(SI SOLICITADOS)

Nevark:	300 oculto. Visibilidad 1/2 milla, nieve, niebla. Temperatura 30, punto de rocío 29, viento 350 a 5 kt, altímetro 29,72.
Filadelfia:	400 oculto. Visibilidad 1/2 milla, nieve, niebla. Temperatura 31, punto de rocío 29, viento 010 a 4 kt, altímetro 29,70.
Boston:	Medido 800 cielo cubierto. Visibilidad 3 millas, nieve. Temperatura 15, punto de rocío 11, viento 010a 7 kt, altímetro 29,58.
Braddley:	Medido 400 cielo cubierto. Visibilidad 3/4 milla, nieve. Temperatura 20, punto de rocío 17, viento 020 a 5 kt, altímetro 29,68.
Baltimore:	400 cielo cubierto, estimado. Visibilidad 1 milla nieve, niebla. Temperatura 30, punto de rocío 27, viento 020 a 7 kt, altímetro 29,59.
Base F.A de Andrews:	Medido 400 cielo cubierto. Visibilidad 1 milla, nieve. Temperatura 31, punto de rocío 27, viento 020 a 5 kt, altímetro 29,60.

CAPÍTULO 3
PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA INSTRUCCIÓN, DE LA AUTOMATIZACION EN LOS PUESTOS, DE PILOTAJE DE TECNOLOGIA AVANZADA

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.1 En el presente capítulo se analizan las repercusiones de la automatización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada en relación con los factores humanos. El propósito que se persigue es identificar los problemas relativos a las operaciones de aeronaves y la instrucción del personal, y ayudar a que se comprendan las dificultades que entraña la interfaz ser humano-máquina, con especial atención a la forma en que la automatización afecta la actuación humana.

3.1.2 Este capítulo está orientado a las actividades operacionales y en él no se abordan las cuestiones asociadas con el diseño del equipo y la certificación dado que el diseño del puesto de pilotaje y de sistemas se tratan en la Parte 1, Capítulo 3. Se espera que estos dos capítulos ayuden a comprender mejor los problemas que plantea al personal de instrucción la introducción de una nueva tecnología.

3.1.3 Con la automatización gradual de los puestos de pilotaje (y del sistema aeronáutico) tiene la posibilidad de hacer más seguras y eficientes las operaciones de las aeronaves (una reducción del 1 % en el consumo de combustible equivale a un ahorro anual de 100 millones de dólares para los transportistas de la IATA de un Estado en particular), ya que garantizan maniobras de vuelo más precisas, dan flexibilidad de visualización y optimizan el espacio en el puesto de pilotaje. No obstante, dada la necesidad de definir y entender estos problemas en beneficio de la seguridad de vuelo, este compendio se centra en problemas reales y potenciales. Para examinar esta cuestión en su debida perspectiva, es preciso dejar bien claro que los beneficios de la automatización superan con creces los problemas que acarrea.

3.1.4 Aunque todavía no se ha llegado a un consenso internacional con respecto al uso adecuado de la automatización, de lo que sí no hay duda es que la introducción de la automatización en el puesto de pilotaje puede reducir en parte los accidentes debidos a errores humanos. Aún así, los antecedentes también indican que los fallos del equipo automático y, con más frecuencia, los desajustes en la interfaz ser humano-máquina, siguen siendo una de las principales causas de accidentes e incidentes.

3.1.5 Una de las razones que llevaron a introducir la automatización fue la eliminación de errores humanos. Hasta el momento, se han podido eliminar ciertos tipos de errores, pero en otros casos lo que se ha hecho es sólo desplazar el error. La experiencia indica que aunque la automatización puede eliminar pequeños errores, también puede aumentar la posibilidad de que surjan otros mayores. Estos son algunos de los mensajes que se pretende transmitir en este capítulo.

3.1.6 Este capítulo:

—presenta el desarrollo de la automatización en la aviación, propone una definición de la automatización, destaca su carácter evolutivo y recalca la necesidad de un concepto básico al respecto;

—aborda algunos problemas de la automatización e ilustra si se han cumplido o no las expectativas;

—se refiere a la instrucción del personal de operaciones y, en especial, de la tripulación de vuelo;

—trata sobre las técnicas de gestión y otras estrategias, además de la instrucción, que se han empleado o pueden emplearse para resolver los problemas de la automatización;

—incluye los estudios sobre el terreno en materia de automatización que se han completado hasta la fecha;

—presenta un conjunto de principios de automatización;

—muestra un ejemplo del concepto básico de automatización propuesto por un explotador; y

—contiene la bibliografía.

3.2 INTRODUCCIÓN A LA AUTOMA TIZACIÓN

3.2.1 El diccionario Oxford define la automatización como "control automático de la fabricación de un producto a través de etapas sucesivas; uso de equipo automático para ahorrar esfuerzos físico y mental". Para los fines de este capítulo, se propone la siguiente definición respecto de la automatización del puesto de pilotaje: "asignación a las máquinas, por decisión de la tripulación, de algunas funciones, o de una parte de las funciones que ejecuta la tripulación con las máquinas". En esta definición se incluyen los sistemas de aviso y alerta que sustituyen o aumentan el trabajo de supervisión y dirección del ser humano (en algunos casos estas funciones no se realizan por decisión de la tripulación, sino que se asignan de antemano, como por ejemplo, la supervisión de sistemas, la comprobación de la situación del vuelo, la detección de incendios).

3.2.2 Al principio la automatización tenía por objeto estabilizar la posición de la aeronave mediante el control de las superficies aerodinámicas. Esta necesidad se satisfizo con los dispositivos giroscópicos, que se utilizaron durante muchos años para mantener la posición de todos los ejes espaciales (control del circuito interno de la aeronave). Durante la segunda guerra mundial, los giroscopios accionados por vacío, que también suministraban información sobre rumbo y posición en el puesto de pilotaje, se emplearon ampliamente para obtener mejor información, aliviar la fatiga y reducir las operaciones de control manual.

3.2.3 Después de la guerra los progresos fueron más acelerados. Los sistemas eléctricos y los amplificadores electrónicos reemplazaron los giroscopios accionados por vacío. La introducción del radiofaro omnidireccional VHF (VOR) y el sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) permitió acoplar los pilotos automáticos a las señales de salida de este equipo, así como a los radiales de derrota, el localizador y los haces de pendiente de planeo. Los datos más precisos sobre referencias externas que se integraron en el sistema del piloto automático, mejoraron el control del circuito externo[1]. Estos eran los últimos adelantos alcanzados cuando se introdujeron los aviones super- sónicos de transporte comercial a fines de los años cincuenta.

3.2.4 El aumento de la velocidad y capacidad de altitud de estos nuevos aviones de transporte exigió que el control del circuito interno fuera más preciso —sobre todo en las grandes altitudes -al igual que los instrumentos de vuelo. Durante este período se introdujeron los amortiguadores de guiñada, para amortiguar las oscilaciones y prevenir la tendencia al desvío del eje de guiñada después de un viraje inclinado, y los,.compensadores Mach destinados a contrarrestar la propensión al cabeceo a altos números de Mach, los cuales constituyen buenos ejemplos de dispositivos automáticos utilizados sin la intervención de la tripulación. La introducción de dispositivos directores de vuel02, que integraban los

datos de posición y navegación en un solo instrumento, permitió mejorar el control del circuito interno y al mismo tiempo suscitó preocupaciones en cuanto a la posibilidad de que los pilotos pasaran por alto los "datos básicos" de los cuales se derivaba la información.

3.2.5 Los adelantos logrados en el decenio de 1960 con la electrónica de estado sólido fomentaron la aparición de los sistemas de piloto automático y director de vuelo, que hicieron posible el aterrizaje automático y permitieron el control integrado de la potencia y la trayectoria de vuelo mediante los sistemas de mando automático de gases. Las dificultades con que tropezaron las tripulaciones de vuelo para aprender a explotar los aspectos más complejos de estos sistemas llevaron a que se estableciera el requisito de demostrar la pericia en su uso durante el proceso de certificación de pilotos, cuando antes lo que más se exigía era la capacidad para trabajar sin ellos. El sistema de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS), y en fecha más reciente, el sistema anticolisión de a bordo (ACAS/TCAS) ampliaron aún más el concepto de 'mandos automatizados' para aconsejar al piloto que maniobrara la aeronave y no simplemente utilizara la automatización como un medio para mantener el control aerodinámico o de navegación. Este concepto básico de advertencia y aviso automatizado al piloto aún prevalece en los sistemas de advertencia de cizallamiento del viento y de anticolisión. La introducción de la navegación de área (RNAV) Y los sistemas de gestión de vuelo cuatridimensionales integrados en el piloto automático elevó el nivel de complejidad de la automatización en las aeronaves de transporte civil. También amplió la capacidad de las aeronaves y del control de tránsito aéreo (ATC) para utilizar el espacio aéreo con más eficacia.

3.2.6 Los factores económicos, incluida la reducción de la carga de trabajo en el puesto de pilotaje con el fin de lograr el uso seguro y eficiente de dos tripulantes en vez de tres, fueron uno de los principales móviles que impulsaron la introducción de otros dos importantes dispositivos automáticos en el puesto de pilotaje: las pantallas de visualización electrónica dotadas de tubos de rayos catódicos (CRT) y el dispositivo de gestión de sistemas automatizados. (No obstante, aún queda por establecer la relación entre automatización y carga de trabajo, y no es correcto aceptar como criterio generalizado que la automatización reduce la carga de trabajo, ya que hay situaciones en que sucede todo lo contrario.) La reducción de errores humanos mediante la supervisión del personal encargado de la gestión de los sistemas de las aeronaves y del control de vuelo fue otro objetivo importante, como también la optimización de la performance de vuelo y la gestión del consumo de combustible. Desde el punto de vista operacional, los nuevos sistemas permitieron automatizar la navegación y guía vertical y horizontal, así como el control de empuje. Con todo, las consecuencias de esta nueva tecnología sólo estaban comenzando a conocerse. En la medida en que se fueron introduciendo estas aeronaves, pronto se hizo evidente que el sistema ATC no tenía la suficiente capacidad de adaptación para utilizar todas las posibilidades de los sistemas de gestión de vuelo (FMS) de los aviones más modernos.

3.2.7 Las nuevas aeronaves (A320/330/340; B747-400; B777; MD-11) que acaban de introducirse están dotadas de medios avanzados de automatización, en cuyos sistemas de control se ha incorporado la lógica para impedir que la aeronave sobrepase sus límites de seguridad operacional. Las operaciones de navegación y la gestión de los sistemas de la aeronave se han automatizado gracias a la tecnología de los microprocesadores, lo que permite que la tripulación de vuelo pueda atender más de cerca la explotación efectiva de la aeronave. Los pilotos que en un momento tuvieron bajo su mando directo todos los aspectos del control y gestión de la aeronave, ahora se han hecho responsable de la gestión de complejas interfaces con soportes físicos y lógicos, mediante las cuales deben dirigir las operaciones del avión (véase la Figura 3-1). Estos adelantos tecnológicos, empero, han dado lugar a nuevos tipos de errores. La complejidad de las unidades de control e indicación (CDU) ha sido puesta en tela de juicio y se ha considerado la posibilidad de eliminar la entrada de datos por el teclado de la CDU, aunque quizás sea difícil hallar un sustituto adecuado.

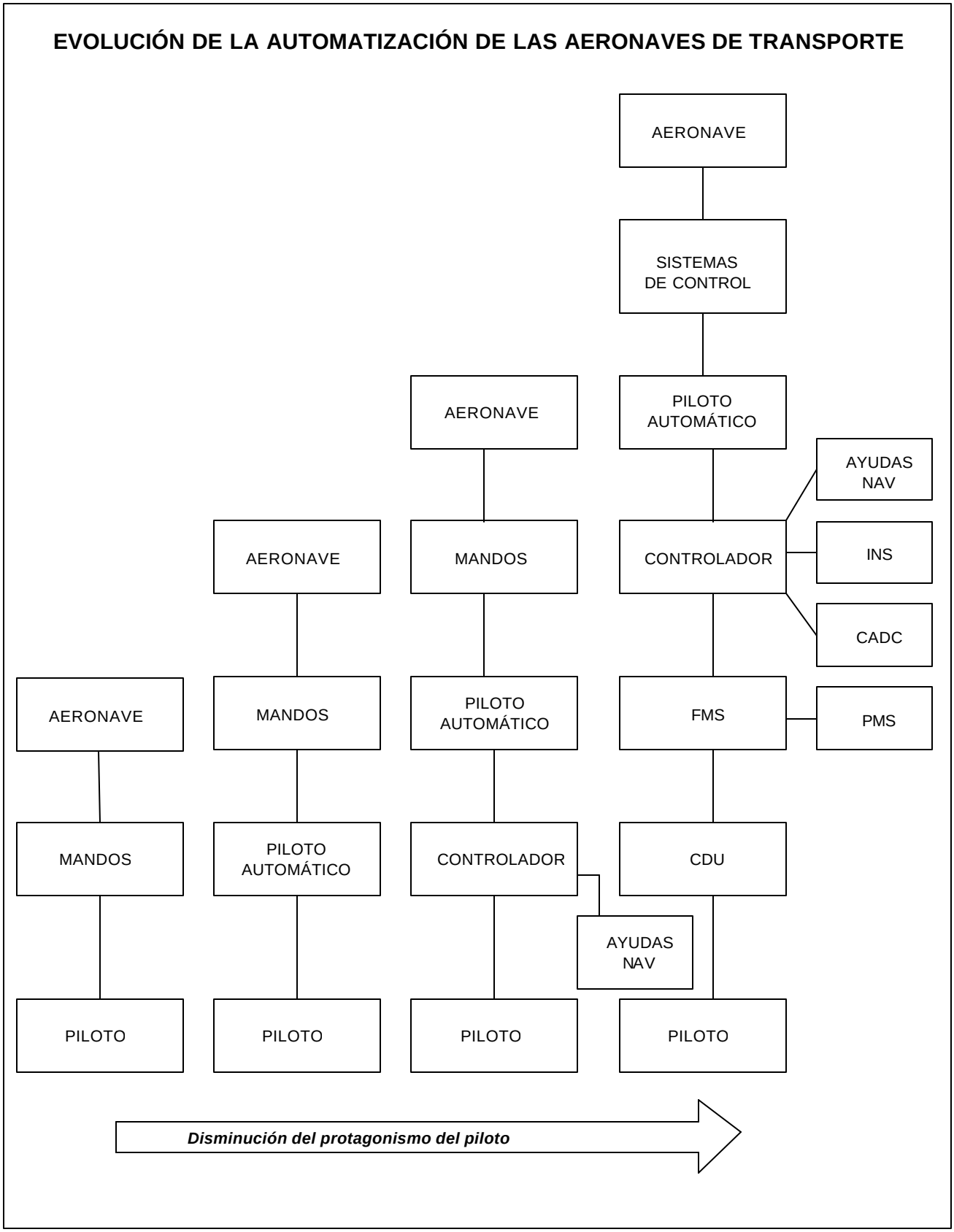

EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS AERONAVES DE TRANSPORTE
AERONAVE
SISTEMAS DE CONTROL
PILOTO AUTOMÁTICO
AYUDAS NAV
CONTROLADOR
INS
CADC
FMS
PMS
AERONAVE
MANDOS
PILOTO AUTOMÁTICO
CONTROLADOR
CDU
AYUDAS NAV
AERONAVE
MANDOS
PILOTO AUTOMÁTICO
MANDOS
PILOTO
AERONAVE
MANDOS
PILOTO
PILOTO
PILOTO
PILOTO
Disminución del protagonismo del piloto

Figura 3-1

Comité de diseño de puesto de pilotaje de Boeing

Ejemplos de datos de accidentes examinados

*Accidentes de gestión de subsistemas - transportistas aéreos mundiales 1968-1980

Causa relacionada con accidente	*Diseño*
•Tripulación omitió calentar pitot	•Piloto automático encendido con arranque de motores
•Mala posición del conmutador de potencia de reserva	•Potencia esencial y de reserva automatizadas
•Mecánico y comandante intentaron correcciones no autorizadas	•Los sistemas simplificados eliminan las funciones de mantenimiento
•No se coordinó con los pilotos el encendido de corriente eléctrica	•Interruptor y cambio de cargas automáticos -no requiere medidas de la tripulación
•El mecánico de a bordo apagó el sistema de advertencia de proximidad del terreno	•Señal de apagado en consola delantera plenamente visible para ambos pilotos
•Gestión de combustible defectuosa	•Gestión de combustible automática con alerta de poco combustible, mala configuración y desequilibrio
•Despegue sin flaps de borde de ataque	•Advertencia de despegue mejorada con computadora digital
•Confusión sobre posición correcta del interruptor del expoliador	.Control eléctrico doble del expoliador
•Tripulante no siguió instrucciones del piloto	•Sistema continuo de precaución y advertencia
•Presión de cabina mal regulada	•Sistema automático doble con conmutación automática

Asignación de tareas del mecánico de a bordo del 747-200 a la tripulación de vuelo del 747-400

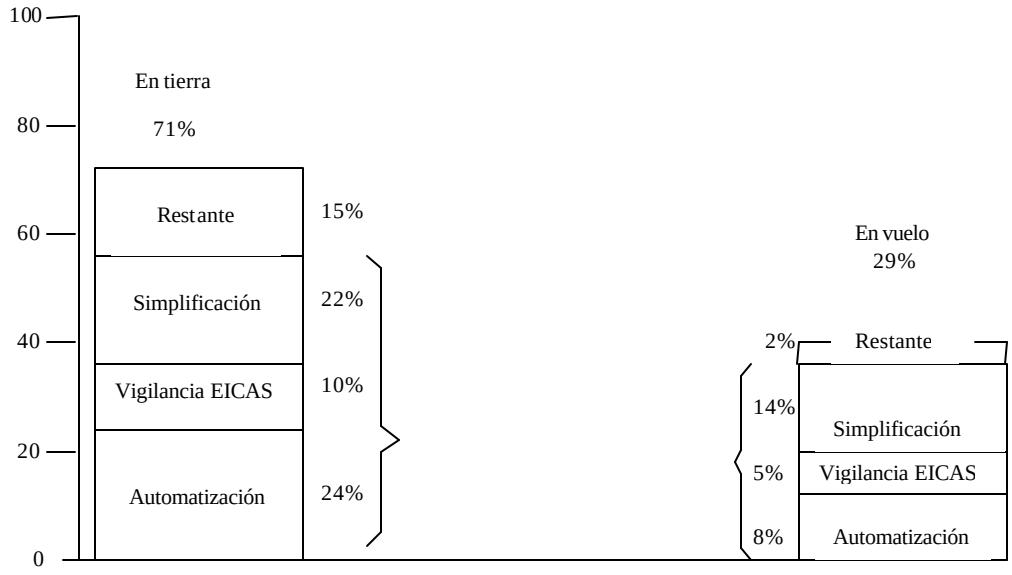


Figura 3-2

3.2.8 Además, las aeronaves de última generación entrañan una drástica evolución en la esfera del intercambio de información entre la tripulación y el avión. El volumen de información que se intercambia ha aumentado notablemente; por ejemplo, en el monitor electrónico centralizado de rayos catódicos (ECAM) de un avión A320 se pueden visualizar más de 200 aspectos de verificación. Al mismo tiempo, las interfaces entre la tripulación y la aeronave se han concentrado e integrado hasta tal punto que ahora una y otra comparten la misma unidad de interfaz para intercambiar enormes cantidades de información de muy diversa índole. La pantalla de rayos catódicos utilizada en la tecnología de los sistemas de instrumentos electrónicos de vuelo (EFIS) ha permitido combinar y visualizar datos de fuentes múltiples en una forma sumamente sintetizada y presentar cuatro imágenes básicas para comprobar la situación del avión: control primario de trayectoria de vuelo; navegación; motores y supervisión de controles de vuelo; y supervisión de sistemas. Los reguladores de gases, manijas y botones de control convencionales han sido sustituidos como medios primarios de transferencia de información entre la aeronave y la tripulación, y su función ha sido asumida por una unidad de control de vuelo para instrucciones tácticas a corto plazo, en tiempo real y por una unidad de control e indicación para entrada de datos estratégicos a largo plazo.

3.2.9 Aunque este último paso en la evolución del puesto de pilotaje no se enmarca en la definición de la automatización presentada en 3.2, sí se asocia con las cuestiones examinadas en este capítulo. En realidad, a menudo resulta difícil— y bastante artificial— separar los procesos automatizados de los procesos conexos de intercambio de información. Además, la tecnología avanzada o "puesto de pilotaje de cristal" tiende a generar problemas relacionados con factores humanos semejantes a los que se enfrentan en la automatización (dependencia excesiva, desplazamiento del ser humano, etc.).

3.2.10 En los párrafos anteriores ya se han mencionado algunas de las razones que han llevado a la automatización del puesto de pilotaje, pero para ampliar este tema podrían incluirse las siguientes:

- *Disponibilidad de tecnología,* sobre todo gracias al desarrollo vertiginoso de la tecnología de los micro- procesadores. El aumento de la velocidad y posibilidades de los aviones de reacción, el crecimiento del tránsito aéreo, los costes de un accidente (en vidas humanas y responsabilidad civil) y el reconocimiento de las limitaciones humanas son algunas de las razones por las cuales se procuró la ayuda de la máquina. Cabe señalar que aunque en algunos casos se hicieron realidad las promesas de la automatización, no fue hasta hace poco que se reconocieron muchos de sus problemas.

- *Preocupación constante por la seguridad* a consecuencia de la notificación persistente de errores humanos como causas de accidentes e incidentes. El objetivo que se perseguía era eliminar el error en su fuente: sustituir al ser humano por la máquina (Figura 3-2). Sin embargo, las máquinas tienen que ser supervisadas por el ser humano, y éste en el mejor de los casos es un supervisor deficiente. La interfaz ser humano-máquina puede generar errores que ocasionen accidentes y en algunos casos los dispositivos automatizados sólo han podido reasignar el error en lugar de eliminarlo, de ahí que aún se debata en muchos círculos hasta qué punto se ha mejorado la seguridad en sentido general.

- *Mejora de la economía* mediante el perfeccionamiento de la navegación y una gestión más eficaz de todo el vuelo y del consumo de combustible. *La fiabilidad y la facilidad de mantenimiento* pueden incluirse bajo este encabezamiento. En sentido general han logrado niveles impresionantes en las aeronaves de nueva generación.

- *Intento de reducir la carga de trabajo y complementar de esta forma el trabajo de los tripulantes,* lo que permite introducir aeronaves de fuselaje ancho que sólo requieren el empleo de dos pilotos. La automatización se ha considerado una forma de reducir la carga de trabajo del

puesto de pilotaje, pero en la práctica se ha visto que aunque se logre reducir la carga de trabajo manual, el esfuerzo mental no se ha reducido en la misma medida, y de hecho quizás haya aumentado. La experiencia operacional también indica que la automatización no siempre puede reducir la carga de trabajo en las etapas de vuelo en que ésta suele ser elevada, como por ejemplo, en las llegadas a los aeropuertos de gran congestión de tránsito y los aterrizajes en éstos.

Ahorro del espacio en el puesto de pilotaje, aprovechando la flexibilidad de las pantallas de visualización y de los controles que permiten los sistemas digitales, se puede ofrecer un mayor cúmulo de información a la tripulación de vuelo y a las estaciones terrestres.

3.2.11 La conclusión a que puede llegarse en relación con el personal de operaciones es evidente: el uso de la automatización ha sido de carácter incremental (o *evolutivo)*, en lugar de seguir una estrategia de diseño global o sistémica *(revolucionaria).* Ello significa que la fabricación de componentes independientes propició su introducción progresiva en los puestos de pilotaje tan pronto se dispuso de ellos, y lentamente se fue desarrollando hasta alcanzar el nivel actual de automatización. Por ejemplo, cuando los progresos hechos en la tecnología del estabilizador giroscópico permitieron controlar la posición de la aeronave, este dispositivo de automatización fue introducido en el puesto de pilotaje junto con otros instrumentos y controles no automatizados. Cuando se hizo posible el control y gestión del combustible mediante sistemas, los sistemas automatizados de datos de explotación y control reemplazaron los puestos de pilotaje electrónicos. Cuando el desarrollo de los sistemas instalados en tierra lo permitió, el control de navegación automatizado, (por ejemplo, el sistema de aterrizaje automático) fue introducido debidamente; por último, cuando la tecnología del microprocesador y el tubo de rayos catódico lo permitió, se introdujeron los "puestos de pilotaje de cristal". Actualmente los esfuerzos están dirigidos al proceso de integración que se analiza en 3.2.8 (Figura 3-3).

3.2.12 Lo anterior se conoce en lenguaje académico como *enfoque centrado en la tecnología* en oposición al *enfoque centrado en el ser humano.* En el diseño centrado en el ser humano, este último es el elemento central en el control y la gestión del sistema, y la función de la automatización es servir de ayuda a la tripulación. El valor de la automatización radica en gran medida en el grado en que pueda lograrlo. Esta diferencia entre el enfoque centrado en el ser humano y el enfoque centrado en la tecnología resulta pertinente, dada la ausencia de un concepto básico coordinado respecto de la automatización del puesto de pilotaje. La experiencia indica que muchos problemas asociados con la introducción de tecnología avanzada en el puesto de pilotaje de aeronaves comerciales se derivan de la falta de un concepto básico coherente y coordinado (Figura 3-4). Ese concepto básico se lograría elaborando directrices no dependientes de los dispositivos, de modo que cada nuevo dispositivo, técnica operacional, método o programa de instrucción pueda compararse con una norma sin tener que diseñar lo, aplicarlo y defenderlo de nuevo.

Automatización del puesto de pilotaje MD-11

SISTEMA DE AERONAVE TÍPICA	*SISTEMA MD-11*
• Piloto automático • Director de vuelo Mando automático de gases	• Sistema automático de vuelo
• Sistema de brújula (subordinado) • Nav automática? Lateral • Nav automática? Vertical • Performance (velocidad automática)	• Sistema de gestión de vuelo
• Indicador del director de actitud • Indicador de situación horizontal • Instrumentos de motores • Alertas de aeronave	• Sistema de instrumentos electrónicos de vuelo
• Sistema de combustible • Sistema hidráulico • Sistema ambiental • Sistema eléctrico	• Controladores de sistemas de aeronave

Figura 3-3

PERSPECTIVAS

- La **automatización** puede mejorar la eficiencia, capacidad y fiabilidad del sistema aeronáutico nacional

-PERO-

- La seguridad del sistema de próxima generación será dirigida, operada y garantizada por seres humanos

-POR CONSIGUIENTE-

- La automatización centrada en el ser humano es la clave de la eficacia del sistema

Figura 3-4

3.2.13 En 3.3 se examinarán en cierto detalle determinadas cuestiones operacionales asociadas con la introducción de la automatización. Cuando se consideren las ventajas e inconvenientes de la introducción evolutiva de la automatización en comparación con una introducción hipotética de carácter revolucionario, es posible que se aduzca que los cambios introducidos en la labor de pilotaje en toda la historia de la aviación comercial han sido de índole evolutiva. En ese caso los problemas derivados de la automatización se podrían abordar con los recursos tradicionales con que se ha contado para la instrucción y las actividades operacional es, los cuales se adaptarían para satisfacer esta necesidad en particular. (Este tema se examinará a fondo en 3-4). Un aspecto negativo que hay que señalar es que una de las hipótesis en que se basa el enfoque centrado en la tecnología es que la automatización reducirá la necesidad de algunas aptitudes. Esto no siempre sucede así, y los hechos demuestran que con el cambio de funciones del ser humano, las aptitudes requeridas cambian pero no se reducen y con frecuencia son más perentorias; por ejemplo, han surgido más tareas de diagnóstico y detección de fallas, y más variantes de selección. Otra posibilidad es que las aptitudes que exige la automatización universal sean simplemente aptitudes adicionales.

3.2.14 En estos momentos hay una tendencia establecida a comparar al ser humano y la máquina en relación con las funciones en que uno supera a la otra y viceversa. Los proponentes de esta comparación alegan que para planificar, diseñar y explotar sistemas complejos, las funciones del ser humano y la máquina deben definirse conforme a los mismos parámetros, lo que equivale a definir las funciones humanas en términos matemáticos semejantes a los que se emplean para describir las funciones mecánicas. El sofisma en que se basa este argumento es que siempre que las funciones humanas puedan reducirse a una fórmula matemática, es posible construir una máquina que realice mejor el trabajo del ser humano.

3.2.15 En este capítulo no se avala comparación alguna; por el contrario, se apoya la idea de que entre el ser humano y la máquina no puede haber *comparación* sino *complementación.* En vez de comparar la capacidad de ambos para cumplir una tarea determinada, hay que pensar en la forma en que pudieran complementarse mutuamente a esos efectos. La automatización debe servir para *complementar,* no para *suplantar* la función de gestión y control que desempeña el ser humano en el transporte civil aéreo.

3.3 CUESTIONES y PREOCUPACIONES EN MATERIA DE AUTOMA TIZACIÓN

3.3.1 Los sistemas de información sobre deficiencias en materia de seguridad y las notificaciones de accidentes, ofrecen suficientes datos para ilustrar la repercusión que el enfoque centrado en la tecnología tiene en la automatización. En 1985, el Comité Técnico sobre Comportamiento Humano (0-10) de la Society of Automotive Engineers (SAE) creó un subcomité para examinar la cuestión de la automatización de los puestos de pilotaje. Integran el 0-10 pilotos, ingenieros y especialistas en factores humanos en representación de líneas aéreas, la Administración Federal de Aviación (FAA), la Administración Federal de Aeronáutica y del Espacio (NASA), la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF), el Departamento de Transporte (DOT), la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) y fabricantes de aeronaves.

3.3.2 El subcomité sobre automatización del G-10 celebró varias reuniones, en el curso de las cuales se determinaron más de 60 preocupaciones en esta esfera, que se agruparon en las nueve categorías siguientes:

—comprensión de la situación
—exceso de confianza en la automatización
—temor a la automatización
—mantenimiento de la autoridad del comandante

—diseño de la interfaz con la tripulación
—selección de los pilotos
—instrucción y procedimientos
—papel del piloto de una aeronave automatizada
—otras cuestiones

3.3.3 A continuación se proporcionan más detalles sobre esta lista fundamental, y se recalcan, sobre todo, las cuestiones atinentes al personal de operaciones, con excepción del tema "instrucción y procedimientos", que se aborda de forma pormenorizada en 3.4.

- **La noción de la situación se pierde** cuando el piloto no se percata del estado de la aeronave, ni de la relación de ésta con el medio circundante, o interpreta erróneamente la situación y no se da cuenta de ello. Poco después de haberse introducido los aviones de reacción comerciales, el piloto automático de un Boeing B-707, que volaba a 35 000 pies de altura sobre Terranova, se desconectó y la nave comenzó a descender en espiral. La tripulación no detectó la desconexión hasta mucho después de la pérdida inicial del control, y recuperó la aeronave a unos 6000 pies por encima del Atlántico. Unos 15 años más tarde, la tripulación de un Lockheed L-1011 trataba de diagnosticar una luz de alarma que indicaba una falla del tren de aterrizaje cuando el piloto automático se desconectó probablemente porque uno de los tripulantes golpeó la palanca de mando, y el avión descendió lentamente desde una altura de 2 000 pies para estrellarse sobre un terreno cenagoso. La tripulación no llegó a comprender lo que ocurría realmente hasta que fue demasiado tarde.

- **La noción de los sistemas se pierde** cuando el piloto desconoce las capacidades y limitaciones fundamentales de los sistemas automatizados o se forma ideas erróneas sobre la forma en que éstos funcionan en situaciones determinadas. En 1985, el motor núm. 4 de un Boeing B-747 que volaba a 41 000 pies de altura sobre el Pacífico sufrió una pérdida parcial de potencia. La tripulación no tomó medida alguna y cuando el piloto automático no pudo corregir la guiñada, la aeronave primero se volteó hacia la derecha, casi totalmente invertida y, después, se precipitó abriendo el horizonte con su proa en una picada casi vertical. Por último se recuperó a los 9 500 pies. Al principio, la tripulación creyó que la altura inusual que mostraban sus instru- mentos obedecía a fallas de éstos. Cabe señalar que, antes de quedar fuera de control, la aeronave se mantuvo por espacio de dos minutos y medio a una altura que no podía sostener con tres motores. En el informe del banco de datos del Sistema de Notificación sobre Seguridad de la Aviación (ASRS) que figura a continuación también se ilustra este tipo de problemas:

  ..Mientras realizábamos el recorrido de despegue de Newark, activamos el mando automático de gases y fijamos la potencia de despegue. Control de salidas nos indicó que enderezáramos la aeronave a los 4 000 pies y así lo hice. Esperaba que al enderezarla, el mando automático de gases redujera la potencia, pero no fue así. La reduje manualmente, pero se volvió a elevar a potencia de ascenso. Mientras luchaba con el mando de gases, ATC me indicó que torciera rumbo a los 230 grados e *interceptara el radial* 335 *del VOR de Colts Neck, cosa que hice. En ese momento, desconecté el mando automático de gases mediante un botón que se encontraba situado aliado de éste. Al hacerlo. una luz roja brillante comenzó a centellear en el tablero de instrumentos. Para apagar esa luz hay que oprimir el botón. Al tratar de hacerlo, oprimí el botón contiguo sin saberlo. Era el conmutador de activación del sistema de navegación Omega que de inmediato hizo que la aguja del VOR se centrara. Cuando* vi *que la aguja se había centrado, torcí a la izquierda para interceptar lo que creí que era el radial* 335 *de Colts Neck. Poco después, control de salidas cuestionó ese proceder y me comunicó que me encontraba en el espacio aéreo del aeropuerto La Guardia...* "

- **El mal diseño de la interfaz**, la que permite que el sistema se adapte a un cambio de modo de funciona- miento (por ejemplo, un cambio de la pista de aterrizaje asignada), hace que la interfaz ser humano-máquina sea tan complicada y lenta que limita su utilidad cuando podría ser un instrumento sumamente eficaz. El mal disefto de la interfaz puede combinarse con el tiempo que requiere el ser humano para asumir la función de la máquina (instante de toma de control) y reducir considerablemente la calidad de la ejecución o práctica de un suceso por falta de calentamiento. Si a ello se suma la incomprensión de lo que sucede puede crearse una situación de peligro. Normalmente, para poder actuar con la máxima eficacia, el ser humano debe hacer uso de todas sus facultades mentales y neuromusculares. La inactividad relativa que provoca la automatización reduce la aptitud del ser humano y su buen desempefto inicial. Véase esiguiente informe del ASRS:

  "El mando automático de gases (que estaba activado), no *respondió* a *la pérdida de velocidad cuando se fijó* en *la modalidad IAS/Mach. La aeronave se enderezó* en *la modalidad de MANTENIMIENTO DE ALTURA, pero el mando automático siguió sin responder y la velocidad aerodinámica decreció* en *el intervalo de tiempo que tardé enfljar la modalidad* de *VELOCIDAD VERTICAL (que* no *funcionó). Desconecté el piloto automático y, casi al instante se activó el sacudidor de palanca. Manualmente aumenté la potencia y dirigí la aeronave* de *vuelta* a *la pendiente* de *planeo...* "

  Resulta interesante seftalar que no era necesario desconectar el piloto automático; hubiera bastado con aumentar manualmente el empuje del motor.

- **El regreso al control manual** obedece al temor comprensible de algunos pilotos de aeronaves automatizadas de que perderán las habilidades básicas de pilotaje. Muchos de ellos optan por manejarlas manualmente a fin de conservar esas habilidades. Sin embargo, en otros casos, es posible que haya renuencia a asumir las funciones de los sistemas automatizados por temor a haber perdido la pericia necesaria. La idoneidad (o no) de la instrucción en materia de aeronaves modernas, así como de los procedimientos y conceptos básicos de la línea aérea, repercuten en este aspecto que examinaremos en más detalle en la sección 3.4

- **Los cambios que ha inducido la automatización en la coordinación entre los miembros de la tripulación** han ocurrido porque muchas de las funciones que antes realizaba la tripulación (comportamiento humano visible) se han transferido a las computadoras (comportamiento de las máquinas oculto y dificil de observar). De ahí lo fácil que resulte apoyar la idea de mejorar la comunica- ción entre los tripulantes, tema que se abordará más a fondo en 3.4, en la sección relativa a la instrucción en CRM y LOFT. En el informe del ASRS que se presenta a continuación se describe un momento en que la programación de un sistema adquirió más importancia que la comprensión básica de la navegación y la posición:

  ..Mientras navegábamos directamente hasta DQO utilizando el sistema de gestión de vuelo, nos autorizaron a girar 15º *a la izquierda y a mantenernos en espera al oeste de PAILS en J42... mientras buscaba PAILS en la carta e introducíamos la orden de espera en la computadora de gestión de vuelo rebasamos el tiempo de espera...* "

- **Las actitudes respecto de la automatización** expresadas por algunos pilotos indican que la explotación de los sistemas automatizados en un entorno incómodo para el ustlario crea fl'Ustración, aunque es probable que el perfeccionamiento de la interfaz ser humano-máquina atenúe ese sentimiento en alguna medida. Esta frustración podría resumirse mejor con una pregunta que formulan los pilotos: "¿Quién tiene el control, la máquina o yo?". Las tripulaciones no han aceptado, ni deberían aceptar, la automatización sin criticarla. Algunos de sus aspectos se

aceptan, en tanto que otros se rechazan; a veces porque los pilotos no explotaron el equipo correctamente en el contexto real. Por ejemplo, esto sucedió en particular con algunas de las primeras versiones de los mandos automáticos de gases. Algunos pilotos han aceptado la automatización en su conjunto, mientras que otros la han rechazado. En general, dicen que les agrada dirigir aeronaves modernas, pero siguen expresando preocu- pación por la seguridad, dadas las oportunidades de error que introduce la automatización. Aquí también es aplicable el ejemplo del ASRS presentado anteriormente en la sección relativa a la "pérdida de noción de los sistemas".

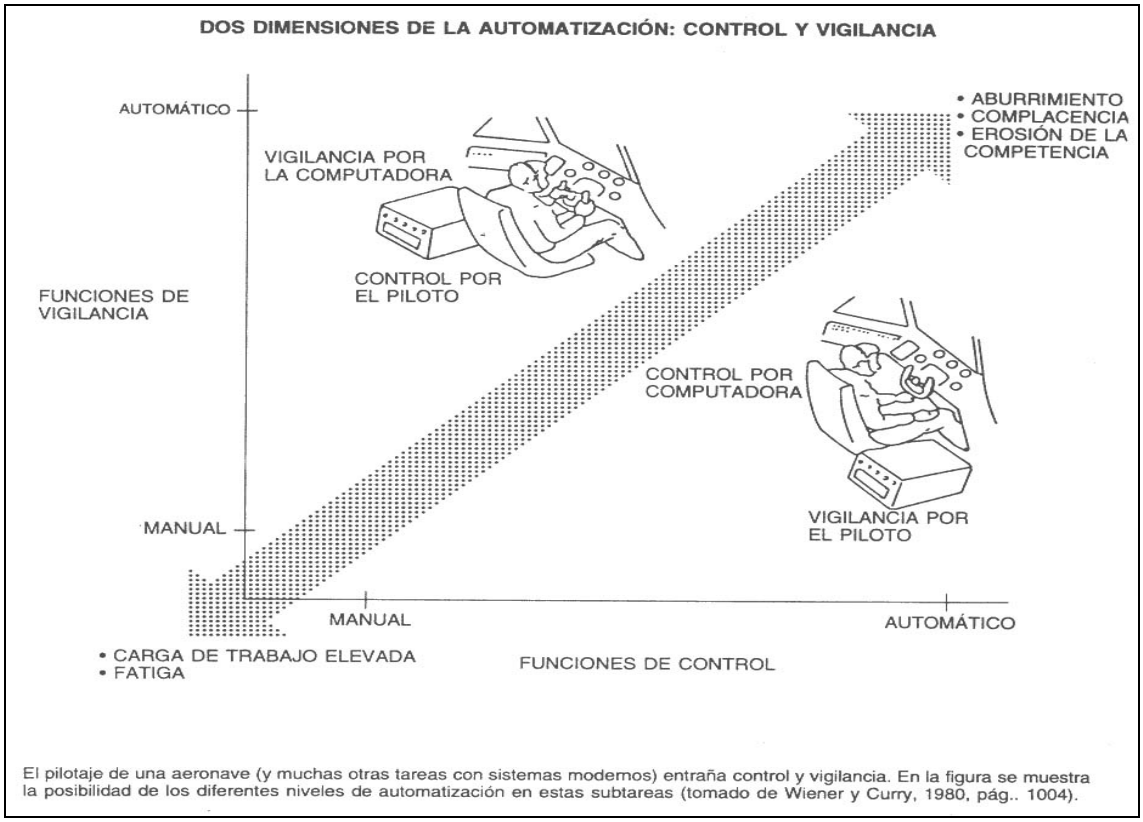
- **La motivación y la satisfacción por el trabajo** guardan relación con problemas tales como la pérdida del sentido de importancia del piloto, la noción de que las aptitudes profesionales han perdido valor y la falta de información sobre los resultados personales. Se ha hablado bastante sobre el cambio de funciones del piloto; no obstante, muchos consideran que la tarea fundamental de trans- portar pasajeros y carga por avión de un lugar a otro en condiciones de seguridad, no ha sufrido variación alguna y que, sencillamente, la automatización representa la existencia de mecanismos adicionales que contribuyen a cumplir esa tarea. Conviene poner en claro que esa cuestión no puede resolverse sólo con una serie de órdenes operativas o de boletines.

- **La dependencia excesiva** de la automatización se produce porque resulta fácil acostumbrarse a la utilidad y calidad de los nuevos sistemas automatizados; por ello, cuando surgen problemas, quizás la tripulación no se decida a desconectar los dispositivos automáticos (algunos manifiestan que esto también denota un exceso de confianza). Asimismo, se tiende a utilizar la automatización para afrontar cambios de situación repentinos, aún cuando no haya tiempo suficiente para suministrar la nueva información a la computadora. En 1984, un DC-10 se salió de la pista del aeropuerto John F. Kennedy de Nueva York hasta detenerse en el lodo. La nave hizo un aterrizaje demasiado largo y rápido (tomó contacto en el punto situado a los 4 700 pies de la pista de 8 000 pies), luego de una aproximación automática durante la cual la tripulación permitió que el sistema de mando automático de gases mantuviera una velocidad de 40 nudos por encima de la velocidad de referencia de aproximación. Había indicadores de velocidad aerodi- námica válidos, a unas pocas pulgadas del indicador de límite de velocidad rápida y lenta que se estaba super- visando. La dependencia excesiva de los sistemas automatizados también se consideró un factor que influyó en la pérdida de altura del Boeing 747 antes descrita. Otro ejemplo fue el de un DC-10 que, en 1979, entró en pérdida mientras ascendía a altura de crucero. En este caso, el piloto automático se había programado para la modalidad de velocidad vertical y no de velocidad aerodinámica. Mientras la velocidad ascencional se mantenía constante, la velocidad aerodinámica fue disminuyendo hasta que el empuje de los motores fue insuficiente para mantener la velocidad de vuelo, y el avión sufrió una conmoción estructural por pérdida. Esto se interpretó erróneamente como vibración del motor núm. 3, que seguidamente fue apagado. De inmediato, el avión entró en pérdida, se volteó a la derecha y perdió casi 11 000 pies de altura antes de que la tripulación pudiera recuperarlo. Examínese también el siguiente informe de un piloto, incluido en el estudio realizado por Wiener en 1989:

"El comandante pilotaba a altas horas de la noche, a FL 410, por encima de unafuerte tormenta. Una/alla de presión en el motor derecho (EPR) hizo que el mando automático de gases fuera reduciendo la velocidad poco a poco. Con gran lentitud, el motor izquierdo alcanzó el nivel máximo sostenido pero la velocidad siguió disminuyendo. Observé que la velocidad era de 20 a 25 *nudos por debajo de la velocidad de confianza indicada y lo notifiqué al comandante. Estuvimos a punto de entrar en pérdida por problemas en el sacudidor de palanca, mientras volábamos por encima de una tormenta. Hubo que mantener la vigilancia incluso a altura de crucero* ".

- **Algunos errores sistemáticos en la adopción de decisiones** se cometen porque las personas pueden apartarse de las prácticas óptimas en este sentido, sobre todo, cuando se ven presionadas por el tiempo u otras tensiones. Además, la existencia de prejuicios en el ser humano puede limitar aún más su capacidad para adoptar decisiones óptimas. Un método para reducir o eliminar las tendencias a adoptar decisiones parcializadas es utilizar dispositivos automatizados de ayuda para la adopción de decisiones cuando éstas sean necesarias. Cuando se sigue este método, las personas optan por una de dos estrategias; o aceptan las recomendaciones de la máquina o las rechazan. Hasta el presente, todo parece indicar que los sistemas de adopción de decisiones en que se conjugan los factores mecánico y humano suelen empeorar el resultado de las decisiones en lugar de mejorarlo. Asimismo, el disefio inadecuado de los procedimientos puede provocar errores sistemáticos. El caso del B-737 que se estrelló al despegar del Washington National Airport por acumulación de hielo en las alas se ha utilizado para ilustrar una serie de limitaciones humanas clásicas en la adopción de decisiones.

- **El tedio y el exceso de confianza en la automatización** pueden sobrevenir porque algunas etapas del vuelo están tan automatizadas que los pilotos caen en la abulia y se aburren o se confian demasiado. En el caso particular del exceso de confianza, las personas tienden a confiar tanto en que los sistemas automáticos funcionarán eficazmente, que se oocen menos vigilantes o excesivamente tolerantes con los errores que se cometen en la ejecución de la función prevista y a veces pierden la agilidad necesaria (véanse las Figuras 3-5 y 3-6). Es conveniente garantizar la participación consciente del piloto en todas las etapas del vuelo y, al propio tiempo, aprovechar la eficacia del vuelo que permite la automatización. Mantener a los pilotos en los mandos, aunque sólo sea a pequefios y frecuentes intervalos, es mejor que pedirles que, simple - mente, supervisen el funcionamiento del sistema por períodos prolongados. Véase el siguiente informe de un piloto, incluido en el estudio realizado por Wiener en 1989:



El pilotaje de una aeronave (y muchas otras tareas con sistemas modernos) entraña control y vigilancia. En la figura se muestra la posibilidad de los diferentes niveles de automatización en estas subtareas (tomado de Wiener y Curry, 1980, pág.. 1004).

Figura 3-5

"Dejar que la VNAV (navegación vertical) reajuste automáticamente la velocidad a los 10 000 pies es confiarse demasiado. Utilizando el FLCH (cambio del nivel de vuelo) para el descenso, en ocasiones he estado muy por debajo de los 10 000 pies de altura antes de percatarme de que aún voy a 300 nudos ".

- **El temor a la automatización** es en parte resultado del aumento de componentes en el sistema, lo que a su vez genera un problema de dependencia, pues cuanto mayor sea el número de componentes, tanto mayor será la posibilidad de que uno de ellos falle. Con todo, algunos pilotos siguen renuentes a interferir en los procesos automatizados aunque muestren defectos de funcionamiento. Ello se debe, en parte, a una instrucción deficiente y en parte, a las presiones que impone la gestión del vuelo. La decisión del comandante de aceptar y mantener durante la aproximación una velocidad aerodinámica excesiva, derivada del sistema de mando automático de gases, hizo que un DC-10 aterrizara unos 2 800 pies fuera del umbral desplazado de la pista de 9 191 pies, contaminada con agua, del aeropuerto Logan de Boston. El avión rebasó el límite de salida de la pista y se deslizó hasta detenerse en una zona de aguas someras. Véase también el siguiente informe de un piloto, que figura en el estudio realizado por Wiener en 1989:

  "El primer oficial iba a aterrizar en el umbral a una velocidad decreciente de menos 10 nudos y con un encabritamiento creciente de 12 *grados, pues se trataba de una práctica de aterrizaje automático. No sólo habríamos golpeado la cola de la nave, sino que habríamos saltado en pedazos. Cuando le dije al primer oficial que diera la vuelta, respondió que el aterrizaje era automático. Tomé el control y logré rescatar la aeronave a unos cinco pies de altura. En la puerta de aproximación supimos que se trataba de una falla en un EEC de la derecha.* ***El problema principal radicó en su actitud de creer que una computadora lo haría todo y que él no tenía que observar los siete grados de encabritamiento y la velocidad de umbral (recomendados por la línea aérea)*** *(La tipografia en negrilla es nuestra). El sistema automático es excelente, pero los pilotos somos los máximos responsables, y si todo lo demás falla, nuestro deber es encarar el problema y resolverlo... "*

- **La falta de confianza** obedece a que la evaluación de una persona sobre una situación concreta difiere de la de un sistema automatizado. Si el sistema no actúa como lo haría un ser humano o como espera la tripulación que lo haga, o si la persona no está debidamente adiestrada, es posible que esta última tome medidas incorrectas o se preocupe por algo que no lo merece. Una agravante en este caso son las fallas en el disefio de los sistemas que generan sefiales de alarma injustificadas, como las que plagaron la primera generación de sistemas de adver- tencia de la proximidad del terreno (GPWS)[3].

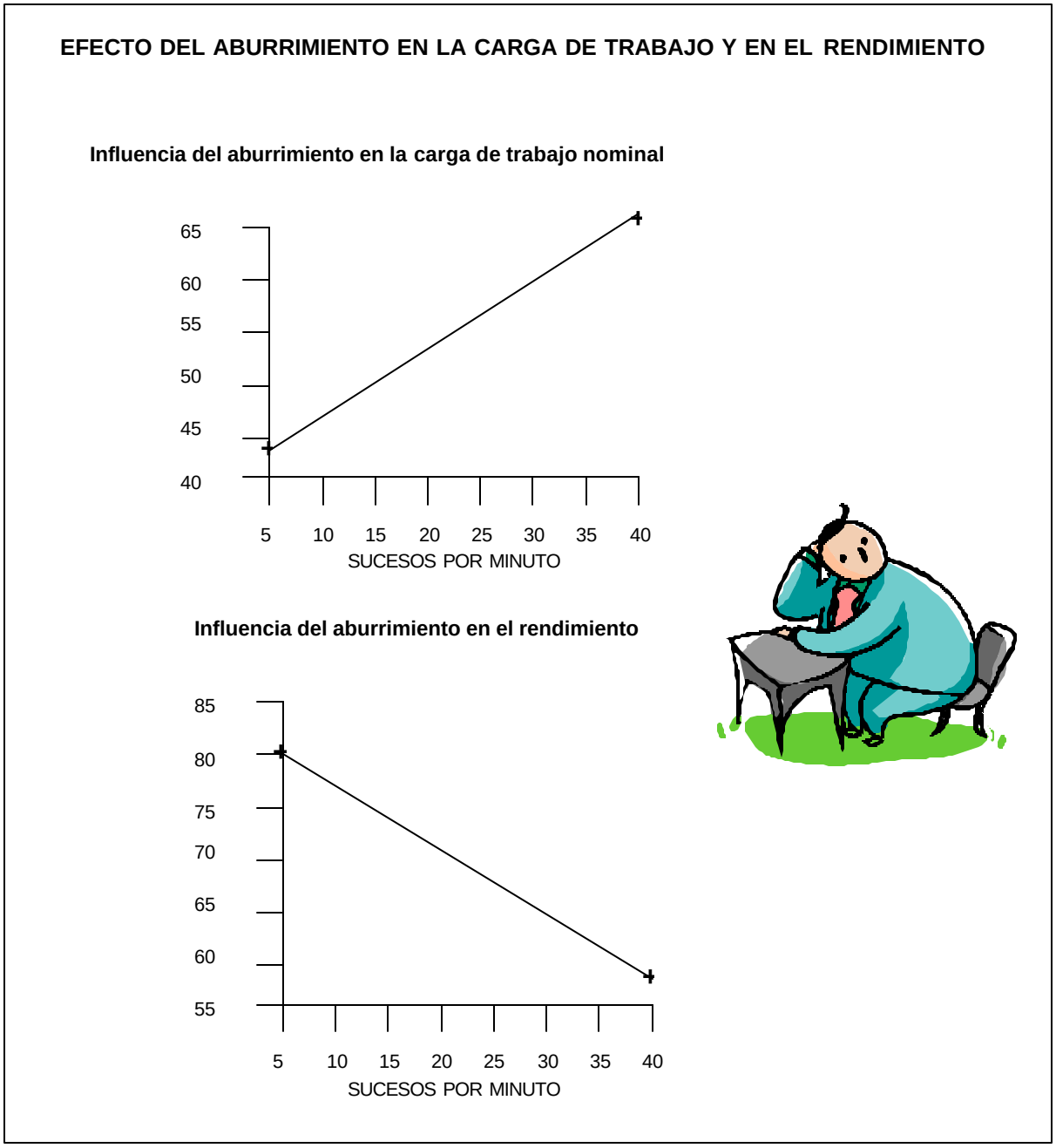


Figura 3-6

- **Los procedimientos de selección de los pilotos** deberán someterse a un nuevo análisis respecto al valor relativo de la experiencia y de las horas de vuelo. Algunos sostienen que la automatización reducirá la preocupación por la selección de los tripulantes. En realidad, la automatización de los puestos de pilotaje modernos, obliga a prestar mayor atención a los procedimientos de selección. Habrá que asignar funciones al ser humano y a la máquina, teniendo presente las consecuencias que ello pueda acarrear. Un aspecto importante asociado con esas consecuencias es el conjunto de requisitos que el piloto ha de satisfacer para cumplir la función asignada, lo que entrafia la necesidad de reexaminar los criterios actuales de selección o elaborar criterios más avanzados y concretos, con miras a seleccionar adecuadamente a los candidatos y contratar a los que resulten más aptos para trabajar en los puestos de pilotaje de tecnología

avanzada. El empleo de métodos cuidadosos y sistemá- ticos basados en procedimientos de selección validados reducirá el tiempo de instrucción de vuelo y garantizará un funcionamiento más seguro y eficaz.

- **La confusión y el mal uso de las modalidades** son resultado de las múltiples posibilidades que ofrece la automatización, como también de una instrucción inadecuada. Con las nuevas tecnologías de computadoras es posible que la tripulación suponga que la aeronave esté funcionando en una modalidad de control determinado y en realidad no sea así. Este también puede ser un problema de instrucción o de procedimientos. En todos los casos, debe anunciarse claramente a la tripulación el estado de las modalidades y los cambios que éstas sufran. El número de modalidades disponibles no debe ser demasiado grande, ni la diferencia entre ellas demasiado sutil. El siguiente informe del banco de datos del ASRS ejemplifica esta cuestión:

"La aeronave ascendía a FL 410, con el piloto automático derecho y el mando automático de gases activados. Aproximadamente a FL 350 se observó que la velocidad aerodinámica era inferior a 180 nudos y que iba en descenso. Se desconectó el piloto automático y se redujo la actitud de paso. En ese momento se activó el sacudidor de palanca y se sintió una pequeña conmoción estructural. La aplicación de toda la potencia y la disminución de la actitud de paso hicieron que la velocidad aerodinámica volviera a la normalidad. El resto del vuelo transcurrió sin contratiempos.

Durante lafase de ascenso, creí que el piloto automático estaba en la modalidad de cambio del nivel de vuelo (potencia de ascenso máxima mientras se asciende manteniendo una velocidad aerodinámica Mach seleccionada). Recordando lo sucedido, pienso que el piloto automático debió haber estado en la modalidad de velocidad vertical y no de cambio del nivel de vuelo. Si *fue así, con la velocidad de ascenso seleccionada de 2500/3000 pies por minuto, la velocidad aerodinámica debió de haber sido casi normal hasta FL 300 y ahí comenzar a sangrar mientras el piloto automático mantenía la velocidad vertical... "*

- **La interfaz con el sistema ATC existente** se logra con facilidad, siempre que no haya cambios en el plan de vuelo. Sin embargo, cuando se precisan cambios -como sucede en todos los vuelos - la entrada de datos en la computadora puede tardar más de lo que permite el entorno del A TC, sobre todo a baja altura. Es necesario que los controladores conozcan la capacidad de la nueva generación de aeronaves (y que los pilotos entiendan el dilema de los controladores). Con las aeronaves modernas, es probable que el cambio de rumbo no se ejecute de inmediato porque la tripulación introduce primero los datos sobre el nuevo rumbo en la computadora de gestión de vuelo en lugar de ejecutar de inmediato el cambio orientado. También hay diferencias entre los diversos aviones de tecnología avanzada (A320, MD-11, B-747-400, y otros). El disefto de los sistemas también debe permitir cambios de rumbo rápidos y fáciles o la entrada directa de datos por el piloto en cuanto a cambio de rumbo, altura y velocidad aerodinámica. El siguiente ejemplo expuesto por el Dr. Wiener en *Cockpit Automation Issues in CRM and LOFT training,* 1989 (Cuestiones relativas a la automa- tización del puesto de pilotaje en la instrucción sobre CRM y LOFT) ilustra esta cuestión:

"Tras despegar de SJC y completar la primera parte de la salida LOUPE FIVE, se emitió la siguiente auto- rización: después de Wilson Creek, diríjanse 37 *grados* 45 *minutos al norte ; y 111 grados 05 minutos al oeste, directamente hasta Farmington como aparece en el plan de vuelo. Cuando los tripulantes trataron de introducir esta información en el sistema, hallaron que la secuencia de la autorización nose ajustaba alformato que requería el sistema. Luego de un momento de gran frustración, encontraron el formato correcto (en otra página de la unidad de control e indicación CDU) y lo utilizaron como modelo. Se desconoce la razón por la cual ATC*

consideró necesario emitir un punto de referencia latitudinal y longitudinal en vez de indicar la dirección azimutal y la distancia del VOR cercano (que pueden introducirse fácilmente) ".

- **La vulnerabilidad a cometer errores graves** obedece a que la automatización elimina errores pequeños pero propicia la comisión de otros graves. Un ejemplo sencillo ilustra este aspecto: el reloj despertador digital, cuya hora puede fijarse con gran precisión pero que, a diferencia del analógico, funciona en un ciclo de 24 horas de modo que la hora de despertarse puede fijarse por error en p.m. y no en a.m. Con la introducción del sistema digital surgió un error grave de precisión: el error de 12 horas exacta- mente. Con el aumento de la automatización en los aviones de transporte, la mayoría de los errores graves guardan relación con la entrada incorrecta de los datos digitales y con la supervisión del FMCS.

- **La carga de trabajo**, sobre todo del piloto supervisor y, en especial, a altitudes bajas en las áreas terminales, puede ser sumamente elevadas. La carga de trabajo puede pasar rápidamente de muy baja a muy alta, ya que los sistemas no siempre degradan con lentitud. El adelanto de la automatización se ha basado, en parte, en el supuesto de que la carga de trabajo se reduciría, pero hay pruebas que nos llevan a sospechar que este objetivo no se ha logrado aún. En efecto, los datos provenientes de algunos estudios realizados sobre automatización indican qúe los pilotos consideran que la automatización no reduce la carga de trabajo, ya que entraña una mayor vigilancia. Según un piloto: "... muchas veces, si la carga de trabajo es demasiado grande, simplemente desconectamos el dispositivo automático y volvemos al procedimiento manual".

- **El tiempo que transcurre sin alzar la cabeza** es algo que debería estudiarse. Esto se refiere a las actividades que hacen que la trípulación centre su atención en el interíor del puesto de pilotaje, como la supervisión de los instrumentos, la programación de las computadoras, la consulta de la carta, y otras actividades que impiden que la trípulación mire al entorno exteríor. Existe preocupa- ción por el tiempo que los pilotos dedican a ese tipo de actividades, sobre todo cuando la aeronave se encuentra por debajo de los 10 000 pies en un área terminal. Se considera que, en gran medida, el tiempo sin alzar la cabeza (así como la carga de trabajo) se relaciona con la reasignación de pistas de aterrizaje, la desviación de las llegadas y salidas normalizadas por instrumentos, los cambios de velocidad y las restricciones relativas a cruces. Todas ellas son parte normal del entorno actual, y tienen consecuencias desde el punto de vista de la instrucción, los procedimientos y la automatización.

- **La conveniencia de supervisar la instrucción** plantea, entre otras muchas cuestiones, el problema de la adopción o el rechazo de los dispositivos automáticos según lo entienda el pasante durante la instrucción o lo especifique el examinador durante la verificación. Se ha afirmado que las reglamentaciones actuales no responden plenamente a los requisitos técnicos y operacional es que exigen las nuevas actividades y que se impone una revisión.

3.3.4 Una de las cuestiones más polémicas en torno a los puestos de pilotaje automatizados es la relativa al papel del piloto. Algunos sostienen que la función principal del piloto ha cambiado y que éste ha dejado de ser, ante todo, un manipulador de los mandos de vuelo para convertirse en un controlador de sistemas, en tanto que otros creen que la función básica de transportar pasajeros y carga por avión, en condiciones de seguridad, no ha sufrido variación alguna y que en todos los casos, los cambios simplemente han sido evolutivos. El Grupo de estudio de la OACI sobre la seguridad de los vuelos y los factores humanos considera que esta última opinión se acerca más a la verdad. Con la automatización, los pilotos de hoy sencillamente tienen a su alcance instrumentos adicionales que por su propia novedad es lógico que planteen nuevos desafios.

3.4 INSTRUCCIÓN EN MATERIA DE AUTOMA TIZACIÓN

3.4.1 La instrucción de los pilotos es un aspecto muy importante y también muy costoso. Pese a su importancia incuestionable, no siempre se llega a un consenso en cuanto al tipo y el alcance de la instrucción necesaria para que los pilotos puedan manejar aviones nuevos y diferentes de manera segura y eficiente.

3.4.2 La polémica en torno a las repercusiones de la automatización en la instrucción es de por sí un tema totalmente independiente. Algunos afirman que la automatización exige habilidades adicionales, mientras que otros aducen que disminuye los costes de la instrucción y el nivel de las habilidades de vuelo que se han sólido exigir para manejar aeronave s más antiguas con puestos de pilotaje tradicionales. Por otra parte, hay quienes alegan que uno de los conceptos más errados sobre la automatización es afirmar que ésta disminuye los requisitos de instrucción. Pese a esta diversidad de opiniones, pocos ponen en duda la necesidad de la instrucción. La relación entre los aviones de transporte y los pilotos que los manejan reviste gran importancia, al igual que la relación entre el piloto y el fabricante, los procedimientos, las instrucciones normalizadas de explotación y los criterios de explotación de las empresas. La presente sección tiene el propósito de establecer algunos nuevos aspectos de la instrucción en aeronaves con puestos de pilotaje de tecnología avanzada.

3.4.3 Un tema conflictivo ya mencionado es el relativo a las nuevas funciones de la tripulación de vuelo en las aeronaves con puestos de pilotaje automatizados, cuestión que plantea al menos dos interrogantes fundamentales:

- ¿Es el piloto un operador de mandos, un controlador de sistemas, o ambas cosas?

- Si hay alguna diferencia, ¿dónde radica, en la función del piloto, o en los elementos que la integran?

-

Haciendo un análisis se observa que la función primordial del piloto de aviones comerciales no ha cambiado en absoluto, ya que como su ***objetivo*** es (como lo ha sido siempre) realizar el vuelo planificado de manera segura y eficiente y con un máximo de comodidad para los pasajeros, su función consiste en lograr este objetivo, es decir, dirigir la aeronave con seguridad y eficiencia a su lugar de destino. Sus ***responsabilidades*** siguen siendo el control, el planeamiento y la toma de decisiones respecto de las operaciones, y sus ***tareas*** son las que ha desempeñado tradicionalmente (comunicación, navegación y operación de la aeronave). El problema está en cómo instruir mejor a los pilotos para que puedan manejar aeronaves de tecnología avanzada.

3.4.4 A juzgar por el consenso alc anzado, la automatización, como enfoque general, debería contribuir mucho más a mantener la estabilidad y el control básicos de la aeronave. Otras funciones de mayor complejidad, como la planificación o planificación previa al vuelo, el control de la situación de los sistemas y la toma de decisiones, deberían ser desempeñadas fundamentalmente por el ser humano con la ayuda de la automatización. La instrucción debería hacer mayor hincapié en la participación del piloto en la toma de decisiones y su conocimie nto de los sistemas, en su capacidad de supervisión y en la coordinación entre los miembros de la tripulación. Sin embargo, lo que sí está claro es que la automatización no ha disminuido la necesidad de que los pilotos de líneas aéreas posean las habilidades y los conocimientos básicos que siempre se les han exigido. En las etapas iniciales de la instrucción se debería destacar la importancia de esos principios básicos y la instrucción general sobre el avión debería siempre anteceder a la instrucción detallada en funciones automáticas. La instrucción debería reflejar las diferentes necesidades de una comunidad de pilotos muy diversa en aspectos tales como experiencia total

de vuelo, experiencia colectiva, fecha de la última instrucción de transición, conocimientos sobre computadoras, etc.

3.4.5 Una de las enseñanzas obtenidas en relación con las aeronaves de tecnología avanzada es que deberían ***evaluarse los requisitos de instrucción*** cada vez que se diseñara un nuevo tipo de aeronave. La determinación de los requisitos generales de instrucción necesarios para que los pilotos puedan manejar el nuevo equipo de manera segura y eficiente debería considerarse parte integrante del proceso de diseño. No es necesario, ni probablemente convenga, que estos requisitos sean muy detallados, sino que indiquen claramente lo que el diseñador del sistema considera que los pilotos deberían saber para manejar dicho sistema de manera segura y eficiente. La próxima ocasión para hacerlo sería el instante en que se introdujera la nueva aeronave. Ello permitiría efectuar cambios operacional es, aunque siempre teniendo presente que cualquier práctica ineficaz que se siga en el momento de la introducción tenderá a perdurar. Ese es el momento de apreciar y comprender el diseño del fabricante y sus objetivos operacionales, ya que estos factores influyen mucho en la instrucción y las operaciones. Ahora más que antes los responsables de la introducción de los nuevos aviones o los encargados de la instrucción, deberían disponer de más información de fondo respecto de los conceptos de diseño básico. Esto es importante puesto que la mayoría de los actuales programas de instrucción en aeronaves con nueva tecnología se establecieron originalmente para las aeronaves tradicionales.

3.4.6 Especial atención debería recibir la ***idoneidad del programa de instrucción de transición***. La complejidad de muchos de los sistemas podría exigir al principio un nivel de comprensión y de habilidades operacionales superior al que era necesario para los aviones anteriores. La cuestión fundamental radica en si los pilotos, una vez culminada su instrucción de transición. poseen suficientes habilidades y conocimientos para manejar ese tipo de aeronave de manera segura y eficiente. Aunque algunos piensan que no se necesitará un nivel de habilidades manuales tan alto como antes, sí se exigen mayores aptitudes intelectuales o mentales debido a la complejidad de los sistemas y al entorno en que deben explotarse. También hay pruebas de que es posible que la explotación ordinaria de los modos automáticos no ofrezca suficientes oportunidades de instrucción. Las observaciones realizadas en los puestos de pilotaje han demostrado que los pilotos utilizan sólo algunas de las funciones que tienen a su disposición, ya que no saben cómo emplear las otras. Esto evidencia lo insuficiente que resulta la instrucción y la complejidad de los sistemas y modos.

3.4.7 ***El alcance de la instrucción*** debería garantizar que los pilotos comprendan cabalmente la interdependencia de los sistemas, puesto que es posible que ya no sea tan intuitiva- mente obvia incluso para los pilotos más experimentados. La instrucción debería proporcionar información sobre los sistemas más específica que antes, cuando era mucho menor esa interdependencia. Los ejemplos siguientes, propuestos por Jean-Jacques Speyer de la Airbus Industrie, ilustran este criterio:

> *"El enlace de la orientación de la rueda de proa del A320 con el sistema "Air Data lnertial Reference System" (ADIRS) habría sido imposible en los diseños de las generaciones anteriores. Aún así, la ventaja conceptual —la sensibilidad de orientación de la rueda de proa como función de la velocidad de la aeronave —es harto evidente. Sin embargo, como en la mayoría de los conceptos de automatización, los beneficios que ésta reporta a menudo se contrarrestan con una mayor necesidad de conocimientos operacionales profundos y no meramente intuitivos.* Si *un piloto tiene dificultades con la orientación de la rueda de proa, es posible que necesite investigar el funcionamiento de la rueda de proa, el sistema ADIR y sus interacciones para comprender el problema y resolverlo. Asimismo, el enlace de las dos computadoras de presurización con las dos computadoras de orientación y gestión de vuelo (FMGC) y los tres sistemas ADIR a bordo del A320 tiene la ventaja de que permite comparar constantemente los perfiles de vuelo planificados y reales con vistas a lograr un control de presurización adecuado en cualquier etapa del vuelo. No*

obstante, esto obliga al piloto a comprender las interacciones que existen entre los sistemas para poder cumplir su función de responsable absoluto. "

El tiempo de instrucción dedicado a la operación de una aeronave con fallas en los sistemas automatizados aumentaría la confianza del piloto para tomar el control manual con prontitud y eficacia.

3.4.8 También cabe recordar que la competencia "aparente" durante la operación normal de un nuevo sistema puede diferir considerablemente de la competencia "real", que permite soportar un alto nivel de estrés y un gran volumen de trabajo. Para soportar tales presiones es necesario consolidar las habilidades. Este es un concepto fundamental que no siempre parece aplicarse en la práctica. Se ha reconocido *el valor y la aplicabilidad de los dispositivos de instrucción para tareas específicas* como medio de lograr la necesaria instrucción práctica e intensiva. Entre estos dispositivos se incluyen un simulador de alta fidelidad de un sistema determinado (o incluso el propio equipo) que permite que el estudiante se concentre en él sin el volumen de trabajo adicional o las distracciones de que sería objeto en un simulador de vuelo completo. La simulación que ofrecen es somera, y puede consistir desde grandes fotos que imiten el puesto de pilotaje en tomo al sistema simulado, hasta dispositivos de mesa ultramodemos para la instrucción con ayuda de computadoras (CAT). Los dispositivos de instrucción para tareas específicas pueden resultar muy económicos en el desarrollo de las habilidades necesarias para la explotación eficaz de los sistemas. La principal desventaja que presenta el diseño actual de algunos de estos dispositivos es su falta de realismo funcional (por ejemplo, es posible que mientras se esté realizando un ejercicio, haya un momento en que se disponga de una sola secuencia de respuestas autorizada, mientras que en un sistema real existe mucha más libertad).

3.4.9 Debería estudiarse la posibilidad de ***emplear computadoras domésticas*** para cursos regulares de instrucción y el estudio por cuenta propia. En este sentido existe la posibilidad de que no se dé un uso correcto al equipo, pero también es muy probable que se satisfagan las necesidades y deseos de los pilotos, el personal administrativo y las autoridades. Pese a que en la práctica esto puede resultar algo difícil, la experiencia demuestra que el conocimiento de algunos elementos básicos de las computadoras (como por ejemplo, saber utilizar un teclado alfanumérico) facilita la transición hacia los puestos de pilotaje de nueva tecnología.

3.4.10 ***El tiempo transcurrido desde la última instrucción de transición*** es un factor importante cuando se analizan las necesidades de los pilotos. Si bien no cabe duda de que los sistemas de guía de vuelo y otros sistemas automatizados son más complejos que en las aeronaves anteriores, a menudo se ha observado que algunos pilotos que efectúan la transición a las nuevas aeronaves han llevado hasta 15 años sin asistir a la escuela teórica de vuelos. Ello puede haber agravado las dificultades de algunos de estos pilotos, para quienes la instrucción de transición a la nueva tecnología quizás no siempre resulte fácil y entrafie costes de instrucción superiores a los previstos. Cabe esperar que durante el periodo inmediatamente posterior a la instrucción se observe ***una falta de experiencia operacional significativa*** (que posiblemente apenas tenga relación con el tiempo total de vuelo). Una manera de resolver este problema podría ser exponer a las tripulaciones a situaciones de vuelo muy realistas en simuladores de alta fidelidad. Esto es lo que en muchos países se conoce como LOFT (instrucción de vuelo orientada a la línea aérea)[4]. Gracias al equipo ultramoderno de que se dispone, a la diversidad de situaciones que se pueden simular, y a los métodos de instrucción sumamente técnicos que existen actualmente, los pilotos pueden obtener una experiencia de vuelo (además de la instrucción) que en algunos casos puede resultar incluso mejor que un vuelo real.

3.4.11 Entre los temas específicos que también se vinculan a la instrucción de transición figuran la ***transición de instrumentos electromecánicos a sistemas de instrumentos electrónicos de Jluelo, la instrucción para los casos de pérdida de toda representación visual electrónica*** (la aeronave se controlaría con instrumentos de reserva que en esencia son iguales a los instalados en aeronaves de

generaciones anteriores, aunque la pérdida de datos es mucho mayor), y el ***empleo del piloto automático, el sistema de gestión de vuelo y el tablero de mandos de modos***. La forma en que estos sistemas permiten dirigir el vuelo hace que el piloto se despreocupe de la situación inmediata de la aeronave (posición, velocidad, altitud, etc.). Los procedimientos de las tripulaciones y los métodos de instrucción deben garantizar que este proceso no aliente el exceso de confianza en la automatización, y que el piloto se mantenga al corriente de la situación en un nivel satisfactorio. La instrucción debe ser directa y estar orientada a la línea aérea, y hacer hincapié en prácticas correctas.

3.4.12 Deberían elaborarse *directrices* ***sobre el uso de la automatización*** en las que se indique a la tripulación cuándo hacer uso de la automatización, y lo que es más importante, cuándo no utilizarla. Las que existen (por lo general en forma de documentos de política de las compafiías o de instrucciones normalizadas de explotación), reflejan prácticas preferidas en el contexto de determinados entornos operacionales. El hecho de que existan tales directrices no significa necesariamente que sean de aplicación universal, ni este compendio tiene el propósito de establecerlas. Con estas líneas sólo se persigue el objetivo de señalar este problema, y en el Apéndice 3 se ofrece un ejemplo del enfoque que da una línea aérea a uno de los conceptos básicos de la automatización.

3.4.13 De acuerdo con la práctica bien establecida de programar perfiles de cortante del viento como parte de la instrucción en el simulador de vuelo, quizás resulte conveniente analizar los beneficios que brinda la ***presentación repetida*** de los incidentes o accidentes en los casos en que se considere que ha intervenido la automatización. Ello es posible gracias a la flexibilidad de los modernos sistemas de simulación por computadoras y a la información proveniente de los sistemas de notificación de seguridad. Asimismo, algunos afirman que es necesario incluir y examinar los problemas e incidentes que han tenido lugar en las operaciones cotidianas.

3.4.14 Debería reforzarse constantemente la necesidad de supervisión, tanto durante la instrucción como durante las pruebas de eficiencia. Sin embargo, en la abundante literatura que existe sobre el tema de la vigilancia se demuestra que el ser humano no siempre realiza la función de supervisión con eficacia, y que con frecuencia no detecta las fallas de sistemas o los errores de ajuste. A veces esta característica se acentúa con las ***operaciones en un entorno que ofrece escasos estímulos***, como los vuelos de distancias largas en que "se retrasa el reloj". Para resolver esta situación se ha planteado la posibilidad de una instrucción más amplia o diferente, aunque parece dificil lograr mejoras coherentes en este sentido. Se han hecho algunos intentos por fomentar el tipo de estímulos (representación en pantalla, procedimientos, tareas adicionales de importancia) que mejoran la capacidad de supervisión del piloto. También ha quedado demostrado que los pilotos pueden realizar satisfactoriamente determinados tipos de supervisión, como por ejemplo, la supervisión de la perfor- mance de vuelo del piloto durante una aproximación desde la radiobaliza anterior hasta el punto de toma de contacto. Sin embargo, muchos consideran que se debe investigar la influencia del diseño de los sistemas como alternativa para mitigar el problema.

3.4.15 Es preciso tener en cuenta ***la idoneidad de la instrucción basada en las "diferencias"*** cuando se considere que una nueva aeronave tiene características "comunes" a una aeronave más antigua. Con frecuencia algunos explotadores no sólo tienen puestos de pilotaje de distintas configuraciones para el mismo modelo básico de avión, sino también computa- doras y soportes lógicos diferentes. Cuando esa situación coincide con la consolidación de empresas y la integración de flotas aéreas, es posible que los pilotos tengan que enfrentarse en rápida sucesión a puestos de pilotaje con distribuciones muy diversas. Asimismo, ***la ausencia prolongada del puesto de pilotaje de las aeronaves de tecnologla avanzada*** puede reducir notablemente las aptitudes del piloto. Se ha demostrado que este hecho repercute más sobre su capacidad de pilotaje que en el caso de aeronaves de tecnología más antigua. Esta pérdida de eficiencia está relacionada directamente con el manejo del sistema de guía de vuelo.

3.4.16 ***El readiestramiento*** que se ofrezca al piloto cuando regrese a una aeronave menos automatizada deberá ser muy minucioso. Un aspecto importante que ha de tenerse en cuenta en la instrucción es la disminución de las expectativas del piloto: por ejemplo, los aviones de tecnología más antigua quizás no dispongan del sistema automático de captura y nivelación de altura, que es una característica común de todos los puestos de pilotaje automatizados. Los estudios sobre el terreno en materia de automatización han demostrado (véase el Apéndice 1) que a los pilotos también les preocupa la degradación de sus aptitudes cognoscitivas (mentales) debido a la facilidad de navegación y de mantenerse al corriente de la situación que ofrecen los mapas electrónicos. El personal administrativo debe ser consciente de los posibles riesgos que entrañan estos traslados de personal.

3.4.17 La necesidad de ***normalizar y simplificar*** todos los aspectos de la explotación de las aeronaves automatizadas con tripulaciones de dos pilotos debe ser objeto de atención prioritaria. La normalización es una de las bases de la seguridad, y su importancia se ha acentuado con la aparición de las organizaciones de arrendamiento de aeronaves, las fusiones de líneas aéreas, las consolidaciones de empresas, etc. Es probable que las tripulaciones de vuelo tengan que encarar el fenómeno de que se asignen diferentes nombres a un mismo elemento, de que se sigan procedimientos distintos para manejar los mismos sistemas, de que se utilice otra simbología para representar la misma información, y de que todo esto suceda en momentos de gran presión. Dichos problemas también pueden deberse en parte a las constantes mejoras que se introducen en las aeronaves y sus sistemas, y en la simbología de los puestos de pilotaje. En la actualidad se está prestando una merecida atención a la normalización de la simbología. Los símbolos deberían ser intuitivos y su significado coherente entre un diseño de sistema y el siguiente. Debería hacerse hincapié en la normalización, las operaciones de vuelo y los manuales del equipo, asi como en los procedimientos de explotación y las listas de verificación.

3.4.18 ***Los procedimientos de explotación y las listas de verificación*** deberían examinarse cuidadosamente y prestarse especial atención al volumen de trabajo que requieren. En sus operaciones con aeronaves para tripulaciones de dos pilotos, muchos explotadores no han reflejado los avances registrados en la tecnología de los puestos de pilotaje y en la comprensión del comportamiento de la tripulación de vuelo. En la instrucción es preciso prestar especial atención a los pilotos que efectúan la transición de aeronaves para tripulaciones de tres personas a aeronaves automatizadas para tripulaciones de dos miembros. En los párrafos siguientes se propone el uso de la instrucción de vuelo orientada a la línea aérea como medio para demostrar las condiciones de gran volumen de trabajo. Lo que es más importante, este tipo de instrucción puede ser un instrumento ideal para determinar las cargas de trabajo resultantes de políticas o procedimientos inadecuados, ya que una buena parte del volumen de trabajo de las tripulaciones de vuelo puede deberse a las tareas no operacionales que tienen que realizar en momentos inoportunos (llamadas para solicitar conexiones de pasajeros, suministros de alimentos, sillas de ruedas, etc.). Este no es un problema nuevo, sino que se ha hecho más crítico en el entorno automatizado y con la proliferación de las operaciones de gran densidad. (Algunos aspectos de este problema se están resolviendo en muchas de las nuevas aeronaves con la creación de servicios de comunicación independientes para la tripulación de cabina.)

3.4.19 Anteriormente se suponía que los ***programas de instrucción sobre gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM)*** no dependían de modelo alguno. No obstante, hay cada vez más evidencias de que existen diferencias cualitativas, al menos en algunos aspectos de la coordinación y la comunicación, entre los miembros de la tripulación de los puestos de pilotaje automatizados y la de los puestos de pilotaje de los aviones más antiguos. Por ejemplo, experimentos recientes sugieren que la comunicación entre pilotos tiende a ser menos verbal a medida que aumenta el grado de automatización del puesto de pilotaje. Deberían prepararse módulos de programas de instrucción en CRM que se adaptaran a estas diferencias. En esos módulos también debería tenerse en cuenta el carácter y las necesidades (cultura) de la organiza- ción. Los puntos que se enumeran a continuación en lo que se refiere a la CRM de los aviones automatizados se basan en observaciones efectuadas durante vuelos reales que indican que los puestos de

pilotaje altamente automatizados podrían exigir que se estudien de manera especial los aspectos de coordinación de la tripulación y la gestión de recursos, tanto en la asignación de tareas como en la normalización de su rendimiento.

- *En comparación con los modelos tradicionales. actualmente resulta dificil para un piloto ver lo que hace el otro.* Por ejemplo, en los aviones de la genemción anterior, el tablero de mandos del modo de piloto automático quedaba fácilmente a la vista de ambos pilotos; en los puestos de pilotaje automatizados, la función se efectuaría en la unidad de control y visualización (CDU), unidad que el otro miembro de la tripulación sólo puede ver si selecciona la misma página de la CDU. La solución de este problema parece estar en el establecimiento de procedimientos adecuados y comunicaciones dentro del puesto de pilotaje.

- *Es más dificil para el comandante seguir la marcha del trabajo del primer oficial. y viceversa.* En este caso la solución parece estar también en el establecimiento de procedimientos nuevos o revisados y las comunicaciones dentro del puesto de pilotaje.

- *La automatización puede inducir a la desintegración de las funciones tradicionales de piloto al mando y piloto supervisor;* además, se vuelve cada vez menos clara la delimitación de las tareas. Este aspecto es de particular interés, puesto que ya se ha señalado que la normalización es uno de los fundamentos de la seguridad. Este problema podría encontrar respuesta en los procedimientos y en los procedimientos de explotación normalizados (Véase también 3.5.9).

- *Con los puestos de pilotaje automatizados puede producirse un desplazamiento de la autoridad del comandante al primer oficial.* Esto ocurre involuntaria- mente, y se debe a la mayor experiencia en la entrada de datos en la CDU que tienen algunos primeros oficiales en comparación con los comandantes, así como al traspaso de estas responsabilidades al primer oficial. Especial- mente en momentos de gran volu men de trabajo, es posible que el comandante transfiera parte de su responsabilidad al primer oficial para que éste cumpla determinada tarea. Como resultado de ello puede producirse un gradiente de transferencia de la autoridad5 algo más bajo, aunque es posible que los comandantes, al reconocer que sus primeros oficiales tienen mayores habilidades en la CDU, sigan principios acertados de CRM y utilicen a ese personal en beneficio propio.

Los miembros de la tripulación tienen la tendencia a ayudarse mutuamente en las responsabilidades de programación cuando aumenta el volumen de trabajo. con lo que se puede diluir cualquier delimitación clara de responsabilidades. Esto parece ser un comportamiento que puede atribuirse a las computadoras, ya que en las aeronaves tradicionales no se observa una situación similar.

3.4.20 Pueden señalarse algunos aspectos determinados sobre ***las repercusiones* de *la automatización* en *el diseño y la puesta* en *práctica* de *la instrucción* de *vuelo orientada a la línea aérea.*** El puesto de pilotaje automatizado ofrece nuevas oportunidades para el diseño de escenarios. En los puestos de pilotaje tradicionales era necesario introducir fallas en el sistema para aumentar de manera realista el volumen de trabajo y la atención de los miembros de la tripulación; el puesto de pilotaje automatizado cuenta en cambio con suficientes elementos de tensión propios para lograr este objetivo, especialmente en materia de instrucciones ATC. El "puesto de pilotaje de cristal" ofrece nuevas oportunidadeS'Para el diseño de escenarios que no exigen condiciones anormales ni emergencias: basta con los dificiles problemas de la interfaz ser humano-máquina. Actualmente pueden diseflarse escenarios que incorporen los problemas y oportunidades de trabajo en puestos de pilotaje automatizados en los que puedan realzarse sus características y donde los principios de CRM puedan practicarse fácilmente. Por ejemplo, una instrucción ATC que incluye inesperadamente un circuito de espera sin gráfico alguno en un punto

de referencia definido por un valor radial/DME, ofrece muchas oportunidades de practicar los principios de CRM sin tener que introducir una falla en el sistema.

3.4.21 ***Losfabricantes* de *aeronaves están concediendo más importancia a los temas referidos a la actuación humana* en *los puestos* de *pilotaje automatizados***. El conocimiento sobre los factores humanos se está incorporando cada vez más de manera activa durante la etapa de diseflo de los puestos de pilotaje, utilizando así un enfoque de su concepción centrado en su utilización por el ser humano. Se están realizando esfuerzos con objeto de integrar los programas de instrucción CRM a los cursos de instrucción de transición para la explotación de nuevas aeronaves. Los pilotos instructores del fabricante reciben instrucción en CRM. Los cursos de instrucción destinados a técnicos de mantenimiento también incorporan programas sobre CRM. Un fabricante en particular afirma que los futuros cursos de CRM se ajustarán a cada tipo de avión, y que habrá un curso de CRM específico para cada modelo de aeronave que se halle en proceso de fabricación. Tal decisión responde a la necesidad de adecuar la instrucción a una educación del comportamiento a más largo plazo, y de concentrar la atención en las responsabilidades y funciones asignadas a las tripulaciones de vuelo. Lo que es más importante, se trata del reconocimiento tácito de que la educación en materia de factores humanos ha dejado de ser una responsabilidad exclusiva de los explotadores y forma parte integrante de las actuales operaciones de sistemas.

3.4.22 ***Es necesario lograr una adecuada instrucción* de *los pilotos instructoreslinspectores*** y hacer hincapié en ella, puesto que es probable que algunos instructores aventajen poco a los estudiantes en conocimientos y experiencia operacionales. Se podrían esgrimir muchas razones para defender el criterio de que la experiencia práctica debe ser un componente de la instrucción de instructores y estudiantes. Asimismo, se ha sugerido que es necesario hacer más énfasis en los aspectos del comportamiento (la instrucción en CRM y LOFT). Aunque los especialistas en factores humanos han reconocido el problema, aún no se ha abordado debidamente la cuestión de la formación de los instructores y su relación con la automatización, y los especialistas en instrucción disponen apenas de una pocas fuentes para consultar y obtener orientación sobre la cuestión de la instrucción en materia de automatización. La selección y formación de los instructores sigue siendo determinada por los mismos métodos y criterios tradicionales que se aplican en relación con los puestos de pilotaje tradicionales, a pesar de que los problemas de instrucción en los puestos de pilotaje automatizados son muy diferentes.

3.4.23 No debe obviarse ***la función de la autoridad reglamentadora*** en la formulación de los programas de instrucción y en la formación de los instructores. Durante el proceso de certificación, la autoridad reglamentadora evalúa la información que presenta el fabricante. Estos datos de certificación deben transmitirse al explotador, ya que le sirven de base para elaborar los programas de instrucción. Por ejemplo, conociendo los objetivos de diseño del fabricante, el explotador puede elaborar procedimientos en que se determinen las tareas convenientemente. Los programas de instrucción así establecidos deben validarse después sobre la base de las mismas fuentes de información, con lo que se completa el enlace fabricante- autoridad reglamentadora-explotador. La instrucción debe formar parte del diseño integral del sistema, y considerarse como parte integrante de todo enfoque de ingeniería de sistemas. Además, las autoridades normativas podría fomentar la inclusión de conocimientos sobre los factores humanos en el diseño de los puestos de pilotaje exigiendo y evaluando los requisitos relativos a factores humanos como componentes normales del proceso de certificación.

3.5 TÉCNICAS DE GESTIÓN y ESTRATEGIAS QUE LAS SUSTENTAN

3.5.1 Se ha afirmado que, por muy insignificante que sea, todo accidente se debe a una falla en el sistema de organización. Las repercusiones que este criterio tiene sobre la gestión operacional son evidentes. No obstante, a menudo se pasa por alto la función que desempeña la gestión. La ***repercusión de la gestión*** en

los problemas relativos a la automatización es decisiva por el hecho de que aún nos hallamos en la fase de puesta en práctica, y en el período de "conmoción" que siempre viene aparejado a todo cambio. Aún quedan por tomar muchas decisiones —y modificar otras —en relación con el diseño, configuración y selección del equipo, así como con el establecimiento de procedimientos y políticas adecuados, y estrategias de instrucción. Desde el punto de vista de los sistemas, los beneficios de la participación de la administración serán superiores a los que se obtendrían si se abordara la cuestión con personal operacional.

3.5.2 Uno de los requisitos fundamentales de la gestión de operaciones de vuelo consiste ***en fomentar una visión clara de la forma en que han de realizarse las operaciones de vuelo***, por ejemplo, explicando cabalmente hasta qué punto se espera que la tripulación haga uso del equipo automatizado de que dispone en el puesto de pilotaje. Esta visión debe expresarse de manera clara e inequívoca, y ser transmitida eficazmente a las tripulaciones de vuelo. Igual importancia tiene el hecho de que los pilotos instructores/inspectores, los pilotos supervisores y los niveles superiores de gestión de las operaciones de vuelo cumplan los reglamentos y procedimientos aprobados. Se supone que ello fomente un clima de gestión adecuado e indique el compromiso necesario, que se puede promover aún más mediante la aplicación de procedimientos adecuados para la selección de pilotos y conjuntos de programas de instrucción apropiados.

3.5.3 ***El apoyo de la administración también es decisivo en la creación y el uso de los medios operacionales***. Los manuales de vuelo, los manuales de explotación de la aeronave, las listas de verificación, los manuales del equipo, los boletines operacionales y, en el caso de los puestos de pilotaje automatizados, el soporte lógico, constituyen medios de comunicación importantes que reflejan un criterio de explotación en particular. Sin embargo, no basta con simplemente publicar manuales o directrices para establecer una comunicación eficaz con los pilotos. Es indispensable mantener un contacto permanente con los pilotos, con un máximo intercambio de información, puntos de vista y políticas, así como someter a examen y justificar la selección de los procedimientos, el equipo y los reglamentos. Así, los pilotos podrán comprender las razones que motivaron la selección del equipo o los procedimientos, lo que podría despertar su interés en utilizarlos con carácter permanente. La importancia que tiene la participación de los pilotos en la determinación y formulación de las directrices de procedimiento está vinculada también a la motivación, la satisfacción personal, etc.

3.5.4 ***La administración de operaciones y los pilotos deben participar en la adquisición del equipo (soporte físico).*** Las aeronaves de tecnología avanzada presentan modificaciones que si bien constituyen importantes logros, también han suscitado grandes polémicas. Toda imperfección de diseño que no se corrija en la etapa de diseño o de adquisición tiene un costo que luego habrá que pagar con creces a lo largo de la vida útil del equipo, ya sea una pantalla de presentación visual, una computadora, su soporte fisico o su soporte lógico. Si la instrucción y los procedimientos son razonables y están bien diseñados, pero no pueden ponerse debidamente en práctica por falta de correspondencia con el diseño, provocan más problemas que los que resuelven. Al mismo tiempo, aún no se ha llegado a un consenso sobre hasta qué punto se puede razonablemente esperar que los pilotos profesionales se ajusten a un diseño que no sea el óptimo.

3.5.5 Dificilmente sorprende a nadie el hecho de que en los primeros estudios que se realizaron sobre la explotación de las aeronaves de tecnología avanzada se destacaran ***la instrucción y los procedimientos*** como esferas de conflicto. Así como se reconoció que un diseño inadecuado entorpece la puesta en práctica de una instrucción y procedimientos adecuados, también debe reconocerse que incluso el mejor de los sistemas diseñados no se podrá explotar óptimamente si la instrucción y los procedimientos conexos son ineficaces. Es indispensable ***establecer un ciclo de retroalimentación*** entre el personal de operaciones y el departamento de instrucción, toda vez que la instrucción precede a las operaciones de vuelo y repercute sobre ellas. Respecto de la automatización, hay pruebas que indican que las tripulaciones de

vuelo quizás no estén recibiendo el nivel de instrucción, o la cantidad de informa- ción contenida en manuales y otras fuentes, que necesitan para comprender los sistemas que deben explotar.

3.5.6 ***Diferencias en la instrucción para las operaciones de tripulaciones de dos y tres pilotos***. Tal vez sea conveniente que los pilotos asignados a las operaciones con tripulaciones de dos miembros reciban más instrucción en materia de sistemas durante su instrucción inicial y periódica que la que se ofrecía para las aeronaves anteriores con tripulaciones de tres miembros. La utilización de dos pilotos en lugar de tres constituye un importante cambio en los procedimientos de explotación normalizados y en las listas de verificación, que exige la adopción de un enfoque diferente respecto de la gestión de los recursos en el puesto de pilotaje. Por ejemplo, los pilotos que efectúan la transición de los antiguos modelos B-747 o DC-10 a los aviones MD-11 o B-747-400 más modernos no sólo necesitan dominar las nuevas técnicas de navegación y de piloto automático, sino también conocer las relaciones de mando y de comunicaciones de un puesto de pilotaje de dos tripulantes, y no de tres. Esto puede resultar especialmente dificil para los pilotos que realizan la transición a aeronaves modernas al final de su carrera, aunque también podría serio para el personal de gestión de operaciones que no haya reconocido estos problemas. A esta cuestión se refirió un piloto en el informe que presentó al ASRS:

> *"Siempre fuimos una línea aérea con tripulaciones de tres miembros, y todavía seguimos usando los procedimientos elaborados al efecto con las tripulaciones de dos miembros. Los problemas están en nuestros procedimientos y listas de verijicación, y no en los aviones...* "

3.5.7 ***Las políticas de promoción de los pilotos y las prácticas de programación*** crean nuevos problemas. Por lo general las políticas de promoción se basan en acuerdos de negociación colectiva y en aspectos relacionados con la antigüedad, y es probable que un piloto que haya venido volando como copiloto en aeronaves con puestos de pilotaje automatizados regrese a un avión de reacción más antiguo para ser promovido a comandante. En tales casos, se recomienda que el piloto reciba cursos adicionales de perfeccionamiento de nivel básico. Otro ejemplo es la práctica que siguen algunos explotadores de programar las tripulaciones de vuelo en las series DC-9 y MD-80 simultáneamente basándose en la semejanza de sus clasificaciones, dado que ciertas autoridades han establecido que algunas de estas derivaciones son en esencia el mismo tipo de avión y que pueden ser explotadas por un personal de igual clasificación. Esta es una práctica que debe observarse muy de cerca por pilotos, explotadores y autoridades y a la 1arga someterse a un nuevo examen y modificarse. Es posible que las aeronaves de puestos de pilotaje automatizados y las de puestos de pilotaje tradicionales tengan que clasificarse por separado y que haya que aislar las flotas a los efectos de la programación. La separación de las flotas, que podría considerarse una carga económica para los explotadores, es decididamente un elemento a favor de la seguridad y, por lo tanto, una ventaja económica a largo plazo.

3.5.8 ***Deben determinarse claramente las funciones del piloto al mando y el piloto supervisor, a quienes se les debe asignar convenientemente sus tareas***. En este contexto se debe hacer especial hincapié en la función del piloto supervisor, puesto que toda anomalía operacional de importancia por lo general está precedida de una deficiencia en la supervisión preventiva, la que desde el punto de vista de la seguridad de los sistemas es tan decisiva como una deficiencia del piloto al mando. Las bases de datos han aportado pruebas que indican que el riesgo aumenta cuando el comandante ejecuta funciones de supervisión, ya que algunos accidentes/incidentes han ocurrido cuando el copiloto es el que dirige el vuelo. El problema radica en parte en la función ambigua que desempefia el comandante mientras realiza la supervisión. El debate sobre esta cuestión es mucho más amplio, pero ciertamente forma parte del tema de la automatización.

3.5.9 Para vencer el tedio y mantener un nivel adecuado de vigilancia y supervisión durante los períodos de poca actividad, algunos han propuesto la inclusión de tareas significativas adicionales durante dichos períodos (véase 3.4). Últimamente se ha prestado atención al concepto de ***instrucción interna*** como una de las varias formas de lograr este objetivo. Ese tipo de instrucción incluye el empleo de las

computadoras de a bordo para impartir la instrucción. Debe quedar claro que el tema que aquí se trata no es la vigilancia, sino las formas de utilizar el tiempo inactivo. Sin embargo, cabe sefialar que existe poca orientación sobre cómo hacer que la tripulación se mantenga al corriente de la situación y que al mismo tiempo se logre una "instrucción interna" válida.

3.5.10 En muchas regiones del mundo, ***el desarrollo del ATC*** no ha avanzado al mismo ritmo que los adelantos que han tenido lugar en la tecnología de los puestos de pilotaje. El sistema ATC actual, que constituye una solución de avenencia, no concuerda con las funciones avanzadas de las nuevas aeronaves, ya que está disefiado fundamentalmente para dar servicio a los aviones comerciales de reacción de la generación de los DC-8/9, B-737-100/200, B-727 Y otros modelos similares. Por el contrario, los aviones comerciales de reacción más recientes son demasiado complejos para funcionar fácil y eficazmente en el entorno ATC actual, y las tripulaciones no pueden explotar sus funciones avanzadas. Los sistemas de guía y presentación visual de vuelo de los aviones modernos son impresionantes: las funciones de navegación vertical (VNAV) Y de navegación lateral (LNAV), los mandos automáticos de gases de tecnología avanzada, la navegación mediante el sistema de referencia inercial (IRS), y las presentaciones visuales de navegación con el IRS han llegado a ser instrumentos muy conocidos y sumamente útiles para las operaciones en entornos complejos. Con todo, éstos plantean problemas para la tripulación de vuelo cuando trata de seguir las instrucciones ATC. La falta de conocimiento que tiene el controlador de las funciones de las nuevas aeronaves constituye hasta cierto punto un problema, como lo es la falta de conocimiento que tiene el piloto de los problemas de ATC. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el servicio ATC mejora a medida que los con- troladores se familiarizan con la nueva generación de aeronaves. Los viajes de familiarización en este tipo de aeronaves ofrecen al personal de A TC la oportunidad de comprender las posibilidades de los puestos de pilotaje modernos.

3.5.11 Se ha hecho referencia al ***entorno de una compañía que proporciona apoyo documental a las tripulaciones de vuelo*** (planes de vuelo, cálculos de peso y equilibrio, informes meteorológicos, etc.), y en el que se establece un ciclo de retroalimentación entre las operaciones (planificación de vuelo, centro de operaciones, etc.) y la instrucción (aunque depende de los modelos, es mucho más crítica en los puestos de pilotaje automatizados). El ejemplo que mejor ilustra la importancia de la retroalimentación es el presentado por Wiener:

> *"La tripulación de vuelo de un B-757 recibió un plan de vuelo con un punto de recorrido que simplemente decía: "CLB" (Carolina Beach), lo que hacía suponer que se trataba de un VDR. Cuando los pilotos lo tecleaban en la página de Ruta siempre obtenían la misma respuesta: "no existe en la base de datos ". El problema estaba en el hecho de que Carolina Beach es un faro no direccional (NDB), y para ser consecuentes con la Computadora de Gestión de Vuelo (FMC), en el plan de vuelo se debía haber registrado el punto de recorrido con la sigla "CLBNB".*

Estableciendo un ciclo de retroalimentación se permite a los explotadores examinar nuevamente sus listas de verificación, procedimientos y documentos en general, y cerciorarse de que son los convenientes para los puestos de pilotaje modernos y sus operaciones específicas.

3.5.12 En 3.4 se ha señalado que ***la necesidad de ejecutar tareas no operacionales*** en momentos inoportunos (por ejemplo, llamar con anticipación para solicitar conexiones de pasajeros, suministros de alimentos, sillas de ruedas y otros servicios que se ofrecen a los pasajeros), puede aumentar considerablemente la carga de trabajo de la trípulación. Este es un viejo problema que se ha hecho más crítico al aumentar el volumen de trabajo de las aeronaves con trípulaciones de dos pilotos en las áreas terminales de gran densidad y congestión de tránsito. Aunque en la instrucción se podrían idear soluciones tales como elaborar directríces para establecer prioridades y reducir el volumen de trabajo, el personal de administración debería trazar políticas que permitieran reasignar o eliminar muchas de estas tareas. En estas políticas se debería abordar la relación entre la tripulación de vuelo y la de cabina,

dejando bien claro que hay determinados aspectos de esta relación que corresponden a la tripulación de dos miembros pero no a la anterior de tres miembros. Algunas administraciones han reconocido este problema y exigen instalaciones de radiocomunicación independientes para la tripulación de cabina y sus comunicaciones no operacionales.

3.5.13 Es conveniente ***establecer un sistema de referencia internacional***, para reunir y difundir información sobre aspectos tales como la selección del nivel máximo de automatización y otros procedimientos operacionales. Dicho sistema se basaría en los actuales sistemas de notificación de accidentes e incidentes. Ha quedado bien demostrado que algunos de los problemas asociados a la automatización pueden ser resultado de estas diferencias en la instrucción y los procedimientos. Además, consta de manera pública que la falta de intercambio de experiencias operacionales, incluidos los incidentes inducidos por la automatización, ha desempeñado un papel por lo menos en un accidente importante de la tecnología de avanzada.

BIBLIOGRAFÍA

Adler, P. (1984). "New technologies, new skills" Documento de trabajo, Harvard Business School.

Administración Federal de Aviación. Informe sobre las interfaces entre las tripulaciones de vuelo y los sistemas modernos de puesto de pilotaje. 1996.

"Automation in combat aircraft". Air Force Studies Board, National Research Council; National Academy Press: Washington, DC: (1982).

Amalberti, R. "New-machine interfaces: A Challenge for Aerospace medicine" Ponencia presentada en la Exhibición Aérea de París, Le Bourget,junio de 1989. (Francia).

Bailey, R. W. Human Performance Engineering: A guide for System Designers: Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ; (1982).

Bergeron, H.P. "Single Pilot IFR Autopilot Complexity/benefit Tradeoff Study". *Journal of Aircraft,* No.18, págs. 705-706.

Boehm Davis, D.A., Curry, R.E., Wiener, E.L., y Harrison, R.L. (1983). "Human Factors of Flight-deck Automation: Report on a NASA-Industry workshop. *Ergonomics,* No.26, (1983) págs. 953-961.

Braune, Rolf J., "The Common/Same Type Rating: Human Factors and Other Issues". SAE Technical Paper Series 892229, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, W A.

Caesar, H. "Design-Philosophies of New-technology Aircraft and Consequences for the Users. Alemania.

Chambers A.B., y Nagel, D.C. "Pilots of the Future: Human or Computer?" *Communications of the ACM,* No. 28, (1985), págs. 1187-1199.

Costley, J., Johnson, D., Y Lawson, D. "A comparison of Cockpit Communication B-737 -B-757. Proceedings of the Fifth International Symposium on Aviation Psychology, Ohio State University, Columbus, Ohio, 1989.

Curry, R.E. "The introduction of New Cockpit Technology: A Human Factors Study". (NASA Technical Memorandum 86659, 1985. NASA-Ames Research Center, Moffett Field, CA.

Degani, A., Wiener, E. L. "Human Factors of Flight Deck Checklists: The Normal Checklists". NASA Contract Report No. 177549. NASA -Ames Research Center, Moffett Fielf, CA. Edwards, E., & Lees, F.P. *The Human Operator in Process Control.* Taylor & Francis: Londres, 1974.

Edwards, E. "Automation in Civil Transport Aircraft". *Applied Ergonomics,* No. 8, (1977) págs. 194-198.

Fadden, D.M. & Weener, E.F. "Selecting Effective Automation". Ponencia presentada en Air Line Pilots Association Safety Workshop, Washington, DC., 1984.

Gannett, J.R. "The pilot and the Flight Management System". En Behavioral Objectives in Aviation Automated Systems Symposium (págs. 93-96). Society of Automotive Engineers. Warrendale, PA. 1982.

Gras, A., Moricot, C., Poirot-Delpech, S.L., y Scardigli, V. "Le pilote, le controleur et l'automate". Informe publicado en francés, Université de París (Pantheon Sorbonne), París 1990.

Grieve, S. *The Impact on the Airlines of the "New Technology" Aircraft.* Reino Unido.

Hersh, S.M. *The Target is Destroyed.* Random House: Nueva York; 1986.

Hoagland, M. "Winging it in the 1980s: Why guidelines are needed for cockpit automation". Third Aerospace Technology Conference Proceedings (págs. 155 a 162). Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1984.

Hopkins, H. (1983). Over-dependence on Automatics-the Black Box One Man Band. *International Journal 01 Air Salety,* No.l, págs. 343-348.

Hoffman, W.C. & Hollister, W.M. "Forecast of the General Aviation Air Traffic Control Environment for the 1980s" NASA Contractor Report CR-137909, 1976). Aerospace Systems, Inc., Burlington, MA.

Lerner, E.J. "The Automated Cockpit". *IEEE Spectrum,* No. 20, págs. 57-62.

Loomis, J.P., y Porter, R.F. "The Performance of Warning Systems in Avoiding Controlled-Flight-into-terrain (CFIT) Accidents". Ponencia presentada en Symposium on Aviation Psychology, Columbus, Ohio State University, 1981.

Mackley, W.B. "Aftermath of Mt. Erebus". *Flight Safety Digest,* No. 1, (1982), págs. 3-7.

Mahon, P. Collins: *Verdict on Rebus.* Auckland, Nuevo Zelandia, 1984.

McCormick E.J., & Sanders, M.S. *Human Factors in Engineering and Design.* McGraw-Hill: Nuevo York; 1982.

Melvin, W. W. "A philosophy of automation". En Behavioral Objectives in Aviation Automated Systems Symposium (págs. 319 a325). Society of Automotive Engineers. Warrendale, PA; 1983.

Morters, K. "B- 767 Flight Deck Automation Research". (Informe inédito), Australia, 1988.

Nagel, D.C. "Automation and human error". Ponencia presentada en Air Line Pilots Association Symposium "Beyond Pilot Error". Washington, DC, 1983.

Oliver, J.G. "A Single Red Light". Ponencia presentada en Air Line Pilots Association Annual Safety Symposium, Washington, DC., 1984.

Rasmussen, J. y Rouse, W.B. (1981). *Human Detection and Diagnosis of System Failures.* Plenum Press: Nueva York, 1981.

Rasmussen, J. "Models of Mental Strategies in Process Plant Diagnosis". En J. Rasmussen W.B. Rouse (Eds.), *Human Detection and Diagnosis of System Failures.* Plenum Press: Nueva York, 1981.

Rasmussen, J. "Reflections on the Concept of Operator Workload". En N. Moray (Ed.), *Mental workload: its theory and measurement:* Plenum Press: Nueva York; 1979.

Rohmer, R. (1984). *Massacre* 747. PaperJack Publishers: Markham, Ontario, 1984.

Ruffell Smith, H.P. "Some Human Factors of Aircraft Accidents During Collision with High Ground". *Journal of Institute of Navigation,* No. 21, (1968), págs. 1-10.

Sheridan, T .B. "Understanding Human Error and Aiding Human Diagnostic Behaviour in Nuclear Power Plants". En J. Rasmussen y W.B. Rouse (Eds.), *Human Detection and Diagnosis of System Failures.* Plenum Press: Nueva York, 1981.

Sheridan, T.B., & Johannsen, G. (Eds.). *Monitoring Behaviour and Supervisory Control.* Plenum Press: Nueva York, 1976.

Speyer, *J-J.* "Cockpit design-induced Error Tolerance". Ponencia presentada en Orient Airlines Association Flight Safety Seminar,1987.

Speyer, *J-J,* and Blomberg, R.O. "Workload and Automation". En Human Error A voidance Techniques. Society of Automotive Engineers, Warrendale PA, 1989.

Thompson, D.A. "Commercial Aircrew Detection of System Failures: State of the art and Future Trends". En J. Rasmussen & W.B. Rouse (Eds.), *Human Detection and Diagnosis of System Failures.* Plenum Press: Nueva York; 1981.

Vette, G. (1983), *Impact Erebus.* Hodder and Stoughton: Auckland, Nueva Zelandia: 1983.

White, T.N. "Modelling the Human Operator's Supervisory Behaviour. En H.G. Stassen (Ed.), First European Annual Conference of Human Decision-making & Manual Control. Plenum Press: Nueva York, 1981.

Wiener, E.L. "Controlled Flight into Terrain Accidents: System-induced errors". *Human Factors,* No. 19, (1977), págs. 171-181.

Wiener, E.L. (1980). "Midair collisions: The Accidents, the Systems, and the Realpolitik. *Human Factors,* No. 22, págs. 521-533.

Wiener, E.L. "Cockpit automation: In need of a philosophy". En Proceedings of 1985 Behavioral Engineering Conference (págs. 369 a 375). Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA;1985.

Wiener, E.L., & Nagel, D., C., *Human Factors* in Aviation. Academic Press: San Diego; 1988.

Wiener, E.L., y Nagel, D. C. "Errors and error management in high technology aircraft". Proceedings of the Seventh Meeting of Aeronautical and Space Medicine. Exhibición Aérea de París,1989.

Wiener, E.L. Human Factors of Cockpit Automation: A Field Study of Flight Crew Transition (NASA Contractor Report CR-I77333). NASA-Ames Research Center: Moffett Field, CA,1985.

Wiener, E.L. & Curry, R.E. Flight-deck Automation: Promises and problems. *Ergonomics*, No. 23,(1980), págs. 955-1011.

Wiener, E.L. "Beyond the sterile cockpit". *Human Factors*, No. 27, (1985) págs. 75-90.

Wiener, E.L. "Vigilance and inspection". En Warm, J. (Ed.), *Sustained Attention in Human Performance*. Wiley: Londres,1984.

Woods, D.D.,. Johannesen, L.J., Cook, R.I. and Starter, N.B. Behind human error: cognitive systems, computers and hindsight. CSERIAC.

Apéndice 1 del Capítulo 3
ESTUDIO SOBRE EL TERRENO EN MATERIA DE AUTOMATIZACIÓN

l. Los estudios sobre el terreno constituyen una ventana hacia el mundo real, como también los distintos sistemas de notificación de deficiencias de seguridad que se han establecido. Mediante ellos podemos aprender importantes lecciones sobre el funcionamiento del mundo. Como no es nuestra intención repetir lo que ya se ha dicho en otros documentos, en este apéndice sólo se ofrece una panorámica de los estudios que se han efectuado sobre el terreno en materia de automatización. Quienes estén interesados en una información más detallada al respecto, pueden dirigirse a la Secretaría para obtener dicha información en su propia fuente.

2. Los estudios sobre el terreno son importantes por diversas razones:

- Las tripulaciones de vuelo son las que velan por la explotación de la aeronave y saben cómo hacerlo en el mundo real. Su relación es directa, por lo que debe procurarse su experiencia y asesoramiento.

- A menudo los problemas no salen a relucir hasta que se acumula la experiencia en la línea. Los vuelos de línea son la verdadera prueba del diseño, ya que es aquí donde el equipo se utiliza en diversas condiciones. La atención adicional que se preste a los estudios sobre el terreno y sobre notificación permitirá ofrecer información del mundo operativo a quienes no forman parte de él.

- Los estudios sobre el terreno permiten hacer una evaluación imparcial del sistema, ya que los investigadores que realizan el estudio no participan en el diseño, las ventas o la explotación de la aeronave, ni en la aplicación de las reglamentaciones. Los estudios sobre el terreno pueden ofrecer una importante información a los diseñadores y explotadores, así como a otros investigadores.

3. En los estudios sobre el terreno las fuentes básicas de información son los cuestionarios que llenan las tripulaciones a título voluntario y las "llamadas" periódicas que se hacen por conducto de los sistemas voluntarios de notificación. Se usan además entrevistas personales a pilotos instructores, pilotos comerciales, instructores de simuladores e instructores de escuelas teóricas de vuelos. Es probable que los investigadores asistan a escuelas teóricas de vuelos para conocer determinado tipo de avión y que hagan travesías de observación en el puesto de pilotaje. Hasta el momento, tres de los más importantes estudios sobre el terreno publicados en materia de automatización son:

- The Introduction ofNew Cockpit Technology: A Human Factors Study (La introducción de nuevas tecnologías en el puesto de pilotaje: un estudio sobre factores humanos), por Renwick E. Curry, 1985, con referencia a la transición de las tripulaciones a la explotación del Boeing B-767.

- Human Factors of Cockpit Automation: A Field Study of Flight Crew Transition (Factores humanos en la automatización del puesto de pilotaje: estudio sobre el terreno acerca de la transición de la tripulación de vuelo), por Earl L. Wiener, 1985, con referencia a la transición de las tripulaciones a la explotación del Mc Donnell-Douglas MD-80.

- Human Factors of Advanced Technology ("Glass Cockpit") Transport Aircraft (Factores humanos de la aeronave de transporte de tecnología avanzada (puesto de pilotaje de cristal), por

Earl L. Wiener, 1989, con referencia al análisis de errores, la coordinación entre los miembros de la tripulación, la instrucción y la carga de trabajo en los Boeing B-757.

Estos tres estudios se realizaron bajo los auspicios de la NASA, y pueden solicitarse a NASA Ames. Otro estudio importante fue el que efectuó un explotador sobre los sistemas del puesto de pilotaje del Airbus A-310. La Administración de Aviación Civil del Reino Unido distribuyó un cuestionario sobre automatización para analizar las opiniones que tienen los pilotos del Reino Unido sobre la automatización del puesto de pilotaje, y para identificar aspectos que podrían requerir más investigación y estudio. Las conclusiones a las que llegó no tienen diferencias importantes con las producidas en otros estudios en el terreno. Además, explotadores y organizaciones independientes han realizado encuestas internas o entregado cuestionarios a los pilotos con objeto de identificar determinadas deficiencias que podrían aplicarse a sus actividades específicas.

LA INTRODUCCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGtAS EN EL PUESTO DE PILOTAJE: UN ESTUDIO SOBRE FACTORES HUMANOS

4. Los objetivos de este estudio fueron:

- reconocer cualquier reacción adversa hacia la nueva tecnología,
- ofrecer un "centro de intercambio" de información a líneas aéreas y pilotos sobre las experiencias obtenidas durante el período introductorio del B-767,
- suministrar información sobre los programas de instrucción elaborados por las líneas aéreas en relación con la nueva aeronave, y
- facilitar datos obtenidos sobre el terreno a la NASA y otros investigadores para ayudarlos a elaborar los príncipios de la interacción humana con los sistemas automatizados.

Tres líneas aéreas y más de un centenar de pilotos accedieron a participar en el estudio. Los datos fueron obtenidos durante la primera etapa de introducción del B-767 y las conclusiones sólo son válidas para ese período.

5. Las conclusiones de este estudio fueron:

- A la mayoría de los pilotos les gusta volar más el B-767 que los aviones más antiguos. (Esta conclusión debe interpretarse como una observación genérica. Refleja la evaluación de los pilotos sobre una aeronave de tecnología avanzada y no de un tipo específico).
- Los pilotos aceptan la nueva tecnología, y han optado por utilizarla porque les resulta útil.
- Los pilotos son conscientes de la pérdida de habilidades de vuelo que puede acarrear la automatización, y recurren al vuelo manual (usualmente con director de vuelos) para evitar esta pérdida. Los datos recopilados en este estudio no evidencian ninguna pérdida de habilidades.
- Los aspectos que originaron más confusión o sorpresa fueron las interacciones entre el mando automático de gases y el piloto automático; un "giro equivocado" por parte del piloto automático o su no entrada en rumbo; y el logro (o no) de los resultados deseados con el sistema de gestión de vuelo y la unidad de control y visualización (FMS/CDU).

- Los pilotos consideraron que la instrucción sobre el FMS/CDU podría mejorarse, y pidieron más experiencia directa. También expresaron el deseo de recibir más instrucción sobre el tablero de modos de mando y ejecutar más vuelos manuales.

- La información, elaborada por los diseñadores del sistema, en especial la "técnica", no siempre llega a los pilotos de las líneas aéreas.

- El hecho de manejar una aeronave con equipo complejo y un alto grado de automatización lleva a algunas distracciones que menoscaban la capacidad de vigilancia.

- Se debe instruir a los pilotos para que cuando se enfrenten a una situación anormal, "desconecten" y no traten de "programar" una forma para salir de ella.

- Estos datos obtenidos sobre el terreno confirman algunos de los principios vigentes sobre factores humanos, sugieren algunos nuevos principios y plantean cuestiones que requieren más investigación.

FACTORES HUMANOS EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL PUESTO DE PILOTAJE: ESTUDIO SOBRE EL TERRENO ACERCA DE LA TRANSICIÓN DE LA TRIPULACIÓN DE VUELO

6. Este estudio sobre el terreno abarcó dos grupos de pilotos de línea aérea (de la misma línea aérea) en un período de dos años y tuvo por objeto determinar los factores que afectaban su transición de 10s puestos de pilotaje tradicionales a una versión altamente automatizada (DC-9/10/30/50 a MD-80). Las conclusiones del estudio fueron las siguientes:

- El MD-80, su sistema de guía de vuelo y otras características automáticas están, en la opinión general de los pilotos que han volado en dicha aeronave, bien concebidos y bien diseñados, y se les aprecia considerablemente.

- Los pilotos expresaron una opinión general favorable acerca de la automatización. Ahora bien, incluso los defensores más entusiastas de la automatización indicaron cierta preocupación con respecto al creciente nivel de vigilancia que el equipo automático exige. También se expresaron preocupaciones acerca de que los pilotos se encontraban "fuera del circuito" o "solo van de paseo".

- En general el uso de las características automáticas era elevado, pero con amplias variaciones en cuanto al uso individual. Los pilotos opinaron que la automatización debería ser proporcionada por la compañía pero que debería dejarse a cada individuo el determinar cuándo y en qué circunstancias escogería aplicar o no las características automáticas.

- Después de un período inicial de preocupación con respecto a la fiabilidad del equipo automático, la mayoría de las tripulaciones opinó que el equipo era altamente fiable. La principal preocupación expresada se refirió a que el nivel de vigilancia necesario iba más allá del nivel a que los pilotos se habían acostumbrado en los DC-9 de generaciones anteriores.

- La reducción de la carga de trabajo provocó diversas opiniones. No obstante, existió consenso en cuanto a que si era necesario reducir la carga de trabajo de un cierto número de pilotos, esta reducción sería de alrededor del 15%, muy por debajo de lo previsto para el MD-80.

- Los pilotos informaron unánimemente que, en comparación con el DC-9, la automatización y la configuración del puesto de pilotaje del MD-80 no permitían contar con tiempo adicional para la exploración u observación fuera del puesto de pilotaje.

- La mayoría de los pilotos no vieron en las características automáticas ninguna ventaja con respecto a la seguridad. Su actitud en cuanto a los aspectos de seguridad de la automatización fue básicamente neutra.

- Este estudio no brindó pruebas concretas sobre cuestiones relativas a la pérdida de idoneidad debido a la sobredependencia respecto de la automatización. Aun cuando se expresaron algunas preocupaciones, nadie consideró que este problema era grave. Esto puede deberse parcialmente a que, al iniciarse el estudio, las tripulaciones estaban repartiendo su tiempo de vuelo entre los MD-80 y los DC-9 tradicionales.

- Durante el período abarcado por el estudio, se estableció una "condición separada" entre los modelos convencionales y los avanzados. Los pilotos afectados por esta condición notificaron que la transición había resultado mucho más suave gracias a la oportunidad de volar solamente en el MD-80 durante el período inicial de exposición al nuevo puesto de pilotaje.

- El aprendizaje para controlar un puesto de pilotaje de nueva tecnología exige un nuevo enfoque en cuanto a la instrucción. Resulta ineficiente utilizar un simulador completo para la instrucción en cuanto a programación y capacidades cognoscitivas (mentales). Lo que se requiere es un conjunto de dispositivos de instrucción dinámicos e interactivos que pueda demostrar al piloto en capacitación, y en tiempo real, la dinámica de los sistemas de la aeronave y las consecuencias de sus acciones. Un comentario importante respecto de la calidad de la instrucción mencionado reiteradamente por las tripulaciones se refirió a que siempre que surgía algo inesperado, por más leve que esto fuera, como por ejemplo un cambio de pista, "desconectaban el sistema" (pasaban al modo manual).

- Debe prestarse continua atención a los problemas básicos y tradicionales de los factores humanos cuando se diseñen los puestos de pilotaje: diseño de los controles, dispositivos de entrada por teclado, sistemas de advertencia y alerta e iluminación del puesto de pilotaje. El uso eficaz de nuevas tecnologías en el puesto de pilotaje depende de principios tradicionales asociados a factores humanos.

- En el estudio no se hallaron indicios que dejaran entrever que la automatización provocara problemas psicosociales, como por ejemplo, la renuencia a ejercer la profesión de piloto o la pérdida de la dignidad.

FACTORES HUMANOS DE LA AERONAVE DE TRANSPORTE DE TECNOLOGÍA AVANZADA ("PUESTO DE PILOTAJE DE CRISTAL")

7. Este es el informe de un estudio sobre el terreno que se llevó a cabo durante tres años con tripulaciones de dos importantes líneas aéreas que realizaban vuelos con un avión de tecnología avanzada, el Boeing 757. Dos estudios anteriores se centraron en el período de transición inicial de las tripulaciones de vuelo y sus primeras experiencias. Este informe se centra en cuatro temas fundamentales: instrucción sobre automatización avanzada, errores y disminución de errores en el puesto de pilotaje, gestión de la carga de

trabajo en el puesto de pilotaje, y actitudes generales hacia la automatización en el puesto de pilotaje. Las conclusiones del estudio son:

- *Resultados generales.* Los pilotos muestran mucho entusiasmo con respecto a la aeronave, su instrucción y la oportunidad de manejar modernos aviones de transporte. Es más difícil resumir las actitudes de los pilotos hacia la automatización, esfera donde predominan las contradic ciones. Se manifestaron fuertes reservas en cuanto a dos aspectos críticos: la seguridad (los pilotos consideran que a menudo están "fuera de los mandos" y pierden conciencia de la situación) y la carga de trabajo (los pilotos estiman que ésta aumenta durante las fases del vuelo que ya se caracterizan por una elevada carga de trabajo y que disminuye en los períodos en que ésta es baja). Los pilotos suelen volver a la modalidad manual de guía de vuelo ("desconectan") en los momentos de mayor carga de trabajo.

- *Equipo.* Los pilotos expresan satisfacción con respecto a la distribución general del puesto de pilotaje y comunican pocos problemas en relación con los factores humanos tradicionales. Según la opinión de la mayoría de los pilotos, los sistemas de aviso y alerta del 757 merecen grandes elogios.

- *Instrucción.* En sentido general la instrucción para el 757 se consideró bien planeada y dirigida en las dos líneas aéreas que fueron objeto de este estudio. La crítica más común fue que se hizo demasiado hincapié en la automatización y se excluyeron conocimientos y habilidades básicos concernientes a las aeronaves. Se hace evidente la necesidad de contar con dispositivos de simulación parcial por computadoras.

- *Errores en el puesto de pilotaje.* El estudio no ofrece pruebas que indiquen si el alto o bajo grado de automatización genera más errores por parte de la tripulación. Generalmente los cambios de altitud, un aspecto que suscita gran preocupación, pueden atribuirse con más frecuencia a errores humanos que a fallas del equipo.

- *Coordinación de la tripulación.* En comparación con los modelos tradicionales, es físicamente difícil que un piloto pueda ver y comprender lo que el otro piloto está haciendo. Las tareas que competen a cada uno de ellos no están tan bien delimitadas como en los puestos de pilotaje tradicionales; esto se debe a la tendencia de la tripulación a "ayudarse" mutuamente en las funciones de programación cuando aumenta la carga de trabajo. El puesto de pilotaje moderno también parece dar lugar a la delegación involuntaria de la autoridad del comandante en el primer oficial.

- *Carga de trabajo.* El estudio no demuestra claramente que la automatización reduzca en general la carga de trabajo, sobre todo en las etapas en que ésta es mayor y más se necesita reducirla. En cambio, se obtuvieron pruebas positivas en el sentido de que, a juzgar por el criterio del piloto, algunos dispositivos automáticos colocados en el avión con miras a reducir la carga de trabajo, realmente hacen lo contrario. La conclusión es que la generación actual de aeronaves de tecnología avanzada no ha podido cumplir su objetivo de reducir la carga de trabajo por ambas razones internas y por razones externas asociadas al diseño de los soportes físico y lógico.

- *Control de tránsito aéreo.* Los sistemas ATC actuales no permiten que se exploten todas las posibilidades de guía de vuelo de la aeronave automatizada. Tal parece que los sistemas de ATC en tierra y a bordo se diseñaron, elaboraron y fabricaron casi como sistemas independientes y sin relación alguna entre ellos.

8. En sus conclusiones, el estudio ofrece las recomendaciones siguientes:

- Debe continuarse la investigación sobre la interfaz ser humano-máquina.

- Antes de que se introduzca en línea la nueva generación de sistemas ATC, debe realizarse una investigación con carácter prioritario para hacer que los sistemas ATC sean más receptivos a las posibilidades de la aeronave moderna.

- Los departamentos de instrucción deben analizar nueva- mente sus programas de instrucción, planes de estudio, equipo de instrucción y materiales auxiliares para garantizar que respondan a los cambios planteados por las nuevas aeronaves.

- Los explotadores de las aeronaves modernas de dos pilotos deben reexaminar sus procedimientos, listas de verificación, planes de vuelo, informaciones meteorológicas, fichas de combustible, manuales, y los requisitos que la compañía exige a las tripulaciones de vuelo con miras a reducir la carga de trabajo y los errores operacionales suministrando un material de apoyo de óptima calidad y eliminando procedimientos innecesarios.

- Debe iniciarse una investigación sobre la gestión de recursos de las tripulaciones de vuelo, ya que puede haber diferencias entre las necesidades del puesto de pilotaje avanzado y el tradicional.

- Las autoridades deben reexaminar los procedimientos de certificación con miras a evaluar cuidadosamente los aspectos de los nuevos modelos relacionados con los factores humanos. Deben considerarse otros factores humanos, que no sean simplemente estimaciones de las cargas de trabajo, mediante la aplicación de técnicas de predicción de errores.

- Los organismos deben fomentar las investigaciones sobre sistemas con tolerancia de errores y otros métodos para explotar la inteligencia de la máquina y evitar, contener o hacer más evidentes los errores de la tripulación de vuelo.

- Los fabricantes y usuarios deben normalizar la terminología y las designaciones de las ayudas a la navegación en la CDU, los gráficos y los planes de vuelo realizados por computadora.

- En general, los puestos de pilotaje del futuro deben diseñarse con un sistema automatizado que se centre en el ser humano en lugar de ser controlado por la tecnología.

ENCUESTA SOBRE LOS SISTEMAS DEL PUESTO DE PILOTAJE DE LA LUFTHANSA: A-310

9. Este explotador realiza encuestas en los puestos de pilotaje para obtener información actualizada y retroalimentación de sus tripulaciones de vuelo como base para establecer las especificaciones de los puestos de pilotaje. El instrumento seleccionado es un cuestionario anónimo, que consta de dos partes: Parte 1: la distribución del puesto de pilotaje, las cualidades generales de manejo y los sistemas de la aeronave, y las interfaces electrónicas con la tripulación (ECAM, EFIS, AFS y FMS). La Parte 2 (interfaces electrónicas) de la encuesta se subdividió en cuatro aspectos fundamentales según un modelo normalizado de interfaz ser humano-máquina:

- *Interfazfisica (acceso y observación)* —ubicación de los controles, acceso y manipulación, ubicación de la pantalla de visualización, legilibilidad, color e iluminación, etc.

- *Comunicación entre las interfaces o consideraciones operacionales (comprensión)* —facilidad de comprensión de reglamentaciones operacionales, reglamentaciones sobre visualización en pantalla, enlaces y extensión e índole de la instrucción necesaria.

- *Instrumentos de la interfaz (posibilidades de uso)* — utilidad general, idoneidad e importancia de las características.

- *Aspectos de organización de la interfaz (idoneidad en el entorno operacional)* —factores como fiabilidad, logística y limitaciones de ATC, etc.

10. Estos cuatro temas fundamentales se analizaron en el Sistema de vigilancia electrónica centralizada de la aeronave (ECAM), el Sistema de instrumentos electrónicos de vuelo (EFIS), el Sistema de vuelo automático (AFS) y el Sistema de gestión de vuelo (FMS). Las conclusiones de la encuesta fueron las siguientes:

- Por lo general, a los pilotos que participaron en la encuesta les gusta la automatización.

- El vuelo automático debe ser tan bueno o mejor que el vuelo por control manual.

- En el régimen automático ocurren ciertamente algunos problemas: "mantener al piloto en los mandos" es un requisito obligatorio de toda función automatizada.

- El FMS y el ECAM son bien acogidos; sin embargo, su diseño no es óptimo. El desarrollo inicial del FMS fue fomentado y ensayado por un grupo de pilotos relativamente pequeño. Su desarrollo ulterior debe basarse en una amplia gama de experiencias (internacionales) en líneas aéreas.

- Los sistemas avanzados de gestión de vuelo deben incorporar una mejor interfaz con la tripulación, un mayor rendimiento de las computadoras y una relación más estrecha con el entorno ATC.

Apéndice 2 del Capítulo 3
PRINCIPIOS DE AUTOMA TIZACION DE WIENER y CURRY (1980)

TAREAS DE CONTROL

1. Es preciso que el operador interprete y comprenda fácilmente cómo funciona el sistema para facilitar la detección de operaciones indebidas y el diagnóstico de fallas.

2. El sistema automático se debe diseñar para que desarrolle la tarea en la forma que el usuario desee que éste la haga (con arreglo a otras restricciones, como por ejemplo, las relacionadas con la seguridad); quizás esto exija que el usuario controle algunos parámetros, entre ellos, la ganancia del sistema (véase el Principio núm. 5). Muchos usuarios de sistemas automatizados han comprobado que éstos no realizan la función de la manera en que lo desea el operador. Por ejemplo, los pilotos automáticos, particularmente los modebs más antiguos, tienen un "balanceo de alas" incómodo para los pasajeros cuando siguen las estaciones de navegación en tierra. Por tanto, muchos pilotos de líneas aéreas no utilizan esta característica, aún en vuelos de costa a costa o sin escala.

3. El sistema automatizado se debe diseñar de modo que evite que los niveles máximos de demanda de tareas sean excesivos (esto puede variar de un operador a otro). La supervisión de los sistemas no sólo es una actividad válida del operador, sino necesaria; sin embargo, se le suele relegar a un segundo plano con respecto a otras tareas que imponen las circunstancias. Mantener la demanda de tareas dentro de un nivel razonable garantizará que haya tiempo disponible para la supervisión.

4. En el caso de los sistemas más complejos, resulta muy difícil que la computadora determine cuándo es demasiado elevada la demanda de tareas sobre el operador. Por tanto, éste debe entrenarse y motivarse para que utilice la automatización como un recurso adicional (es decir, como un ayudante).

5. Los deseos y las necesidades en materia de automatización variarán con los operadores, y con el tiempo con cada uno de ellos. Cuando sea posible, se debe permitir que los operadores tengan diferentes "estilos" (selección de la automatización).

6. Se debe garantizar que el funcionamiento general de los sistemas se mantenga invariable ante las distintas opciones o estilos de operación. Por ejemplo, el piloto puede optar por volar según el rumbo establecido por él o seguir las estaciones de navegación en tierra.

7. Es necesario crear un medio para comprobar el ajuste inicial y la entrada de información en los sistemas automáticos. Muchas fallas de estos sistemas se han debido, y se deberán, a errores de ajuste y no a fallas en el soporte físico. El propio sistema automático puede comprobar algunas partes del ajuste, pero deben preverse, cuando proceda, equipo y procedimientos independientes para la verificación de errores.

8. Los operadores que trabajan con equipo automatizado necesitan una amplia instrucción, no sólo para garantizar un funcionamiento y un ajuste adecuados, sino para enseñar el funcionamiento correcto (para la detección de anomalías) y los procedimientos en caso de fallas de funcionamiento (para el diagnóstico y tratamiento).

TAREAS DE SUPERVISIÓN

9. Los operadores deben recibir instrucción, ser motivados y evaluados de manera que puedan realizar su labor de supervisión con eficacia.

10. Si la automatización reduce la demanda de tareas a niveles muy bajos, deben preverse trabajos útiles que mantengan ocupado al operador y eviten su distracción. Muchos otros han recomendado que se añadan tareas, pero es sumamente importante que cualquier otra tarea que se asigne tenga sentido (que no se "trabaje por trabajar") y se oriente hacia la tarea primordial en sí.

11. Es preciso mantener el índice de falsas alarmas dentro de límites aceptables (no hay que olvidar los efectos que tiene sobre la conducta la ocurrencia de demasiadas falsas alarmas).

12. En el caso de alarmas que tengan más de una modalidad, o cuando haya más de una situación que pueda activar la alarma en relación con una modalidad determinada, debe indicarse claramente a qué condición obedece la visualización de una alarma.

13. Cuando el tiempo de respuesta no sea crítico, la mayoría de los operadores tratarán de comprobar la validez de la alarma. La información debe suministrarse en un formato adecuado, de manera que esta comprobación de la validez pueda hacerse con rapidez y exactitud y no constituya una fuente de distracción. Se suministrará al operador la información y controles que le permitan diagnosticar el funcionamiento del sistema automático y del sistema de alarma. Algunos serán comprobaciones fáciles y rápidas de los sensores e indicadores (como las conocidas bombillas del tipo "oprimase para comprobar"); es posible que los sistemas de mayor tamaño requieran comprobaciones lógicas.

1 4. En el formato de la alarma se debe indicar el grado de emergencia. Seria útil contar con niveles múltiples de urgencia para una misma situación.

1 5. Deben diseñarse técnicas de instrucción y algún tipo de equipo de instrucción (incluidos simuladores parciales o totales de las tareas) para garantizar que las tripulaciones de vuelo experimenten todo tipo de alertas y muchas de las condiciones posibles de alerta, y que comprendan cómo lidiar con ellas.

Apéndice 3 del Capítulo 3
DECLARACIÓN DE PRINCIPIOS EN MATERIA DE AUTOMATIZACIÓN, DELTA AIR LINES (1990)

En esta declaración se entenderá por "automatización" la sustitución de una función humana, ya sea manual o cognoscitiva, por una función de máquina. Esta definición se aplica a todos los niveles de automatización de todas las aeronaves que explota esta línea aérea. El objetivo de la automatización es ayudar al piloto a realizar su labor.

El piloto es el componente más complejo, capaz y flexible del sistema de transporte aéreo, y como tal es el más adecuado para determinar el uso opcional de los recursos en una situación determinada.

Los pilotos deben dominar la explotación de sus aeronaves en todos los niveles de automatización. Deben ser capaces de seleccionar el grado adecuado de automatización, y tener las habilidades necesarias para pasar de un nivel de auto- matización a otro.

La automatización debe utilizarse en el nivel que resulte más apropiado para potenciar las prioridades de seguridad, comodidad del pasajero, relaciones públicas, programación y economía establecidas en el manual normativo de operaciones de vuelo.

Para lograr las prioridades anteriores, todos los programas de instrucción, dispositivos de instrucción, procedimientos, listas de verificación, adquisiciones de aeronaves y equipo, manuales, programas de control de calidad, normalización, documentos complementarios y la explotación cotidiana de las aeronaves de la Delta Air Lines, deben estar de conformidad con esta declaración de principios.

CAPÍTULO 4
CAPACITACIÓN SOBRE FACTORES HUMANOS PARA LOS INVESTIGADORES DE LA SEGURIDAD

INTRODUCCIÓN

4.1. 1 Los factores humanos forman parte de los que concurren para que se produzca la mayoría de los accidentes e incidentes aéreos. Por lo tanto, para elevar el nivel de perfeccionamiento de la seguridad aeronáutica debemos mejorar nuestra capacidad de determinar el grado en que dichos factores están presentes en los sucesos. De ese modo, podremos aprender más de las experiencias y aplicar nuevas y mejores medidas para impedir la repetición de los sucesos. No podemos impedir el error humano pero podemos, ciertamente, reducir la frecuencia con que se manifiesta y lograr que sus consecuencias sean mínimas. Esta es una de las razones fundamentales en que se apoya el programa de prevención de accidentes de la OACI.

4.1.2 El presente capítulo contiene información que permitirá el desarrollo de programas de capacitación sobre factores humanos destinados a investigadores de accidentes. Tiene tres finalidades:

—proporcionar el contenido básico que debería incluirse en un curso de capacitación sobre factores humanos para investigadores de accidentes;

—proporcionar a investigadores y autoridades investigadoras, autoridades normativas en materia de aviación civil, administradores de sociedades/empresas y otras personas que obran en el medía aeronáutico, información sobre la necesidad y la finalidad de la investigación de los factores humanos;

—establecer una metodología para la investigación de los factores humanos en los accidentes e incidentes aéreos; y

— describir el modo de presentar la información obtenida.

4.1.3 El propósito de este capítulo es complementar el *Manual de investigación de accidentes de aviación* de la OACI (Doc 6920). (En la Parte 1. Capítulos 1 y 2 de este manual se presenta información adicional aplicable a la capacitación de investigadores de accidentes). Al aplicar la orientación práctica que proporcionan los manuales de investigación y prevención se debería observar la filosofía del enfoque que se propugna en el presente capítulo. Los factores humanos comprenden igualmente las cuestiones de carácter medico; no obstante, el objetivo de este capítulo es el análisis de los aspectos que no son de orden médico.

4.1.4 El enfoque principal de este capítulo se orienta hacia los eventos que dieron lugar al suceso y no a los que son posteriores al accidente como, por ejemplo, las cuestiones relativas a la búsqueda y al salvamento o a la supervivencia. No incluirá orientación en materia del tratamiento de post-mortems, exámenes toxicológicos o análisis del tipo de lesiones. Estos aspectos especiales se analizan en el *Manual de investigación de accidentes de aviación* y en el *Manual de medicina aeronáutica civil* (Doc 8984). No obstante, se considera que el investigador debe estar familiarizado con los aspectos tanto fisiológicos como psicológicos del desempeño humano.

4.1.5 Mediante las Normas y métodos recomendados internacionales (SARPS) establecidos en el Anexo 18 del Convenio de Chicago y los textos de orientación pertinentes. La OACI ha ayudado a 105 Estados en la esfera de la investigación y prevención de accidentes. Se hace hincapié continuamente en la

objetividad en materia de investigación y prevención. El perfeccionamiento de la investigación de los factores humanos en los accidentes e incidentes ampliará considerablemente el alcance de dicho esfuerzo.

4.1.6 El presente capítulo:

- Analiza la necesidad y la finalidad de la investigación de los factores humanos; trata de algunos de los obstáculos en la investigación de dichos factores; analiza el carácter del error humano y de los accidentes; y proporciona un modelo de enfoque sistemático mediante el cual se puede determinar el alcance de la investigación de factores humanos;

- Trata de la conducción de la investigación de los factores humanos; analiza la organización y la gestión de la investigación; detalla quién debería conducir la investigación, que información debería recopilarse, donde se la puede localizar y presenta una exposición de cómo anal izar la información recopilada:

- Trata de la notificación de los accidentes e incidentes con énfasis en el tratamiento de la información relativa a los factores humanos, la identificación de los peligros y la formulación de medidas de seguridad para prevenir la repetición;

- Proporciona ejemplos de listas de verificación de factores humanos (véase el Apéndice 1);

- Proporciona orientación sobre las técnicas relativas a las entrevistas con los testigos (véase el Apéndice 2):

- Presenta un modelo de lista de factores explicativos— una ampliación propuesta del Manual ADREP (véase el Apéndice 3);

- Proporciona una lista de bases de datos disponibles en materia de accidentes/incidentes (véase el Apéndice 4).

4.2 NECESIDAD Y FINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN DE LOS FACTORES HUMANOS

Antecedentes

4.2.1 Como se puede constatar por los registros de investigaciones que se remontan hasta los años 40, los factores humanos intervienen en la mayoría de los accidentes e incidentes de aviación. Independientemente del porcentaje en que esto se verifica, existe poco desacuerdo entre los expertos gubernamentales y en la industria en cuanto a la importancia de los factores humanos como elemento fundamental de las causas de accidentes e incidentes. A pesar de este conocimiento y de la noción de que error es humano', se ha avanzado poco en la adopción de un enfoque uniforme de la investigación de los factores humanos en los sucesos de aviación. Cuando no se han encontrado pruebas técnicas tangibles para explicar el suceso. Los investigadores y sus autoridades han tenido cierta dificultad en tratar de las cuestiones de factores humanos. El resultado lamentable ha sido descrito por George B. Porlier, Profesor asociado de la cátedra de seguridad en la University of Southern California, como la ley de la excepción: *Si hemos eliminado todas las causas, salvo el piloto, la causa debe ser el factor piloto.*

4.2.2 Los informes de las investigaciones de accidentes describen habitualmente de manera clara **qué** sucedió y **cuándo** pero muy a menudo no explican totalmente **cómo** y **por qué** sucedieron los accidentes.

Los intentos de determinar, analizar y entender los problemas subyacentes que dieron lugar a las fallas del desempeño humano y, de esa manera, a los accidentes, son a veces incoherentes: Al declarar que el piloto no siguió las normas se da a entender que las mismas están bien fundadas, son seguras y apropiadas. De ahí que los informes de las investigaciones a menudo limitan las conclusiones a expresiones tales como "error del piloto", "no vio ni evitó", "utilización inapropiada de los mandos", o "no observó ni se atuvo a los procedimientos de operación normalizados (PON)". Este enfoque estrecho es solo uno de los muchos obstáculos para una investigación eficaz de los factores humanos.

4.2.3 Seguidamente se enumeran otros obstáculos comunes junto con soluciones que pueden eliminarlos.

Obstáculos y soluciones

Obstáculo: La necesidad de investigar las cuestiones relativas a los factores humanos no ha sido aceptada fácilmente. Es posible oír comentarios como por ejemplo, "los factores humanos constituyen un aspecto demasiado difuso", "no se puede cambiar la naturaleza humana", o "es demasiado difícil probar de manera concluyente que estos factores contribuyeron al accidente".

Solución: más formación, en la que se describe como la investigación experimental ha logrado eliminar muchos elementos especulativos en la esfera de los factores humanos con documentación que se apoye en datos científicos. Por ejemplo, la investigación ha demostrado de manera empírica las ventajas de una comunicación eficaz en el puesto de pilotaje, reconocimiento que se ha traducido directamente en cursos sobre gestión de los recursos de la tripulación y de toma de decisiones por parte del piloto.

Obstáculo: La reticencia para investigar los factores humanos puede originarse en una falta de la comprensión de lo que abarca la expresión "factores humanos". Lamentablemente, algunos investigadores se consideran mal dotados debido a que no son ni médicos ni psicólogos. La esfera de los factores humanos se extiende mucho más allá de los aspectos fisiológicos y psicológicos: teóricamente la mayoría de los investigadores, sin saberlo ellos mismos, poseen un amplio conocimiento del asunto que aplican de manera oficiosa.

Solución: Una mejor formación sobre factores humanos para los investigadores creará un entendimiento más profundo de lo que entraña la investigación de los factores humanos.

Obstáculo: los investigadores pueden utilizar inapropiadamente las preguntas relacionadas con el desempeño de los miembros de la tripulación, de los controladores de tránsito aéreo, del personal de mantenimiento y de otras personas. Esto puede suceder cuando el investigador no ha establecido una atmósfera de objetividad y confianza en aquellos cuyo desempeño está siendo cuestionado se sienten amenazados por el investigador o adoptan una actitud antagonista. La peor situación se manifiesta cuando los miembros de la tripulación u otras partes interesadas no proporcionan ninguna información ni ayuda que pueda ser valiosa a la autoridad investigadora.

Solución: los investigadores deben asegurarse de que las personas entienden el objetivo del procedimiento, o sea, prevenir la repetición del suceso, y el método mediante el cual el investigador trata de lograr dicho objetivo. Si existe posibilidad de error de interpretación. esta información debería debatirse de manera abierta al comienzo de la investigación.

Obstáculo: Existe a menudo una reticencia natural de parte de los testigos (a los efectos de este capítulo en esta categoría se incluye a compañeros colegas, supervisores, personal de dirección v cónyuges) para hablar de los fallecidos con absoluta franqueza. Del mismo modo, los investigadores pueden ser un tanto reticentes en cuanto a hacer preguntas que puedan interpretarse de manera desfavorable para un pariente, amigo o colega.

Solución: Es necesario que las entrevistas estén bien planificadas. Si se compara la información obtenida a través de estas entrevistas con la reunida por otros medios en el proceso de investigación se puede establecer una explicación más completa.

Obstáculo: Otra dificultad surge de la consideración que hay que tener en cuanto al derecho del individuo a su vida privada y de la necesidad de revelar hechos y hablar de los factores que intervinieron en el accidente. Por un lado, la información del registrador de conversaciones del puesto de pilotaje (CVR), los registros del control de tránsito aéreo (ATC) y las declaraciones de los testigos pueden ser indispensables para determinar cómo y por qué sucedió el accidente. Por otro lado, las mismas fuentes a menudo contienen información personal delicada sobre las personas implicadas, quienes naturalmente querían que dicha información se considerase reservada.

Solución: las autoridades investigadoras de accidentes deberían proporcionar un grado de protección a dichas fuentes (véase el Anexo 13). Según las leyes del Estado de que se trate, puede ser necesario que esta protección sea objeto de legislación. las autoridades investigadoras tendrán que adoptar un criterio selectivo publicando únicamente la información que es indispensable para la comprensión del accidente y que permita fomentar las medidas de prevención.

Obstáculo: La filosofía de la investigación adoptada por los encargados de la investigación es muy importante. Los investigadores enfrentan obstáculos en sus esfuerzos para conducir una investigación plena v sistemática, si la administración para la cual trabajan no cree en la importancia de investigar los factores humanos en los accidentes e incidentes. Sin apoyo de la dirección hay pocas dudas de que esta esfera continuará siendo descuidada.

Solución: El conocimiento de los factores humanos y la comprensión del modo de aplicar dicho conocimiento en una investigación ofrece a la autoridad investigadora una mayor oportunidad de determinar las causas fundamentales que pueden no haber sido reconocidas previamente. Además ofrece a las administraciones de los Estados un medio constructivo de abordar las cuestiones del desempeño humano que den lugar a controversias. Algunos de los métodos fundamentales mediante los cuales los investigadores y sus dirigentes pueden fomentar la investigación de los factores humanos reside en mantenerse al tanto de la literatura existente, concurriendo a cursos y seminarios sobre factores humanos y aplicando conceptos como los que se describen en este compendio.

Obstáculo: En muchos Estados la autoridad normativa tiene igualmente la responsabilidad de investigar los accidentes e incidentes. La ausencia de una autoridad investigadora independiente plantea la posibilidad de crear un conflicto de intereses dentro del organismo. Podría haber falta de voluntad por parte de los encargados de establecer normas para investigar las cuestiones relacionadas con su función normativa. Esta situación podría dar lugar igualmente a que el público viajero viera con escepticismo los resultados de la investigación de los encargados de los aspectos normativos.

Solución: Algunos Estados han creado un órgano investigador independiente cuya única misión es determinar las causas de los accidentes y formular recomendaciones en materia de seguridad para impedir su repetición. Dicho órgano tiene libertad de expresar sus constataciones y recomendaciones sin trabas.

Obstáculo: La prisa de los medios de comunicación y de los litigantes en el sentido de encontrar a alguien a quien culpar de modo conveniente para sus propios objetivos puede dar lugar a conclusiones prematuras. Por ejemplo, a veces se culpa al piloto para asegurar al público que se ha establecido que la responsabilidad recae en una persona.

Solución: los investigadores deben ser diligentes en fomentar la filosofía de que únicamente después de una investigación completa y sistemática se pueden determinar todas las causas.

Obstáculo: La determinación de las conclusiones y causas por parte de la autoridad investigadora puede, por inadvertencia, asignar alguna culpa, falta o responsabilidad. En la medida que suceda esto, puede disminuir la posibilidad de prevenir futuros accidentes e incidentes. Por lo tanto, el modo en que los Estados publican sus constataciones constituye una parte crucial del proceso de prevención de accidentes.

Solución: los informes de investigaciones de accidentes que se concentran en identificar los problemas subyacentes en vez de establecer culpas contribuirán mucho más a la prevención de los accidentes. No obstante, si bien deberían hacerse todos los esfuerzos posibles para asignar faltas o responsabilidades, los informes no deben dejar de informar objetiva y detalladamente sobre las causas por la simple razón de que se puedan establecer faltas o responsabilidades debido al informe.

Obstáculo: En esta esfera, hay una carencia general de textos de orientación de aceptación internacional.

Solución: Con la publicación del presente manual, se prevé que los obstáculos más importantes a la investigación de los factores humanos quedarán eliminados. Aplicando el enfoque esbozado en este capítulo, los investigadores y sus autoridades deberían sentirse más confiados en la conducción de dichas investigaciones.

4.2.4 A pesar de estos obstáculos, las actitudes están cambiando. Los expertos de los gobiernos y de las industrias están hacienda hincapié en el valor de la investigación de los factores humanos en los accidentes e incidentes de aviación como parte de la meta general en materia de prevención de accidentes y de mejoramiento de la seguridad. La OACI reconoce este cambio de énfasis como un paso positivo adoptado por los Estados para mejorar los procedimientos de investigación, las técnicas y la prevención.

Carácter de los accidentes e incidentes

4.2.5 La investigación de los factores humanos en los accidentes e incidentes aéreos debería formar parte integrante de la totalidad de la investigación y del informe consiguiente, los seres humanos no obran solos; constituyen apenas uno de los elementos de un sistema complejo. A menudo, el ser humano es la última barrera que puede detener la serie de hechos antes de que provoquen un accidente. No obstante, cuando los eventos se combinan y actúan los unos sobre los otros para causar una catástrofe la autoridad investigadora debe asegurarse de que todos los elementos del complejo sistema se investigan para entender por qué el accidente aconteció. Una búsqueda sistemática de los 'por qué" no tiene el propósito de establecer una causa única ni imputar culpabilidades o responsabilidades, ni siquiera excusar el error humano. La búsqueda de los " por qué" ayuda a identificar las deficiencias subyacentes que pueden hacer que ocurran otros incidentes u otro accidente.

4.2.6 Es útil la definición oficial de accidente para determinar los criterios para la notificación del suceso a la autoridad investigadora y para determinar cuándo debería llevarse a cabo una investigación. La amplitud de la investigación debe regirse por el mandato legislativo de la autoridad investigadora. Es posible que la autoridad investigadora no pueda investigar a fondo todo suceso.

Definición de un accidente e incidente

4.2.7 En el Capítulo 1 del Anexo 13 de la OACI se define un accidente como:

> "Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que ocurre dentro del período comprendido entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave, con intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las personas han desembarcado, durante el cual... cualquier persona sufre lesiones mortales o graves..., la aeronave sufre daños o roturas estructurales... o la aeronave desaparece o es totalmente inaccesible".

Un incidente (tema que se analizará mas adelante) se define:
Como:

"Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que no llega a ser un accidente que afecte o pueda afectar la seguridad de las operaciones".

Enfoque sistemático de la investigación de los factores humanos

4.2.8 Habiendo decidido iniciar una investigación, la autoridad investigadora debe establecer una perspectiva panorámica del suceso si pretende dar cumplimiento a la finalidad de la investigación. El adoptar un enfoque sistemático para la investigación de los accidentes e incidentes ayuda al investigador a determinar las causas subyacentes en el complejo sistema de transporte aéreo. Permite entender mejor la manera en que los diversos componentes del sistema actuaron entre si y se integraron para dar lugar al accidente y, de esa manera, señala el camino para medidas correctivas. Existen muchos enfoques diferentes para ayudar a los investigadores a identificar los componentes en obra y analizar la información reunida. Los siguientes párrafos presentan uno de tales enfoques, propuesto por James Reason[1] sobre las causas de los accidentes y se describe gráficamente en las Figuras 4-1 y 4-2.

4.2.9 James Reason ve la industria aeronáutica como un sistema de producción complejo. Uno de los elementos básicos del sistema consiste en aquellos que **toman decisiones** (dirección superior, órgano directivo de la empresa u órgano normativo), que tienen la responsabilidad de establecer los objetivos y manejar los recursos disponibles para lograr y equilibrar dos metas distintas: el objetivo de seguridad y el objetivo del transporte puntual y rentable de pasajeros y carga. Un segundo elemento clave es la **gestión jerárquica**, o sea la de aquellos que ejecutan las decisiones adoptadas por la dirección superior. Para que las decisiones de la gerencia superior y las medidas de la gerencia ejecutiva den lugar a actividades eficaces y productivas por los recursos humanos intervinientes deben existir ciertas **condiciones previas**. Por ejemplo, debe disponerse de equipo y el mismo debe ser fiable, los recursos humanos deben disponer de capacitación. conocimientos y motivación y las condiciones ambientales deben ser seguras. El elemento final, o sea las **defensas** o salvaguardias, existen habitualmente para prevenir lesiones previsibles, daños o costosas interrupciones del servicio.

4.2.10 La Figura 4-2 ilustra el modelo de Reason sobre el modo en que los seres humanos contribuyen a la falla de estos sistemas complejos, interactivos y bien organizados y a producir así un accidente. En el contexto aeronáutico, "bien organizado" se refiere a reglas estrictas, elevadas normas y equipo de supervisión sofisticado en existencia. Debido al progreso tecnológico y a las excelentes defensas, rara vez los accidentes se producen exclusivamente a partir de errores del personal de operaciones (operadores al frente de las operaciones) o como resultado de fallas de importancia del equipo. En cambio, son consecuencia de las interacciones de una serie de fallas o defectos ya presentes en el sistema. Muchas de esas fallas no son visibles inmediatamente y tienen consecuencias ulteriores.

4.2.11 Las fallas pueden ser de dos tipos, según el carácter inmediato de su consecuencia. Una **falla activa** constituye un error o una violación que tiene un efecto adverso inmediato. Estos tipos de errores los comete habitualmente el operador al frente de las operaciones. Un piloto que levanta la palanca del tren de aterrizaje en vez de la palanca de los flaps constituye un ejemplo de este tipo de falla. Una **falla latente** es el resultado de una decisión o de una medida adoptada mucho antes de un accidente, cuyas consecuencias pueden estar latentes durante largo tiempo. Este tipo de fallas tiene su origen habitualmente al nivel de quien toma decisiones, establece normas o esta a cargo de la gestión de las operaciones, es decir personas muy alejadas del evento en el tiempo y en el espacio. Una decisión de fusionar las compañías sin proporcionar entrenamiento para normalizar los procedimientos de operación ilustra una falla latente.

Estas fallas pueden también introducirse a cualquier nivel del sistema por la condición humana, por ejemplo debido a una motivación pobre o a la fatiga.

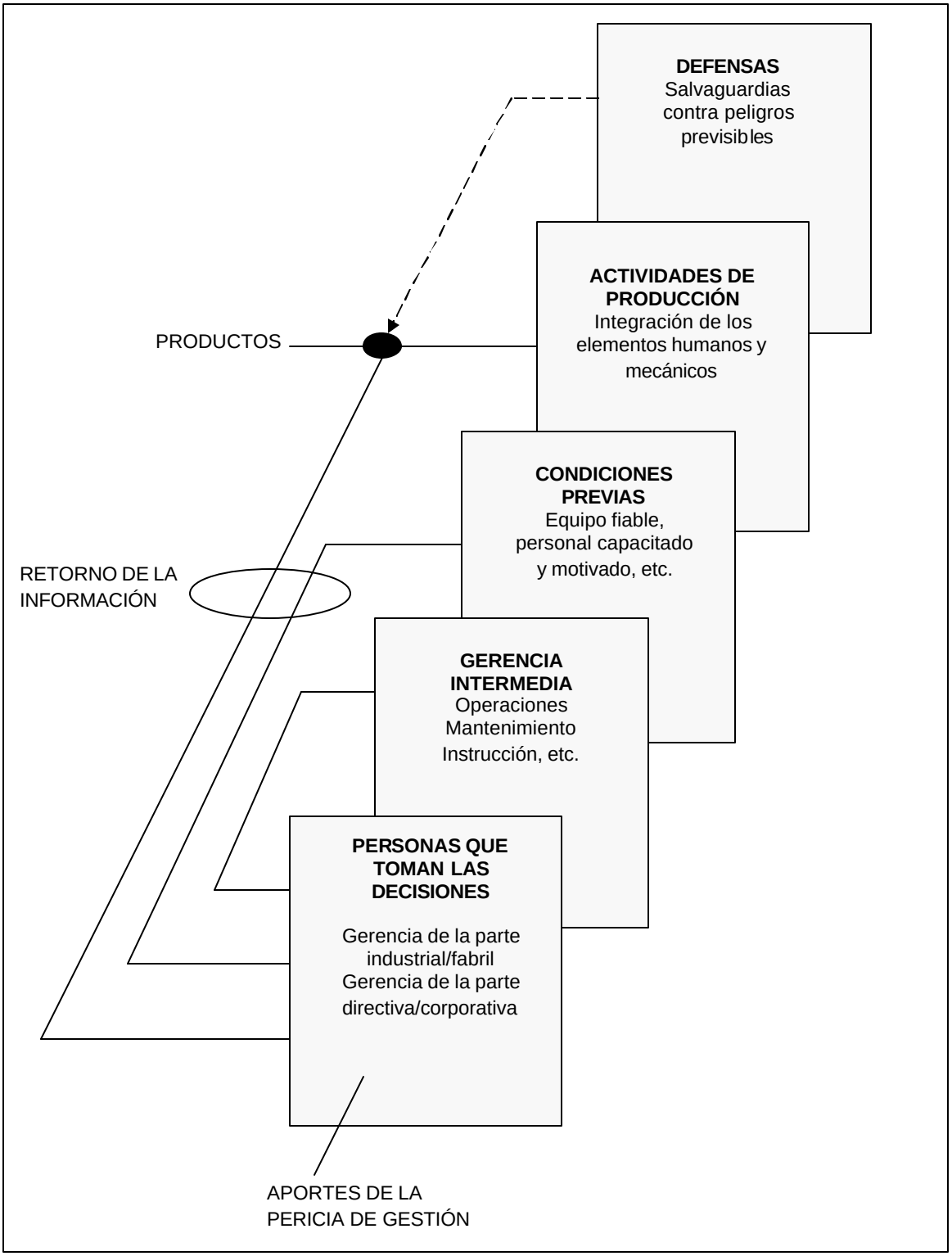


Figura 4-1. Componentes básicos de todo sistema de productividad
(Fuente: James Reason, Human Error, reino Unido: Cambridge University Press

4.2.12 Las fallas latentes que se originan en decisiones cuestionables o acciones incorrectas, aun cuando no sean dañosas si ocurren aisladamente, pueden interactuar para crear una ventana de oportunidad" para que un piloto, un controlador de tránsito aéreo o un mecánico cometa una falla activa que quebranta todas las defensas del sistema y tiene por consecuencia un accidente. Los operadores al frente de las operaciones son los herederos de los defectos de un sistema. Son los que enfrentan una situación en la que problemas técnicos, condiciones adversas o sus propias acciones revelarán fallas latentes presentes en un sistema. En un sistema bien organizado, las fallas latentes y las activas interactuarán pero a menudo no quebrantarán las defensas. Cuando las defensas funcionan, el resultado es un incidente; cuando no funcionan, se produce el accidente.

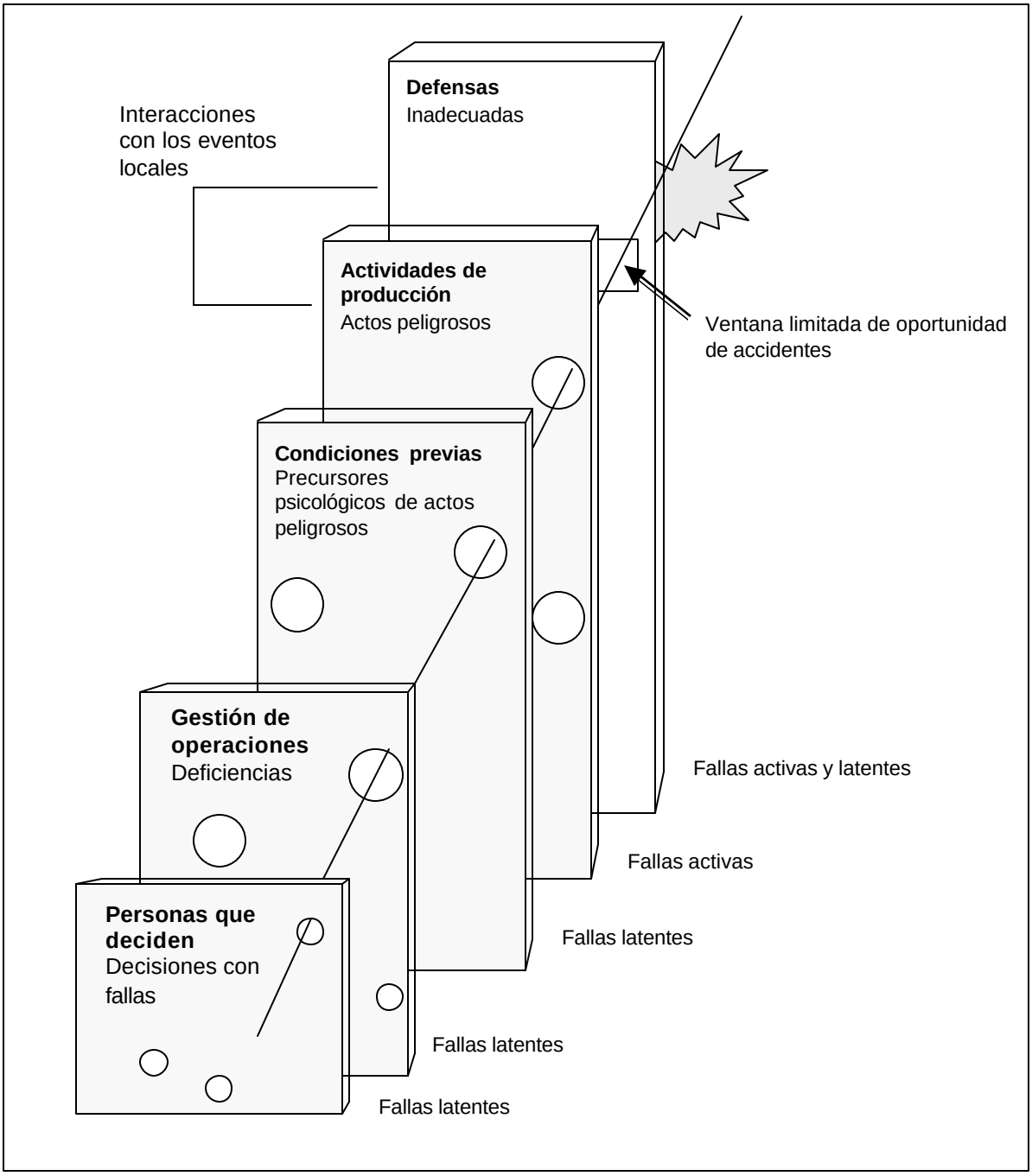


Figura 4-2. Versión modificada del modelo de James Reason de causas de accidentes. En esta figura se muestran diversas contribuciones humanas a la falla de un sistema complejo.
(Fuente: James Reason. Human Error, 1990. Reino Unido: Cambridge University Press)

Escenario de un accidente

4.2.13 Apliquemos los principios fundamentales del modelo de Reason a un escenario de accidente complejo a fin de proporcionar un mejor entendimiento del modo en que los seres humanos contribuyen a la falla del sistema aeronáutico. El escenario ficticio siguiente, basado en hechos reales, ilustra plenamente todos los componentes del sistema:

- *En las últimas horas de un viernes de noche, en verano al aterrizar en una pista seriamente contaminada por el agua, un birreactor de transporte con cuatro miembros de tripulación y 65 pasajeros a bordo sobrepasó el extremo oeste de la pista del aeropuerto de Anytown City La aeronave se detuvo fuera de la pista a corta distancia de su extremo. No hubo ni tripulantes ni pasajeros lesionados y no hubo daño aparente a la aeronave como consecuencia del aterrizaje demasiado largo. No obstante, se produjo un incendio y la aeronave quedó destruida subsiguientemente.*

- *Anytown City es un balneario veraniego popular. Las condiciones meteorológicas predominantes para un día típico de verano entrañan estratos bajos y niebla en las primeras horas de la mañana que se transforman gradualmente en nube convectiva a medida que se calienta el aire, las tormentas severas son comunes a principios de la tarde y persisten hasta las últimas horas de la noche.*

- *La pista de Anytown tiene una longitud de 4 320 pies Es una pista relativamente ancha con una pendiente en bajada pronunciada al oeste Está atendida por un radiofaro no direccional de baja potencia y corto alcance que no es fiable cuando hay condiciones meteorológicas de convección La iluminación de la pista es de baja intensidad y no existen luces de aproximación ni ayudas de aproximación visuales. Durante los aterrizajes nocturnos la aproximación es un agujero negro clásico.*

- *El vuelo había comenzado en la base principal de la línea aérea a 400 km. de distancia. Este era el penúltimo vuelo del día para dicha tripulación. Se había presentado para asumir sus funciones a las 1130 horas y debía ser reemplazada a las 2200 horas. La tripulación había efectuado vuelos con un horario diferente durante las tres últimas semanas. Este era el comienzo de un nuevo horario de cuatro días en otra ruta. Habla sido una tarde de verano típica con tormentas en toda la región. Anytown City había sido afectada por las tormentas durante el comienzo de la tarde. No se disponía de pronósticos y el comandante había decidido demorar la salida.*

- *El horario de vuelo era muy ajustado y la decisión del comandante de demorar la salida dio lugar a varias otras demoras para los vuelos subsiguientes. El despachador encargado de tramitar el vuelo no señaló a la atención de los tripulantes de vuelo la necesidad de considerar que podrían tener que utilizar una pista contaminada en Anytown y no examinó las limitaciones de performance de aterrizaje con ellos. Después de una prolongada demora el comandante decidió añadir combustible para contingencias y salir.*

- *Las condiciones en Anytown eran visuales, aún cuando había tormentas en las proximidades del aeropuerto, así como una llovizna persistente. No habiendo ningún otro tránsito previsto recibieron autorización para una aproximación visual nocturna. Después de la toma de contacto la aeronave hidroplaneó y sobrepaso el extremo de la pista ligeramente por encima de la velocidad de rodaje.*

- *El comandante era un piloto muy experimentado. Había trabajado para la línea aérea durante muchos años acumulando varias miles de horas de tiempo de vuelo como primer oficial en dos otros tipos de aeronaves de reacción de gran tamaño .No obstante, había tenido una experiencia limitada con el tipo de aeronave que estaba piloteando la noche del accidente No había tenido oportunidad de volar a Anytown antes debido a que los tipos de aeronave de gran tamaño que había estado volando previamente no se utilizaban para Anytown. Este era su primer mes como*

comandante. Era una persona bien equilibrada, sin extremos de comportamiento personal ni profesional.

•*En el momento del accidente el primer oficial era muy inexperimentado. Había sido contratado recientemente por la línea aérea y había estado volando para la empresa aproximadamente un mes. Había volado a Anytown en dos otras ocasiones con otro comandante pero únicamente durante el día. Sus registros de instrucción indicaban una performance normal durante la preparación para las operaciones de la línea aérea.*

4 2.14 Inicialmente la investigación trataría de determinar lo que sucedió en Anytown. Se supo que había llovido fuertemente en el aeropuerto y que había agua en la pista. La lectura de los registradores de vuelo revelaron que el Comandante voló la aproximación con una velocidad aerodinámica en exceso que dio por resultado que el avión tomase contacto suavemente pero mucho más allá de la zona de toma de contacto y que posteriormente hidroplaneó mas allá del extremo. Se determinó igualmente que el comandante omitió consultar los gráficos de performance del manual de vuelo de la aeronave para la distancia de aterrizaje correcta en una pista mojada. Asimismo el primer oficial no efectuó los llamados necesarios durante la aproximación.

4.2.15 Estas acciones peligrosas de la tripulación de vuelo podrían por si mismas explicar el sobrepasamiento del extremo de la pista y concentrar la investigación sobre una conclusión de ¿ error de la tripulación" como cause del accidente. No obstante, si se investigaran más los procedimientos y métodos operacionales de la compañía y se buscaran los antecedentes de otros factores que podrían influir en la performance de la tripulación, se podrían determinar otras fallas activas y latentes que estaban presentes durante el vuelo. Por lo tanto, la investigación no debería detenerse en el punto en el que la *tripulación* cometió errores.

4.2.16 Si la investigación tuviera que determinar si se produjeron otros actos peligrosos durante la operación, se descubriría que no solamente el despachador omitió informar al comandante sobre los problemas potenciales en el aeropuerto (como lo requiere el procedimiento de la compañía) sino que el agente de la compañía en Anytown no había notificado al despachador en la base que había llovido fuertemente. La inspección de la pista reveló una construcción y un pavimento pobres y falta de drenaje adecuado. También se descubrió que el mantenimiento y la inspección del NDB no correspondía a los procedimientos prescritos. Durante el mes precedente otras tripulaciones de vuelo habían notificado en varias ocasiones que la ayuda terrestre había suministrado indicaciones variables durante las aproximaciones por instrumentos; no se había hecho ningún esfuerzo para rectificar el problema.

4.2.17 Teniendo en cuenta estos hechos y refiriéndose al modelo de Reason puede verse que las acciones de los otros operadores de la línea de operaciones eran igualmente peligrosas y habían influido en la performance de la tripulación de vuelo y en el resultado del mismo. Dichas actividades pueden clasificarse como fallas activas y también están vinculadas al desempeño de la gestión de las operaciones y de las personas que toman las decisiones.

4.2.18 Después de esto, la investigación debería determinar si habían condiciones previas adversas dentro de las cuales la tripulación de vuelo tenía que actuar, las mismas pueden enumerarse como sigue:

1. una aproximación nocturna por instrumentos que no era de precisión a un aeropuerto que no era muy conocido;
2. una pendiente pobremente iluminada, corta, ancha y con una pendiente pronunciada;
3. pavimento de pista y drenaje deficiente:
4. falta de información fiable sobre la performance del NDB:
5. falta de información fiable sobre las condiciones del viento:

6. horario de vuelo que permitía únicamente una interrupción de aterrizaje y nuevo circuito de 15 minutos:
7. una llegada demorada de dos horas, que ponía en peligro los requisitos de tiempo de trabajo de la tripulación:
8. una aeronave no equipada con inversores de empuje:
9. una tripulación de vuelo inadecuadamente entrenada, sin experiencia en el tipo de aeronave ni en relación al aeropuerto; y
10. servicios inadecuados para los casos de accidente, incendio y salvamento.

4.2.19 El modelo de Reason clasifica estas condiciones previas como fallas latentes, muchas de las cuales estaban latentes por algún tiempo antes de que el accidente se produjese y que eran consecuencia de acciones o falta de acción por parte de la gerencia de operaciones y de las personas que toman decisiones. Por ejemplo, poner juntos a dos pilotos que no tenían experiencia en el tipo de aeronave y permitir que el comandante efectuase un procedimiento de aproximación que no era de precisión a un aeropuerto con el que no estaba familiarizado es el resultado de decisiones peligrosas tomadas por la gerencia de operaciones. Asimismo, el no haber dado seguimiento a las discrepancias notificadas con el NDB y el no haber realizado inspecciones adecuadas del aeropuerto indican, o bien una falta de sensibilidad en cuanto a las implicaciones en materia de seguridad, o bien una tolerancia al peligro por las personas encargadas de tomar decisiones, la gerencia de operaciones y la autoridad normativa. La investigación constató que no se había informado a los pilotos sobre el uso de los gráficos de performance para las pistas contaminadas y que tampoco ellos habían practicado técnicas para el evitamiento del hidroplaneo. Estas discrepancias pueden atribuirse tanto a la falla de la gerencia superior como de operaciones en cuanto al suministro de una instrucción adecuada.

4.2.20 En la base de este suceso había otras "decisiones con fallas" tomadas tanto por los niveles superiores de gerencia de la compañía como por las autoridades normativas. La gerencia había decidido operar un servicio regular en un aeropuerto que tenia deficiencias conocidas en sus instalaciones (iluminación, ayuda para la aproximación pobres, servicios meteorológicos inadecuados). Más importante aún, decidieron operar sin el nivel necesario de servicios disponibles en el aeropuerto en materia de accidentes, incendio y salvamento. Además, la gerencia eligió este tipo de avión para esta ruta sobre la base de consideraciones de comercialización y costos, a pesar de ser inapropiado para las operaciones todo tiempo en Anytown. Para complicar el problema estaba también la decisión de la autoridad normativa de certificar el aeropuerto para operaciones de transporte aéreo regulares a pesar de sus importantes deficiencias en materia de seguridad.

4.2.21 En la Figura 4-3 las fallas activas y latentes identificadas en este accidente se describen utilizando el modelo de Reason. El modelo ilustra el carácter interactivo de las fallas y el modo como neutralizaron las defensas que uno podría imaginar que existen dentro de este medía ambiente organizado y operacional. También ilustra la importancia crítica de identificar las fallas latentes que se relacionan con la prevención de accidentes futuros.

En resumen, este enfoque de la investigación de factores humanos alienta al investigador a ir más allá de las acciones peligrosas de los operadores al frente de las operaciones y buscar los peligros que ya están presentes en el sistema y que podrían contribuir a sucesos futuros. Este enfoque tiene consecuencias directas en las actividades de prevención de los explotadores y de las personas encargadas de las normas, quienes deben identificar y eliminar o controlar las fallas latentes.

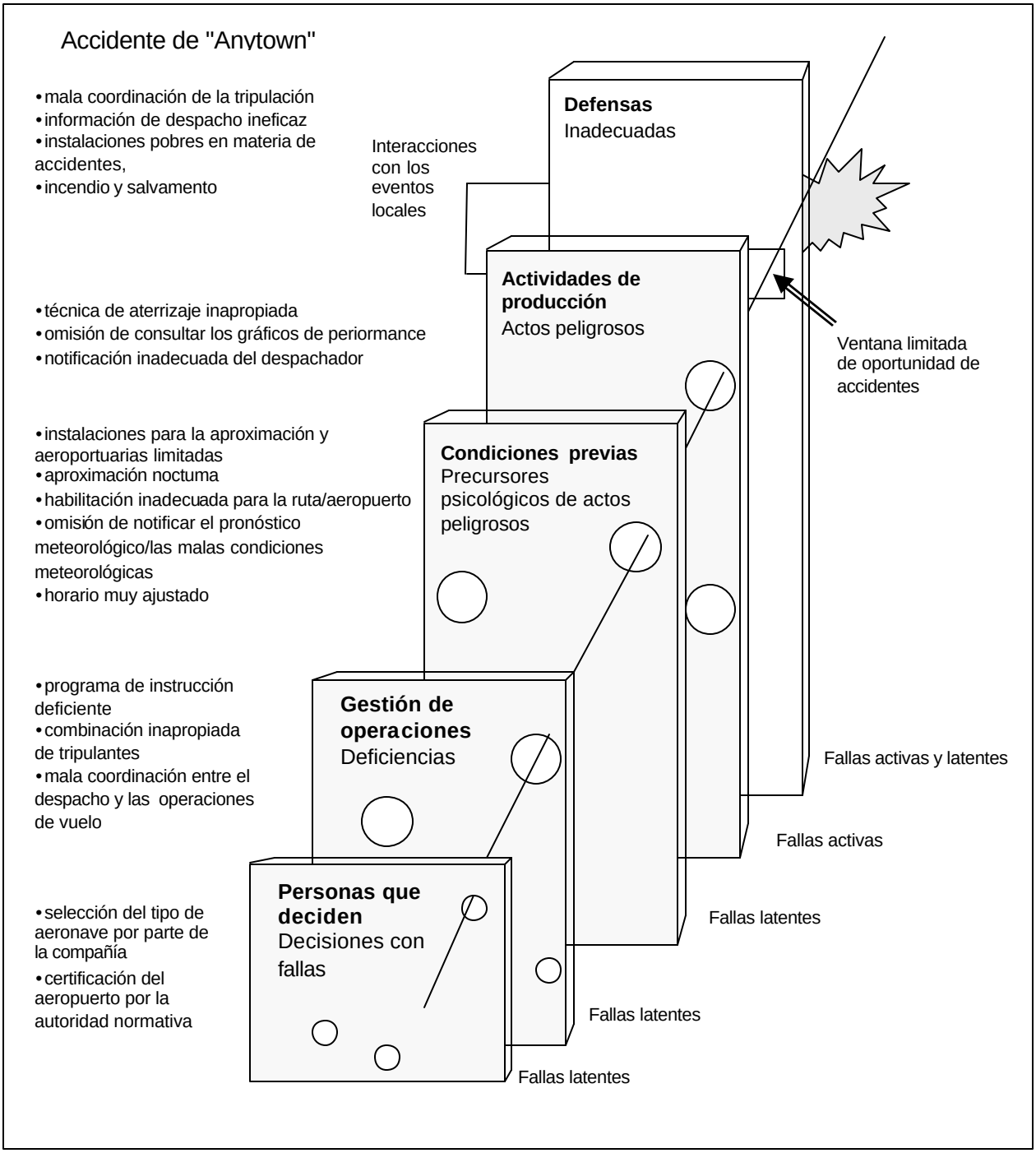


Figura 4-3. Modo en que el accidente de "Anytown" corresponde a la versión modificada del modo de James Reason de causas de accidentes

Investigación de incidentes

4.2.23 La mayoría de los incidentes como, por ejemplo, el de Anytown, tiene su origen en actos llevados a cabo por personas razonables, racionales que estaban actuando de manera de dar cumplimiento a una tarea asignada de un modo que ellos consideraban la manera responsable y profesional[2]. Estas personas y otras habían probablemente llevado a cabo los mismos actos peligrosos antes *sin* consecuencias negativas debido a que las condiciones existentes en el momento no favorecían la interacción de las decisiones

deficientes o de las deficiencias presentes en el sistema. En circunstancias diferentes, las consecuencias de la situación Anytown podía haber culminado en un incidente en vez de un accidente.

4.2.24 Muchos de los incidentes que ocurren todos los días podrían o no necesitar la notificación de la autoridad investigadora; algunos casi podrían ser accidentes. Debido a que no hay lesiones o los daños son pocos, estos incidentes podrían no ser investigados. No obstante, debe hacerse hincapié en la necesidad de una investigación, ya sea por parte de la autoridad investigadora, ya sea por la del explotador puesto que una investigación del incidente puede a menudo producir mejores resultados de prevención de accidentes que una investigación de accidentes.

4.2.25 En un incidente, las lesiones, daños y la responsabilidad son generalmente reducidos y hay menos publicidad con respecto al mismo. Como consecuencia de esto se dispone de más información y la atmósfera es menos negativa. Los investigadores especialistas de factores humanos tienen mejor oportunidad de determinar las cuestiones de performance humano subyacentes involucradas. Hay mayor probabilidad de determinar por qué sucedieron los incidentes y, asimismo, de qué manera las defensas existentes impidieron que se transformasen en accidentes.

4.2.26 El conocimiento de incidentes, ya sea que se investiguen a fondo o no, proporciona una importante compenetración en materia de prevención de accidentes. La realización de esto ha dada lugar al establecimiento de varios sistemas confidenciales de notificación de deficiencias en materia de seguridad y las evidencias que surgen de los mismos constituye una rica fuente de datos en materia de factores humanos en la aviación.

Conclusiones

4.2.27 Un accidente o un incidente no es únicamente resultado de una medida adoptada por una persona. La posibilidad de un accidente se desarrolla cuando las acciones humanas y las fallas latentes presentes dentro de una organización o del sistema de transporte aéreo interactúan de manera que quebrantan todas las defensas.

4.2.28 La finalidad de investigar los factores humanos es identificar qué decisiones dan lugar a que se quebranten las defensas y se produzcan los accidentes. Esto exige determinar las fallas latentes pertinentes presentes en todos los niveles de la organización (incluidos los niveles superiores de gerencia) y del sistema de aviación del cual forman parte. Ni que decir que es igualmente importante determinar el modo en que esas acciones peligrosas podían haber sido impedidas. No podemos impedir a los seres humanos cometer errores pero podemos reducir la frecuencia de los mismos y limitar sus consecuencias. Esta es la esencia de las actividades de prevención y subraya la importancia de la investigación y notificación de incidentes.

4.3 CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Generalidades

4.3.1 La investigación de los factores humanos forma parte integrante de la investigación de un accidente o incidente. La recopilación y análisis de la información relativa a los factores humanos debería ser exactamente tan metódica y completa como la recopilación y el análisis de la información relativa a la aeronave, a sus sistemas o a cualquiera de las demás áreas adicionales de investigación. La magnitud y alcance de la investigación de los factores humanos dependerá de las circunstancias del suceso: puede entrañar que haya un investigador que pueda también ser responsable de todos los demás aspectos de la investigación uno o más investigadores dedicados exclusivamente a la investigación relacionada con los factores humanos. Ya sea que la investigación es amplia o limitada, muchas de las pautas que figuran en

este capítulo se aplican a ambas situaciones. El éxito de la investigación relacionada con los factores humanos dependerá de la bondad de su integración y coordinación con los demás elementos de la investigación y exigirá una gestión efectiva y eficiente de los recursos disponibles a través de la aplicación de los principios básicos en materia de gestión. La investigación propiamente dicha debería verse como un proceso que exige investigadores debidamente formados y disciplinados que apliquen su pericia de un modo sistemático.

4.3.8 En esta sección se proporcionan las pautas a emplear para integrar la investigación de los factores humanos con el conjunto general de la investigación. Se referirá a la persona que debería conducir la investigación, un único investigador o un equipo, y esbozará la información que debería reunirse, donde encontrarla y como analizarla.

¿Quién debería efectuar
la investigación''

4.3.3 En la mayoría de los accidentes e incidentes son investigadores con formación de generalistas los que efectúan la investigación. Durante años estos generalistas han estado investigando aspectos altamente técnicos y complejos de los sucesos, lo cual incluye los aspectos relativas a los factores humanos. Según las necesidades. Se consulta a especialistas para proporcionar ayuda y orientación concretas pero en general la recopilación y el análisis de los datos los llevan a cabo investigadores generalistas. La OACI no ve ninguna razón de que este principio no deba continuar aplicándose a la investigación de los factores humanos en los sucesos aeronáuticos.

4.3.4 En vista de la presente complejidad de la aviación, los investigadores deben tener conocimientos y pericia en la aplicación de los principios de factores humanos y técnicas sólidas en materia de recopilación y análisis de datos. No tienen por qué ser físicos, psicólogos, sociólogos o ergonomistas, las calificaciones indispensables de un buen investigador de factores humanos son las de todo buen investigador. Como se describe en el *Manual de investigación de accidentes de aviación* de la OACI (Doc 6920), los investigadores deben tener buenos conocimientos prácticos de aviación y de los factores que intervienen en las operaciones en general. Este conocimiento debe estar complementado por la pericia técnica, un carácter inquisitivo, la perseverancia. la diligencia, la paciencia, la modestia, la integridad y la lógica. La medida del buen investigador de factores humanos no se basa en sus calificaciones profesionales en las ciencias del comportamiento sino más bien en su capacidad de determinar, con la ayuda de especialistas, de ser necesario, qué información es pertinente, hacer las preguntas que correspondan , escuchar las respuestas y analizar la información reunida de una manera lógica y práctica.

4.3.5 A fin de preparar adecuadamente a los investigadores generalistas a investigar los factores humanos es indispensable que reciban el adiestramiento apropiado. Dicho adiestramiento debería incluir orientación sobre el carácter interdisciplinario de estos tipos de investigación, las áreas fundamentales a examinar. Los datos que deberían recopilarse, las fuentes de los datos, los métodos de recopilación de datos incluidas las técnicas en materia de entrevistas las técnicas de análisis. El adiestramiento debería también incluir orientación general sobre el tipo de especialistas que puedan ofrecer colaboración, dónde se les puede ubicar y cuándo seria apropiado hacer uso de sus servicios. Con este nivel de adiestramiento, un investigador experimentado de accidentes debería llevar a cabo todas las investigaciones relacionadas con los factores humanos salvo los aspectos mas especializados de los mismos.
El investigador único

4.3.6 El investigador único asignado para la investigación de un accidente o incidente tiene que afrontar el desafío del establecimiento de prioridades y de la gestión del tiempo disponible para cubrir de manera eficaz todas las áreas de la investigación, incluidos los factores humanos.

4.3.7 Como en toda investigación. es importante que el investigador tome medidas inmediatas para proteger las pruebas en el lugar del suceso y en todo otro lugar. El investigador único dependerá probablemente en sumo grado de las demás autoridades como, por ejemplo, la policía o los funcionarios del aeropuerto. Una buena planificación previa de las medidas es necesario: el *Manual de investigación de accidentes de aviación* proporciona orientación detallada en esta materia. Una vez que se hayan dada los pasos iniciales, el investigador podrá comenzar a organizar la investigación con una esperanza razonable de que podrá disponerse, para el examen y el análisis, de informaciones que puedan ser importantes para el resultado, incluidos los aspectos de factores humanos. Al principio debe asignarse una elevada prioridad a la recopilación de la información o de las pruebas que podrían desaparecer o ser objeto de olvido. o de alteración, o de las que no se pueda disponer ya muy pronto después del accidente.

4.3.8 El investigador único tendrá también necesidad de planificar y establecer prioridades para el resto de las tareas. Es de especial importancia para el investigador único la determinación periódica de la marcha a fin de utilizar eficazmente el tiempo y los recursos que son valiosos.

El investigador de los factores humanos

4.3.9 Cuando se asigna un investigador del equipo a la conducción de la parte de la investigación relacionada con los factores humanos, la organización de la tarea es menos compleja pero se aplican los mismos principios básicos. Debe existir una estrecha cooperación e interacción con los demos miembros del equipo investigador dada que una gran parte de la información de los datos pertinentes a la investigación de los aspectos relacionados con los factores humanos serán recopilados en realidad por investigadores que trabajan en las demás áreas.

El grupo encargado de los factores humanos

4.3.10 Según las circunstancias del accidente puede ser conveniente establecer un grupo encargado de los factores humanos bajo la dirección del investigador en jefe. Normalmente esta clase de grupos se crea como parte de un gran equipo investigador debido a la complejidad v envergadura del accidente aéreo. Aun cuando cualquier investigador del equipo puede desempeñar algún papel en la investigación de los factores humanos, el grupo encargado de los factores humanos es el responsable de la coordinación de la investigación de los elementos de comportamiento humano asegurándose de que se recopilen datos apropiados y suficientes y se sinteticen los resultados de una manera significativa.

4.8.11 La composición del grupo encargado de los factores humanos se regirá por el carácter del suceso. Debido a que las personas cuyo desempeño se están examinando son habitualmente pilotos, controladores de tránsito aéreo, mecánicos de mantenimiento, despachadores y gerentes de operaciones, las personas con calificaciones similares son las apropiadas para participar en el examen. A medida que avanza la investigación puede ser aconsejable modificar la composición del grupo encargado de los factores humanos o combinar los grupos de manera de proporcionar suficiente pericia en las áreas pertinentes que se están examinando.

4.3.12 La información recopilada por los demás miembros del equipo investigador (como. por ejemplo, operaciones, control de tránsito aéreo, estructuras, sistemas, grupos motopropulsores, registradores de vuelo, performance de la aeronave, etc.) es igualmente necesaria para reconstruir la sucesión de eventos antes de que se puedan examinar a fondo los actos y la performance de los operadores de primera línea involucrados. El grupo de factores humanos debe poder basarse en la colaboración y competencia de estos otros grupos.

¿Cual es la información que debería recopilarse?

4.3.13 En general, los datos que deben recopilarse se pueden categorizar en dos áreas amplias: información que permitirá a los investigadores establecer una cronología detallada de cada evento de importancia que se sepa que haya ocurrido antes y, si corresponde, después del suceso (esta cronología debe hacer especial hincapié en los actos de comportamiento y el efecto que pueden haber tenido sobre la sucesión de eventos del accidente y la información que permitirá a los investigadores formular deducciones razonables acerca de los factores que pueden haber influido o motivado un comportamiento determinado que produjo el accidente. El término del modelo Reason, esta es la información que describe las' condiciones previas" en las cuales estaban trabajando los operadores de primera línea.

4.3.14 Además, puede necesitarse otra información para fines estadísticos u otros fines especiales, los investigadores deben seguir las directrices nacionales así como las de la OACI véase el *Manual de notificación de accidentes incidentes*, Doc 9156 de la OACI) a fin de satisfacer tales requisitos.

4.3.15 Los investigadores deben recopilar información que abarque las decisiones, actos y comportamiento de todas las personas relacionadas con el suceso, no solamente los operadores de primera línea. Los investigadores deben identificar igualmente las condiciones en las que dichas decisiones, actos y comportamiento tuvieran lugar. Las condiciones incluirán la estructura orgánica de los criterios, procedimientos y métodos según los cuales se llevaron a cabo las actividades. Es mediante un enfoque de este tipo que podrá adquirirse una plena comprensión de la manera en que se creó una ventana de oportunidad para el accidente o el incidente.

El modelo SHEL

4.3.16 Además del modelo de Reason, el modelo conceptual SHEL facilitará la tarea de recopilar datos proporcionando un enfoque sistemático para la identificación de los problemas (véase la Figura 4-4 para una descripción completa del modelo SHEL). El componente central humano no actúa por si mismo; tiene una interacción directa con cada uno de los demás, los bordes de este bloque humano no son simples ni rectos de manera que los demás deben encajar cuidadosamente con ellos si se ha de evitar la tensión y un eventual quebrantamiento (un accidente). La investigación de los factores humanos debe identificar dónde hubo discrepancias entre los componentes y su contribución al suceso y, de esta manera, los datos recopilados durante la investigación deberían permitir un examen y un análisis a fondo de cada uno de los componentes SHEL.

4.3.17 La siguiente descripción de los componentes e interfaces ayudara a los investigadores a recopilar datos a fin de lograr una investigación a fondo de los factores humanos. Donde corresponde se incluyen los datos del escenario Anytown.

Elemento humano—el individuo

4.3.18 El componente de elemento humano el individuo, es el elemento central del modelo SHEL. Los datos que deberían recopilarse para tratar de este componente central pueden clasificarse en cuatro categorías: físicos, fisiológicos. psicológicos y psicosociales.

Los **factores físicos** comprenden las capacidades y limitaciones físicas del individuo. Esto incluye los atributos (físicos básicos) antropométricos del individuo, el estado físico, la fuerza física, las capacidades motrices y visuales, auditivas y de los demás sentidos.

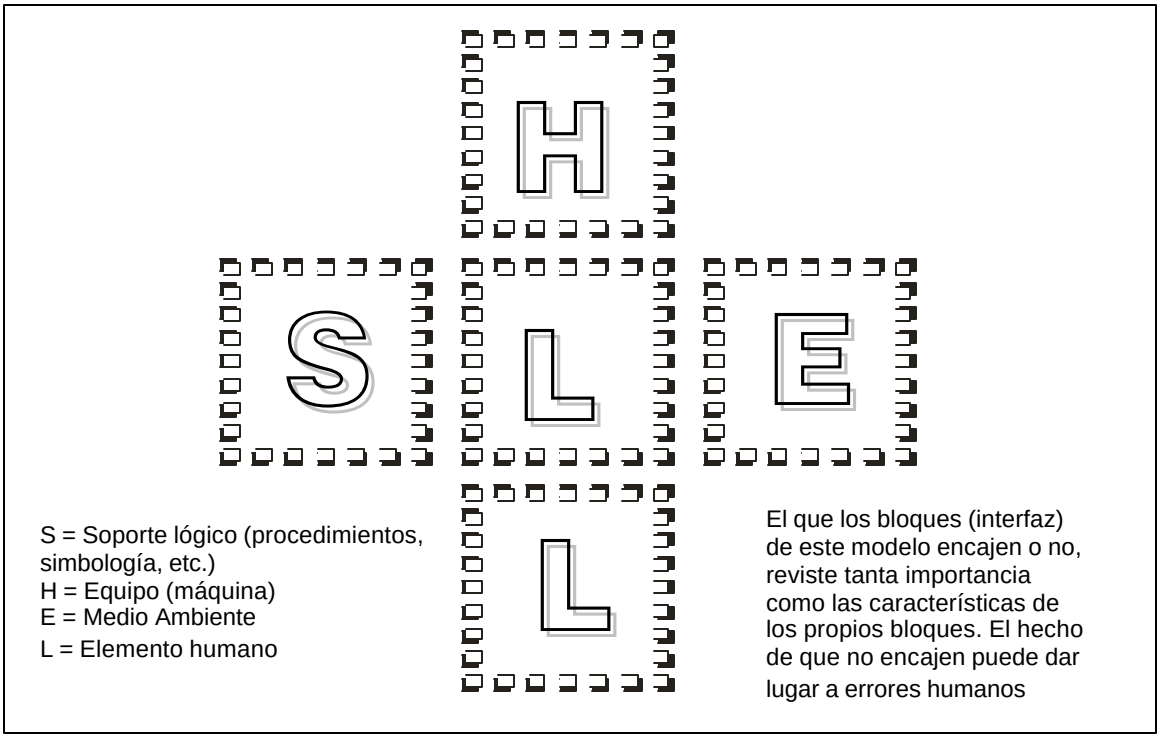


Figura 4-4. Modelo SHEL (adaptado de Hawkins, 1975)

Tarea—Determinar:

- ¿Será el individuo físic amente capaz de llevar a cabo la tarea requerida?
- ¿qué impedimentos o limitaciones físicas había para un desempeño satisfactorio? Y
- ¿como dichas limitaciones físicas o sensoriales causaron dificultades o ilusiones que afectaron a la tarea?

Anytown: La investigación no reveló ninguna evidencia de factores físicos que hubieran desempeñado un papel en el deterioro del desempeño del comandante, primer oficial, o ningún otro operador.

Los **factores fisiológicos** tratan del individuo como un organismo complejo que abarca una gama enorme del sistema. Esto incluye la salud general de la persona, así como la nutrición, las enfermedades, el uso de tabaco, alcohol o drogas, la tensión y niveles de fatiga y consideraciones generales del modo de vida.

Tarea—Determinar:

- ¿Será el individuo fisiológicamente apto para desempeñar la tarea requerida?
- ¿de qué manera la aptitud fisiológica influyó en el desempeño y juicio del individuo?
- ¿como afectó a los actos, comportamiento y juicio la capacidad del individuo de soportar la tensión, la fatiga o la enfermedad? Y
- ¿estaba el individuo afectado por algún tipo de privación fisiológica?

Anytown: Salvo la sugerencia de que la fatiga y la tensión serían factores a considerar, la investigación no reveló ninguna evidencia de otros factores fisiológicos que pudieran haber afectado adversamente al desempeño de la tripulación o de los demás operadores

Los **factores psicológicos** determinan los aspectos que los individuos aportan consigo a las situaciones laborales como resultado de su conocimiento y experiencia adquiridos y de su capacidades mentales. Esto incluye la instrucción, los conocimientos, la experiencia y la planificación; las percepciones, el tratamiento de la información, el grado de atención y la cargo de trabajo; la personalidad, el estado mental y emocional las actitudes y el humor.

Tarea— En lo que atañe a la instrucción, los conocimientos, la experiencia y la planificación. determinar:

- ¿erán la instrucción, los conocimientos y la experiencia del individuo suficientes, pertinentes y aplicables a la situación?

- ¿de que manera el carácter y la vigencia de la experiencia, instrucción o conocimientos influyeron en la seguridad del individuo, su capacidad de llevar a cabo los actos o el nivel de carga de trabajo percibido?

Tarea— En lo que atañe a las percepciones. el tratamiento de la información, el grado de atención y la cargo de trabajo, determinar:

- ¿había una percepción o representación mental inexacta de la tarea a desempeñar?

- ¿sufría el individuo de algún error de percepción. demora de las percepciones o ilusiones causadas va sea por el sistema visual o vestibular o por las circunstancias circundantes del vuelo?

- ¿excedió a las limitaciones propias del individuo el nivel de atención necesario o la cantidad de información a ser utilizada?

- ¿causó la capacidad del individuo de enfrentar los hechos preconceptos en su juicio y cambió el nivel percibido de carga de trabajo?

Tarea— En lo referente a la personalidad, estado mental y emocional, actitudes y humor, determinar:

- ¿estaba el individuo psicológicamente apto para la tarea?

- ¿qué indican los hechos respecto a las actitudes del individuo en materia de trabajo, en cuanto a los demás y a si mismo?

- ¿de que manera estas actitudes influyeron en la motivación, la calidad de trabajo y el juicio?

- ¿de que manera la personalidad y el estado mental influyeron en el enfoque de la situación por parte del individuo?

- ¿de qué manera la capacidad del individuo de soportar la tensión y responder a situaciones de emergencia influyó en la cadena de acontecimientos?

Anytown: La evidencia sugiere que deberían examinarse diversos aspectos más estrechamente. Dichos aspectos cubren la instrucción y los conocimientos, las percepciones, el tratamiento de la información, la

carga de trabajo y tal vez la actitud. Si bien se indicó inicialmente que el comandante era una persona bien equilibrada sin extremos de comportamiento en lo personal o profesional, sería conveniente reunir mayor información en lo relativo a su capacidad para asumir la responsabilidad de nivel superior de comandante. El hecho de que no hubiese todavía volado con otros primeros oficiales constituía no obstante una indicación de su desempeño como un comandante difícil. El examen de alguno de estos factores psicológicos se aplicaría igualmente al primer oficial, al despachador y al agente en Anytown.

Los **factores psicosociales** tratan de las presiones que debe soportar un individuo en el sistema social (medio ambiente ajeno al trabajo). Esto influye los hechos y las tensiones (por ejemplo, un fallecimiento en la familia o problemas financieros) así como las relaciones con otras personas familiares, amigos y compañeros).

Tarea— Determinar

- ¿motivaron los factores psicosociales o influyeron el enfoque del individuo a una situación o a la capacidad de soportar la tensión o enfrentar hechos imprevistos'? ¿atribuyeron al grado de fatiga experimentado?

Anytown: La investigación no reveló evidencia de que los factores psicosociales hayan tenido un efecto negativo sobre las acciones de la tripulación de vuelo. No obstante, el agente de la compañía en Anytown había estado lejos de su familia por un período prolongado, situación que había disminuido su motivación.

- Interfaz elemento humano-elemento humano

4.3.19 La interfaz elemento humano-elemento humano es la relación entre el individuo y otras personas en el lugar de trabajo. Las relaciones entre el personal y la gerencia caen también dentro del alcance de esta interfaz dado que el clima de la empresa y las presiones de trabajo de la compañía pueden afectar de modo importante el desempeño humano. Los requisitos en materia de datos abarcan temas tales como las interacciones humanas, la comunicación (verbal y no verbal) y las indicaciones visuales.

Tarea— Determinar:

- ¿influyeron la interacción o las comunicaciones con las demás personas en el medio del trabajo en el desempeño de los individuos, en sus actitudes, en su nivel de tensión. en sus demandas de tareas y niveles de trabajo percibidos?

- ¿influyó la comunicación verbal y no verbal, o su falta, en la sucesión de actos des manera inapropiada o irreversible?

- ¿las indicaciones visuales reemplazaron, apoyaron o contradijeron la información verbal?

- ¿cómo evaluaría usted las interacciones compatibilidad de la tripulación en termino de personalidad, nivel de experiencia y hábitos de trabajo?

- ¿como trabajaban los miembros del equipo, juntos ó no ¿como hacían uso de sus recursos?

- ¿afectaron la política de la gerencia en materia de cuestiones personal es a las condiciones de trabajo, a la experiencia y al nivel de conocimiento de los empleados?

- ¿existían políticas y normas, se disponía de las mismas, estaban vigentes y aplicadas adecuadamente, aceptadas, observadas o supervisadas?

- ¿de qué manera la proporción supervisor empleado influyó en la operación?

- ¿cuál era la influencia del sindicato sobre los criterios, los trabajadores y la gerencia

- ¿que tipo de medio operacional fomentaba la gerencia y de qué manera afectó la capacidad de tomar decisiones de los empleados y sus opciones en cuanto a medidas?

Anytown: Existe amplia evidencia de que deberían explorarse las interfaces elemento humano-elemento humano, comenzando con las existentes entre la tripulación de vuelo, el comandante y el despachador, y entre el despachador y el agente de la compañía en Anytown. Otras interrelaciones a examinar incluyen el personal en el departamento de instrucción, los pilotos de prueba de la compañía y la gerencia intermedia en los departamentos de instrucción y operaciones Interfaz elemento humano-equipo

4.3.20 La interfaz elemento humano-equipo representa la relación entre el ser humano y la máquina. Los requisitos en materia de datos se extienden a temas como el puesto de pilotaje y la configuración del puesto de trabajo, el diseño de las pantallas y de los mandos y el diseño de la configuración de los asientos.

Tarea -Determinar:

- ¿de qué manera las interacciones entre el individuo y el equipo influyeron en las posibilidades de tratamiento de la información?

- ¿de qué manera el diseño o la disposición influyó en el tiempo de reacción, en la secuencia de las decisiones, en las costumbres, la carga de trabajo o la orientación?

Anytown: Existen ciertas características físicas de la aeronave que podrían haber constituido factores que contribuyeron al accidente. La activación de su sistema de frenado de alternativa exige movimientos anormales del cuerpo. El desplegamiento de los espoliadores de tierra exige la utilización de manijas en las palancas de empuje que son similares a las manijas de los inversores de empuje. Además se sabe que debido a sus neumáticos de menor presión, esta aeronave tiene mayor tendencia a hidroplanear que los demás tipos en los que el comandante tenía más experiencia.

Interfaz elemento humano-soporte lógico

4.3.21 La interfaz elemento humano-soporte lógico refleja la relación entre el individuo y los sistemas de apoyo que existen en el lugar de trabajo. Los requisitos en materia de datos se extienden a cuestiones como los reglamentos, manuales, listas de verificación, publicaciones, procedimientos de operación normalizados y el diseño del soporte lógico de las computadoras.

Tarea -Determinar:

- ¿se disponía con facilidad de manuales, listas de verificación, mapas o de todo otro documento impreso? ¿eran adecuados? ¿se utilizaron?

- ¿el formato, contenido y vocabulario utilizados eran uniformes en todos los documentos? ¿eran éstos fáciles de entender y utilizar, eran lógicos y apropiados?

- ¿de qué manera la información escrita o computado- rizada indujo a errores, influyó en el tiempo de reacción o provocó confusión?

- ¿de qué manera las pantallas de computadoras y la compatibilidad de los teclados causaron confusión, influyeron en el tiempo de reacción u ocultaron errores evidentes?

- ¿de qué manera la auto matización afectó a las decisiones y carga de trabajo del individuo, a sus condiciones de trabajo, a sus actitudes en cuanto al trabajo y a la representación mental de la tarea?

Anytown: La evidencia señala varios problemas potenciales en cuanto a si eran adecuados los textos de instrucción. los datos de referencia rápida pertinentes a la performance de aterrizaje de la aeronave en pistas contaminadas. la información sobre instrucción. los manuales y las listas de verificación para los despachadores y agentes. etc.

Interfaz elemento humano-medio ambiente

4.3.22 La interfaz elemento humano-medio ambiente es la relación entre el individuo y el medio ambiente interno y externo. El medio ambiente interno es el del área de trabajo inmediata, lo cual incluye la temperatura, la luz ambiente, el ruido y la calidad del aire. El medio ambiente externo incluye tanto el medio ambiente físico fuera del área de trabajo inmediata así como las limitaciones generales, políticas y económicas dentro de las cuales funciona el sistema aeronáutico. Los requisitos de datos comprenden las condiciones meteorológicas, el terreno y las instalaciones físicas, la infraestructura y la situación económica.

Tarea -Determinar:

- ¿existían factores ambientales que pudieron haber inducido al individuo a hacer algunas simplificaciones o tomar decisiones según preconceptos o que pudieron haber creado ilusiones al afectar las percepciones vestibulares, visuales o auditivas?

- ¿hubo alguna indicación de que las condiciones meteorológicas o el despacho, el hangar, la puerta o la infraestructura del aeródromo causaron demoras dando lugar a simplificaciones, márgenes reducidos de seguridad o limitaciones en la opción de decisiones del individuo?

- ¿hubo presiones económicas o normativas que influyeron en la imparcialidad al tomar decisiones?

Anytown: Hay evidencia de que el medio ambiente externo en el que estaba funcionando la tripulación de vuelo pudo haber contribuido a ilusiones visuales durante la aproximación por instrumentos. Las condiciones meteorológicas desempeñaron un papel en la decisión del comandante de demorar el vuelo y deterioraron la eficacia de frenado del avión. Asimismo, la disposición y condiciones de la pista eran conducentes a que hubiera agua estancada. Había problemas con el despacho y había probablemente una presión inducida sobre el comandante de aterrizar en el aeropuerto en la primera aproximación debido a que había demorado el horario del vuelo de manera considerable. Este último factor debería también tenerse en cuenta en relación con los factores fisiológicos (tensión potencial).

¿Cuánta información hace falta?

Al realizar la investigación de los factores humanos, frecuentemente se plantea la pregunta '¿ cuantos datos hacen falta?". ¿Cuantos compañeros, parientes y supervisores de piloto debería entrevistarse? ¿Cuan lejos debería irse atrás en el tiempo en cuanto a las actividades personales a investigar? ¿En qué grado deberían examinarse las relaciones interpersonales incluidas las conyugales)? ¿En qué punto deja el comportamiento pasado de influir en el comportamiento presente? ¿Hasta qué nivel jerárquico ascendiente en la gerencia debería avanzar la investigación?

4.3 24 Al tratar de las cuestiones de factores humanos es a menudo confusa la línea divisoria entre lo que es pertinente y lo que no lo es. Los datos que inicialmente pueden parecer no estar relacionados con el suceso, podrían en realidad ser sumamente pertinentes después de haberse establecidos las relaciones entre determinados eventos o elementos. Obviamente es necesario buen juicio para determinar la pertinencia de la información obtenida durante la investigación.

4.3.25 Se ha dicho a menudo que cuando están investigando, los investigadores de accidentes reúnen únicamente los hechos que no proceden a su análisis antes de haber establecido todos los hechos, condiciones y circunstancias del accidente. Si bien esto parece ser un enfoque objetivo para la investigación, en verdad no es realista. En realidad, nada tiene un efecto tan negativo para la fase de la investigación en el terreno que la pretensión de que todos los hechos pertinentes pueden descubrirse sin un proceso selectivo, analítico." Aun cuando no se ha adoptado una metodología normalizada, los investigadores han reconocido la necesidad de alguna forma de proceso continuo de razonamientos.

4.3.26 G. Bruggink describe el proceso de razonamiento analítico como una formulación de teorías para llegar, mediante el razonamiento, a posibles explicaciones de los hechos conocidos o sospechados que se relacionan con el accidente". Bruggink considera que el proceso de razonamiento forma la base para desarrollar e integrar vías de investigación prometedoras y sugiere que el nivel de confianza que se asigne a estas explicaciones dependerá del peso de las evidencias disponibles.

4.3.27 Obviamente existe un limite a cuan lejos puede o debería extenderse la investigación de los factores humanos. Extenderse en estos aspectos de la investigación en interés de la investigación académica no es una finalidad de la investigación y puede ser contraproducente. Los investigadores deberían también recordar que no es necesario que los hechos, análisis o conclusiones de los investigadores sean tales que puedan servir de prueba en un tribunal, ya que ésta es la finalidad de la investigación judicial y no de la prevención de accidentes. Los recursos de investigación disponibles deben también tenerse en cuenta al determinar la profundidad y el detalle de la información a recopilar. las limitaciones en materia de recursos pueden significar que los esfuerzos de investigación pueden concentrarse únicamente en las personas principales y que se pueden reunir algunos pocos datos mas respecto a las personas que tuvieron una actuación menos central en el suceso.

4.3.28 Por último al determinar la profundidad y el detalle de la información a recopilar no debe olvidarse la finalidad de la investigación de los factores humanos. Esta tarea consiste en explicar la manera en que la secuencia de eventos causantes tuvo comienzo y por qué no se interrumpió antes del accidente. POR QUÉ SUCEDIÓ, y no de quien es la culpa. Si los datos no ayudan a explicar estas preguntas, entonces no son pertinentes.

Utilización de listas de verificación

4.3.29 las listas de verificación no son protocolos estrictos para una conducción rígida paso por paso de la investigación de los factores humanos sino que en cambio constituyen ayudas útiles para organizar y llevar a cabo la investigación de dichos factores. Pueden ayudar a verificar la minuciosidad de la

investigación de las cuestiones pertinentes sobre factores humanos y ayuda al investigador a organizar y establecer prioridades en la reunión de pruebas. No obstante, dado que la mayoría de los sucesos son por su carácter únicos y diferentes, los investigadores deben ser flexibles en la utilización de listas de verificación.

4.3.30 Diferentes organismos investigadores han preparado varias listas de verificación. En el Apéndice I se proporcionan tres ejemplos: el primer ejemplo fue ideado para ayudar a los investigadores a concentrarse en la investigación y el análisis de las áreas más pertinentes; el segundo ejemplo proporciona un desglose más detallado de la información a recopilar, basándose en el modelo SHEL; el tercer ejemplo fue ideado para ayudar a los investigadores a desarrollar el entendimiento de las cuestiones relativas a la selección, instrucción y experiencia del personal pertinentes al suceso que se está investigando.

Fuentes de información

Se puede obtener información pertinente a un suceso de aviación a partir de diversas fuentes. las fuentes principales que se relacionan completamente con los factores humanos incluyen las pruebas que proporciona el equipo, la documentación escrita, las grabaciones audio y del registrador del vuelo y las entrevistas, la observación directa de las actividades del personal de aviación * las simulaciones. las fuentes secundarias incluyen la base de datos de sucesos de aviación, la literatura de referencia y los profesionales y especialistas en factores humanos.

Fuentes primarias

4.3.32 las pruebas que proporciona el equipo se relacionan muy a menudo con la aeronave pero pueden entrañar igualmente los puestos de trabajo y el equipo utilizados por el personal aeronáutico (por ejemplo, los controladores de tránsito aéreo, el personal de mantenimiento y servicio de las aeronaves). las fuentes concretes incluyen los restos de la aeronave, aeronaves de configuración similar, los datos de los fabricantes, los registros de la compañía, el equipo de mantenimiento y servicio, las instalaciones y el equipo de control de tránsito aéreo, etc.

4.3.33 La documentación escrita cubre el espectro completo de interfaces SHEL. las fuentes concretes incluyen: los registros personales; los certificados y licencias; los registros de personal e instrucción de la compañía; los manuales de vuelo de las aeronaves; los manuales de la compañía y los procedimientos de operación normalizados; los manuales y programas de instrucción; los horarios de instrucción y operacionales de la compañía; los registros de las autoridades normativas; los pronósticos, los registros y los textos de información meteorológicos; los documentos relacionados con los planes de vuelo; los registros médicos; los exámenes médicos y los exámenes post-mortem (véase el *Manual de medicina aeronáutica civil* de la OACI, Doc 8984).

4.3.34 los registros de datos de vuelo y las grabaciones de radar del ATC constituyen fuentes valiosas de información para determinar la secuencia de eventos y examinar las interfaces elemento humano-elemento humano y elemento humano-equipo. En las línea aéreas que utilizan programas de supervisión de los registradores de vuelo, puede haber una enorme cantidad de información sobre los procedimientos normales de operación de los tripulantes. Además de los registros de datos de vuelo tradicionales, las aeronaves de la nueva generación tienen registradores de mantenimiento y algunos componentes electrónicos con memorias no volátiles que constituyen fuentes potenciales de información pertinente. los registros audio (ATC y CVR) son fuentes valiosas de información en lo que atañe a las interfaces elemento humano-elemento humano y elemento humano-equipo. Además de conservar las comunicaciones del personal, los registros audio pueden proporcionar pruebas sobre el estado mental de los individuos y la tensión o fatiga posible. Es indispensable, por lo tanto, que las personas familiarizadas

con la tripulación escuchen los registros para confirmar la identidad de la persona que habla (si no se usan micrófonos especiales) así como para indicar toda anormalidad en el modo o el estilo del habla.

4.3.35 También son importantes las entrevistas llevadas a cabo con las personas involucradas directa e indirectamente en el suceso. Ejemplos de personas que podría ser necesario entrevistar:

- sobrevivientes (tripulación de vuelo y de cabina o pasajeros), familiares, vecinos, amigos, colegas, controladores de tránsito aéreo, testigos:

- personal de tierra, despachadores, personal de información meteorológica, mecánicos de mantenimiento de las aeronaves, personal encargado de manipular el equipaje, personal encargado de desengelar las aeronaves;

- propietario de la empresa, jefe de las operaciones de vuelo, piloto en jefe, instructor en jefe, piloto de prueba, supervisor, empleadores anteriores, comandante instructores;

- jefe de mantenimiento, mecánicos de mantenimiento, especialistas técnicos, autoridades normativas;

- médico de la familia o médico personal, psicólogo, examinador aeromédico.

Los conocimientos que se desprendan de estas entrevistas pueden utilizarse para confirmar, aclarar o complementar los datos de otras fuentes. A falta de datos que se puedan medir, las entrevistas constituyen la única fuente de información. Los investigadores deben tener pericia por lo tanto en las técnicas relativas a las entrevistas. En el Apéndice 2 de este compendio figuran directrices en materia de dichas técnicas.

4.3.36 La observación directa de las acciones llevadas a cabo por el personal de aviación en un medía ambiente real puede revelar importantes informaciones sobre los factores humanos. Se pueden hacer observaciones de las actividades de las operaciones de vuelo. de las de instrucción de vuelo, de las de mantenimiento y de las de control de tránsito aéreo.

4.3.37 Las simulaciones permiten la reconstrucción del suceso y pueden facilitar una mejor comprensión de la secuencia de eventos que dieron lugar al mismo y del contexto dentro del cual el personal percibió los eventos. Se pueden utilizar simulaciones por computadora para reconstituir los eventos mediante los datos de los registradores de vuelo, las cintas magnetofónicas del control de tránsito aéreo y otras evidencias físicas. A menudo una sesión en un simulador de vuelo de aeronave o la reconstrucción de un vuelo en una aeronave similar pueden ofrecer datos valiosos.

Fuentes secundarias

4.3.38 No toda la información sobre los hechos en materia de factores humanos se reúne en el terreno. Después de la fase de terreno de la investigación puede reunirse información adicional sobre los factores humanos facilitando el análisis de la información sobre los hechos recogida en el terreno. Estos datos empíricos provienen de diferentes fuentes.

4.3.39 La base de datos de seguridad de la aviación que contienen dados sobre accidentes/incidentes o sistemas de notificación confidenciales y las bases de datos que mantienen algunos fabricantes de aeronaves constituyen fuentes útiles de información relacionados directamente con el medio operacional aeronáutico. Son ejemplo de esto: ADREP (OACI), SIE/IATA, SECURITAS (Canadá), ASRS (Estados Unidos), CAL (Australia), CHIPRE (Reino Unido).

4.3.40 Los investigadores deberían utilizar la información de la base de datos con prudencia no obstante asegurándose de conocer su fuente y a quién esta destinada así como sus limitaciones. Deberían estar familiarizados con el vocabulario utilizado en determinada base de datos dada que ningún conjunto único de palabras clave es común a todas las bases de datos. los criterios de codificación y entrada de datos difieren entre las diversas bases de datos lo cual puede afectar al significado de los datos obtenidos. Véase el Apéndice 4 de este capítulo para un análisis mas detallado sobre la base de datos y su aplicación a la investigación de los factores humanos.

4.3.41 Las referencias básicas psicológicas y sociológicas pueden constituir buenas fuentes de información respecto al desempeño humano en general pero rara vez tratan del comportamiento humano en condiciones comparables al medía operacional aeronáutico. En años recientes, los profesionales en la esfera de bs factores humanos han proporcionado algún material valioso que trata de las cuestiones operacionales de la aviación y al final de este manual se presenta una lista de varios documentos de referencia pertinentes. Algunos organismos de investigación aeronáutica proporcionarán, a pedido, servicios de bibliografía sobre determinados temas. En la Parte I, Capítulo I de este manual pueden encontrarse referencias adicionales.

4.3.42 En todo momento de la investigación, los investigadores deben estar dispuestos a consultar a profesionales que no pertenezcan a su esfera de competencia. Dichos profesionales incluyen, pero no se limitan a:

- especialistas médicos—para analizar el impacto de toda condición médica constatada en la tripulación de vuelo u otro personal pertinente;

- psicólogos—para ayudar a analizar el impacto de los factores ambientales operacionales y de situación sobre la motivación y el comportamiento;

- sociólogos—para ayudar a evaluar los factores que afectan a las interacciones y al desempeño;
- investigadores y profesionales del estudio del sueño— para evaluar la calidad de descanso de que dispone el individuo y el impacto sobre el desempeño de determinado ciclo de trabajo-descanso o de los factores circadianos; y

- ergonomistas — para evaluar el efecto del diseño y disposición sobre el usuario.

Análisis de los datos

4.3.43 Habiendo completado la tarea de reunir la información sobre factores humanos perteneciente a un suceso, el investigador debe enfrentar el desafío de analizar los datos. Para la mayor parte, los investigadores han tenido bastante éxito en analizar los datos medibles que se relacionan a los factores humanos—por ejemplo, la fuerza requerida para mover una palanca de control, la iluminación necesaria para leer una presentación visual, los requisitos en materia de temperatura y presión, etc. Lamentablemente muchos de los factores humanos más críticos no se prestan a una simple medida y por lo tanto no son totalmente previsibles. Por consiguiente, muchas informaciones sobre los factores humanos no permiten al investigador llegar a conclusiones indiscutibles.

4.3.44 La lógica necesaria para analizar fenómenos menos tangibles difiere necesariamente de la exigida en otras esferas de la investigación. Se ha sostenido que, tradicionalmente, los investigadores se sienten cómodos utilizando argumentos deductivos que proporcionan prueba evidente de la verdad, debido a que sus conclusiones son evidentes por si mismas;. Cuando la validez de las conclusiones no puede verificarse de manera concluyente, y deben hacer uso en cambio del análisis basado en probabilidades y

posibilidades, los investigadores se hacen prudentes y reticentes. La prudencia puede ser loable pero los investigadores deben adoptar estrategias para superar su reticencia.

4.3.45 Varios otros problemas identificados que los investigadores deben considerar al anal izar la información de factores humanos son:

- cómo establecer la pertinencia de cierto comportamiento o decisiones consideradas anormales o no corresponden a las normalizadas;

- cómo ponderar las consideraciones relativas a sensibilidad e intimidad;

- como evitar la especulación.

4.3.46 Los métodos deductivos son relativamente fáciles para presentar y dar lugar a conclusiones convincentes. Por ejemplo, una cortante de viento medida produjo una pérdida calculada de performance de la aeronave, dando lugar a la conclusión de que la cortante de viento había excedido la capacidad de performance de la aeronave. En otro ejemplo el motor falló debido a que fallo la aleta de la turbina debido a la fatiga del metal que no fue detectada durante la inspección debido a que el procedimiento de inspección era inadecuado.

4.3.47 Esas relaciones lineales de causa y efecto no pueden establecerse fácilmente con las cuestiones de factores humanos como por ejemplo, la complacencia, la fatiga o la distracción. Los efectos de este análisis en esos aspectos se consideran factores del desempeño humano intangibles" por oposición a los factores humanos fácilmente medibles como, por ejemplo. el oído, la visión, un ataque al corazón, la incapacitación debida a las drogas o al alcohol, etc.

4.3.48 Por ejemplo, si una investigación revelase que el piloto cometió un error que dio lugar a un accidente y si había condiciones conducentes a la fatiga o una conversación que distrajo o evidencia de complacencia, no se puede deducir necesariamente que el error se debió a estas condiciones. Habrá inevitablemente cierto grado de especulación para llegar a las conclusiones y su viabilidad es únicamente tan buena como el proceso de razonamiento utilizado por el investigador y el peso de la evidencia disponible.

4.3.49 Puesto que entraña probabilidades y posibilidades, el razonamiento inductivo es menos precise que el razonamiento deductivo (en este contexto probabilidad" no quiere significar la precisión de la probabilidad matemática; en cambio, se utiliza como en el habla corriente cuando se desea indicar cierta conclusión como siendo cierta o probable, posible o desconocida), las deducciones se establecen sobre las explicaciones más probables de los eventos relacionados con el comportamiento y una conclusión a la que se llega por razonamiento inductivo no puede verificarse de manera concluyente. Las conclusiones inductivas pueden cuestionarse, según el peso de la evidencia en que se apoyan. Por lo tanto deben basarse en un método de razonamiento coherente y aceptado.

4.3.50 Para asegurarse de que se consideran todas las posibilidades razonables reduciendo al mismo tiempo la tarea del investigador a niveles posibles, la Dirección australiana de investigación de seguridad aérea ha aplicado satisfactoriamente el siguiente proceso similar de razonamiento paso a paso para tratar de la evidencia de los factores humanos menos tangibles. En el análisis siguiente, conocimiento empírico se refiere a las constataciones experimentales que han merecido una aceptación general dentro de la comunidad de investigadores en materia de factores humanos. Se supone que el investigador tiene un conocimiento básico y sólido de factores humanos y que la evidencia recogida en la investigación es complete. Después de la descripción de cada paso se da una breve ilustración basada en el accidente de Anytown.

Paso 1: Verificación de la existencia

4.3.51 El primer paso en el proceso está destinado a establecer la probabilidad de la **existencia** de alguna condición de factores humanos.

- Considerando todas las evidencias disponibles, establecer qué cuestiones de factores humanos deberían considerarse.

  Anytown: Después de aplicar una lista de verificaciones el investigador decidió que había al menos alguna evidencia de 17 cuestiones diferentes de factores humanos como, por ejemplo: fatiga, error de interpretación de claves visuales, circulación inadecuada de la información, deficiencias de instrucción, presión causada por el horario, disposición de los controles que daba lugar a confusión, iluminación del puesto de pilotaje, tensión, distracciones, etc.

- Ponderando la importancia relativa de todas estas posibilidades, determinar las cuestiones que deberían examinarse en detalle.

  Anytown: Después de examinar los 17 factores posibles el investigador decidió que algunos como, por ejemplo la iluminación en el puesto de pilotaje. no eran importantes. Quedaron 9 cuestiones que exigían un examen en detalle.

- Establecer lo que se sabe empíricamente sobre cada una de estas cuestiones y de las causas subyacentes.
- *Anytown: El investigador examinó los textos de referencia sobre factores humanos confirmando lo que se sabe respecto a 9 cuestiones clave: un especialista en materia de desempeño humano proporcionó asesoría sobre las ilusiones visuales.*

- Comparar las circunstancias del suceso con el conocimiento empírico.

  Anytown: Se comparó la evidencia correspondiente a las 9 cuestiones clave con los textos de referencia correspondientes.

- Determinar la probabilidad de que una o más de estas condiciones de factores humanos existían.

  Anytown: Se determinó que la ilusión visual era sumamente probable como factor en el accidente debido a las condiciones que existían ya la trayectoria de vuelo de la aeronave.

Paso 2: Verificación de la influencia

4.3.52 El segundo paso está destinado a establecer la probabilidad de que una determinada condición de factores humanos **influyó** en la secuencia de eventos que dieron lugar al suceso.

- Examinar lo que se sabe empíricamente que existe respecto a los efectos de las condiciones de los factores humanos determinados en el paso 1.

  Anytown: La ilusión visual que el piloto estaba experimentando probablemente (agujero negro) ha sido estudiado ampliamente y se sabe que causa una trayectoria de aproximación característica.

- Comparar las acciones y desempeño de las personas involucradas en el suceso con el conocimiento empírico.

  Anytown: La trayectoria de aproximación inicial registrada en el registrador de datos de vuelo corresponde estrechamente a la trayectoria de aproximación típica de agujero negro. La prueba de registrador de voz del puesto de pilotaje demostró que la tripulación creía que la trayectoria de aproximación era correcta.

- Determinar la probabilidad de que las acciones y el desempeño del personal se vieron afectados por las condiciones de factores humanos que existían.

  Anytown: "En el momento del suceso el piloto al mando experimentó probablemente una ilusión visual inducida por la ausencia de claves visuales en la aproximación nocturna". Observar el empleo del lenguaje de probabilidad posible. Se concluyó que el comandante juzgó erradamente la trayectoria de aproximación inicial debido a la ilusión.

- Determinar la probabilidad de que la condición contribuyó a la secuencia de eventos que dieron lugar al suceso.

  Anytown: Cuando ya se había comenzado la aproximación, la tripulación observó que el avión estaba por debajo de la trayectoria de aproximación conveniente. En sus intentos de restablecer la trayectoria de aproximación segura, aumentó la velocidad aerodinámica a un nivel excesivo contribuyendo así a sobrepasar el extremo de la pista. "Es probable que la ilusión visual contribuyó al error de juicio del piloto respecto a la trayectoria de aproximación ".

Paso 3: Verificación de la validez

4.3.53 Los pasos descritos anteriormente se basan en la acumulación de evidencias que no pueden permitir establecer conclusiones indiscutibles pero que a menudo permitirán conclusiones de probabilidad. En cierto modo la utilización de las conclusiones de probabilidad es similar al empleo de las pruebas circunstanciales en los cases de carácter judicial, que exigen la formulación y verificación de las hipótesis. La fuerza de este enfoque es que obliga al investigador a llegar a conclusiones de manera sistemática sobre la base del conocimiento empírico y de la evidencia verificable, de lo cual no pueden deducirse conclusiones indiscutibles y se asegura de que el investigador considere todos los factores probables.

4.3.54 El análisis de los factores humanos debe tener en cuenta el objetivo de la prevención de accidentes de la investigación. Se ha establecido que los sucesos son rara vez el resultado de una única cause. Así pues, si se quiere lograr el objetivo de prevención de accidentes de la investigación, el análisis de los factores humanos debe reconocer que aun cuando los factores individuales pueden parecer insignificantes vistas aisladamente, pueden producir una secuencia de eventos no relacionados que se combinan para producir un accidente. El punto de vista de un sistema interactivo de la industria aeronáutica propuesto por James Reason proporciona un excelente marco con el cual los investigadores pueden obtener un análisis a fondo de los factores humanos a todo nivel. El análisis de los factores humanos no debe concentrarse en las fallas activas de los operadores de primera línea únicamente sino que debe incluir un análisis de las decisiones que pueden dar lugar a fallas en todos los niveles que interactuaron para crear la "ventana de oportunidad" que permitió que el accidente ocurriera.

4.4 NOTIFICACIÓN Y ACCIÓN PREVENTIVA

Generalidades

4.4.1 Habiendo terminado la recopilación y el análisis de los factores pertinentes, el investigador debe preparar el informe de la investigación. En este capítulo se analiza la redacción del informe en general haciéndose hincapié en las cuestiones de factores humanos y se proporciona al investigador un método de notificación que amplia el texto de orientación que figura en el *Manual de investigación de accidentes de la OACI.*

4.4.2 Antes de redactar el informe, el investigador debería considerar quiénes lo leerán. Los informes de accidentes/incidentes están destinados a una variedad de lectores y cada lector lee el informe desde una perspectiva diferente. Los lectores de la industria leerán el informe para asegurarse de que es correcto desde el punto de vista técnico. Los que están involucrados directamente en el suceso se preocuparán de su propia responsabilidad; el público viajero querrá asegurarse de que los problemas han sido identificados y que alguien se está ocupando de los mismos; los medios de comunicación querrán extraer los elementos más sensacionales: y los litigantes procurarán determinar quién es responsable. Al redactar el informe el investigador debería tener en cuenta las diferentes motivaciones esforzándose en mantener la exactitud técnica pero asegurándose de que el lenguaje empleado pueda ser entendido por la persona común y que las declaraciones de culpabilidad o responsabilidad se evitan.

4.4.3 Es muy importante que el investigador tenga presente la finalidad fundamental de la investigación: la prevención de accidentes e incidentes. Por lo tanto, además de informarse de las causas del suceso, el informe debería servir como medio para identificar los peligros revelados en el transcurso de la investigación y si el explotador y la autoridad normativa se ocuparon de los mismos eficaz o ineficazmente. Asimismo, el informe debe ofrecer recomendaciones que tengan por objeto o bien eliminar o bien controlar dichos peligros. El informe sirve igualmente como instrumento para educar a la comunidad aeronáutica, para que sea efectivo debería estar redactado de manera que el lector, ya sea un piloto, un mecánico, un gerente o una autoridad normativa puedan reconocer y hacerse cargo de los peligros notificados y adoptar estrategias preventivas apropiadas.

4.4.4 El investigador debería entender igualmente que el lector más importante es la persona responsable de poner en ejecución las recomendaciones sobre seguridad que figuran en el informe y que si no llega a convencer a dicha persona probablemente las medidas preventivas no se adoptarán.

4.4.5 Richard Word, al analizar la redacción de informes de accidentes aéreos en una conferencia de la International Society of Air Safety Investigators (ISASI) celebrada en Munich en 1989, dijo que "toda persona que haya participado en la investigación entiende el accidente—o cree que lo entiende— pero el informe escrito va a constituir la base para la prevención, y no lo que el investigador recuerda. Si el informe no es adecuado, realmente no hace ninguna diferencia que se trate de una buena investigación"[6]. Destaca asimismo que un informe deficiente puede socavar una buena investigación debido a que las personas que tomarán decisiones no van a reaccionar ante un informe en el que las constataciones están sustentadas de manera defectuosa o deficiente. Al redactar un informe de accidente los investigadores deberían considerar la siguiente indicación que figura en el *Manual de investigación de accidentes de la OACI*:

Es muy importante que el 'informe final" sea completo y preciso, no sólo para los fines de una constancia correcta, sino también porque los estudios para la prevención solo pueden ser de utilidad si se basan en una información concreta y exacta.

Estructura del informe

4.4.6 Una vez que los qué y los por que del suceso se han determinado, es relativamente fácil preparar el informe. La redacción del informe no es un viaje a ciegas de descubrimiento en el que uno describe todo lo que sabe respecto a un suceso con la esperanza de que al llegar al final del informe los hechos hablaran por si solos y que las conclusiones se desprenderán lógicamente del texto. Para redactor un buen informe el investigador debe poner a los lectores en conocimiento de los hechos, condiciones y circunstancias del suceso de manera ordenada y anal izar la información de modo que se puedan entender las conclusiones y recomendaciones. Para hacer esto satisfactoriamente el investigador, al igual que todo redactor técnico, tendrá que preparar un esbozo detallado antes de comenzar a escribir y probablemente tendrá que hacer varios borradores para lograr un buen resultado.

4.4.7 El investigador que prepare el informe final deberá guiarse por el formato que figura en el apéndice al Anexo 13: Sección 1 — Información sobre los hechos; Sección — Análisis; Sección 3—Conclusiones y causas; y Sección 4— Recomendaciones sobre seguridad, como se describe seguidamente:

4.4.8 En la Sección 1—**Información sobre los hechos**, el investigador describe lo que sucedió e incluye información pertinente para entender las circunstancias que rodean al suceso. Hay 18 subsecciones que dan al redactor suficiente flexibilidad para estructurar la corriente de información pertinente. las subsecciones deberían considerarse como un instrumento de organización que permite disponer la información reunida durante una investigación predispuesta de manera lógica e incluirse en diversas secciones. Para incluirse en la Sección I, la información debería a) proporcionar la comprensión de como se produjo el suceso; b) presentar en términos generales el papel del personal operacional involucrado y sus calificaciones; y c) proporcionar los hechos y los antecedentes de los peligros identificados. tanto los relacionados como los no relacionados con las causas del suceso.

4.4.9 La información de las cuestiones sobre factores humanos debería aparecer en la mayoría de las subsecciones de la Sección 1, indicados en el formato normal apropiado. Así:

- la secuencia de eventos y acciones de la tripulación, del personal de operaciones, personal de ATC, personal de tierra, etc. en la medida en que pueda establecerse, se describe en la subsección 1.1—*Reseña del vuelo*. Esta subsección está limitada intencionalmente en su objetivo de manera de orientar rápidamente al lector hacia las circunstancias;

- la experiencia, la instrucción. las calificaciones, los períodos de trabajo y descanso de la tripulación se incluyen en la subsección 1.5—*Información sobre el personal.* Debería también incluirse en esta subsección, con subtítulos apropiados, la información sobre el personal operacional que ha desempeñado un papel importante en el suceso, ya sea el personal de mantenimiento, el de supervisión, los gerentes, o el personal de las autoridades normativas;

- en la subsección 1.6—*Información sobre la aeronave* se describen las cuestiones sobre el diseño de la aeronave, la certificación, aeronavegabilidad, mantenimiento y masa y equilibrio que puedan haber tenido un efecto sobre la utilización de la aeronave;

- las cuestiones relativas a las comunicaciones, ayudas para la navegación aérea. condiciones meteorológicas, patología, etc. — todos ellos elementos que pueden haber tenido un impacto en la capacidad de la tripulación de operar de manera segura— se describen en las subsecciónes especificas;

- Información pertinente relativa a las organizaciones, y a su dirección. que influyen en la explotación de las aeronaves, incluidos la estructura y las funciones orgánicas, los recursos, las condiciones económicas, las políticas y prácticas de la gestión y el encuadre normativo — *información sobre la organización y la dirección*:

- subsección 1 18—*Información adicional*—proporciona el lugar en el que se incluye la información que no encaja fácilmente en ninguna de las otras subsecciones Se sugiere que el investigador estructure esta sección de manera que en la subsección 1.18 1 se puedan presentar informaciones sobre los hechos en un formato similar al del modelo SHEL. Todas las interfaces con el componente central del elemento humano pueden analizarse en esta subsección Por ejemplo, utilizando el ejemplo de Anytown, el investigador podría extenderse sobre los problemas de la interfaz elemento humano-elemento humano que surgieron en las interacciones entre el comandante el primer oficial, bajo un título apropiado como "Coordinación de la tripulación". Esta es también la subsección apropiada para analizar una limitación elemento humano-equipo como por ejemplo, si el tipo de aeronave era apropiado para la operación así como para el esfuerzo consiguiente que se imponía a la tripulación de vuelo. Los problemas relacionados con la información escrita (por ejemplo. la falta de procedimientos de operación normalizados) pueden mencionarse en el contexto de una limitación elemento humano-soporte lógico. El investigador puede también referirse a las limitaciones del elemento humano-medio ambiente como, por ejemplo, las decisiones de la gerencia con respecto a la selección de los tripulantes, a la combinación, normalización e instrucción, horarios, etc. Se puede hacer referencia a las cuestiones normativas como, por ejemplo, la falta de un proceso de supervisión adecuado dentro del organismo normativo para la certificación de nuevas rutas. Si el investigador utiliza el modelo SHELL, como herramienta y ayuda en la recopilación de la información durante la fase de la investigación, la redacción de esta sección se transforma en una prolongación de dicho proceso;

  Como se indica en la sección 2 de este capítulo, el investigador necesita presentar una prueba empírica en apoyo del análisis de los factores humanos que se considera que influyeron en el suceso. Una subsección 1.18.2 puede proporcionar el lugar apropiado para una información adicional de este carácter. Por ejemplo, utilizando el ejemplo de Anytown, el investigador discutirá la evidencia empírica pertinente a las ilusiones visuales.

4.4.10 En todas las partes de la sección 1 deberían determinarse únicamente los hechos y las discrepancias y peligros según los hechos. Una manera de señalar la presencia de una discrepancia es comparar los eventos conocidos con una norma de aviación reconocida: por ejemplo, una discrepancia en el suceso de Anytown era el hecho de que el piloto, al aterrizar, no se ajusto a la técnica que se recomienda utilizar para evitar el hidroplaneo. El peligro identificado por esta discrepancia era la falta de instrucción o el requisito de la compañía aérea de practicar las técnicas apropiadas para evitar el hidroplaneo durante la instrucción con simulador o en vuelo real. Teniendo presente que muchos lectores del informe pueden no estar familiarizados con las normas y métodos de la aviación, es necesario a menudo describir el carácter de la discrepancia de manera detallada.

4.4.11En resumen, en toda la sección 1 del informe las discrepancias y los peligros se comparan con una norma reconocida o con una evidencia empírica abriéndose camino para el análisis de su influencia en la cause del accidente.

4.4.12 En la sección -2—**Análisis**. el investigador puede concentrarse en la elaboración de las razones por las que las circunstancias culminaron en un accidente, creando el nexo entre la información sobre los hechos y las conclusiones. Esta parte del análisis notificara los resultados de las etapas de la prueba de existencia para las cuestiones menos tangibles de factores humanos (véase 4.3.51). Las lagunas en la información sobre los hechos deben colmarse extrapolando la información disponible, mediante alguna

hipótesis o la utilización de razonamiento lógico. Las hipótesis empleadas en el transcurso de la investigación deben identificarse a fin de explicar claramente el proceso del razonamiento. Es igualmente importante aclarar lo que no se sabe y no se pudo determinar así como analizar y resolver los casos de evidencias de carácter controvertible y contradictorio.

4.4.13 Habiendo establecido todas las cuestiones importantes sobre los hechos que contribuyeron al suceso, el investigador debe entonces establecer las conexiones causales. Deberían plantearse todas las hipótesis razonables, y evaluarse para demostrar que se han considerado cuidadosamente otras explicaciones de los eventos. Para las cuestiones menos tangibles de los factores humanos se notificarán los resultados de las etapas de la prueba de influencia (véase 4.3.59). Richard Wood sugiere que cada subsección del análisis debería leerse como un mini- informe del accidente" en el que los hechos relativas a una cuestión particular se indican, en el que se proporciona un análisis que resume las opiniones del investigador sobre la base de los hechos precedentes y se llega a conclusiones sobre la pertinencia con respecto al accidente. Cada parte del análisis debería "destacarse como el **análisis** definitivo de dicho tema."[7]

4.4.14 Una manera de presentar el análisis es seguir el orden de la información presentada en este capítulo. El investigador está libre de elegir cualquier secuencia lógica para presentar el argumento del modo más efectivo, no obstante, y la secuencia dependerá a menudo de las circunstancias particulares del accidente o del incidente.

4.4.15 Otra manera efectiva de presentar el análisis es mediante el empleo del modelo de Reason como se describe en la sección 2 de este capítulo. El modelo de Reason—como el modelo SHEL—es una herramienta y los dos se conjugan perfectamente. SHEL es una herramienta de recopilación tanto para la investigación como la presentación de la información sobre los hechos en el informe. El modelo de Reason es el marco analítico en el que puede analizarse la información sobre los hechos. Este modelo fomenta un enfoque sistemático de la investigación alienta al investigador a incluir una descripción de las condiciones en el momento del suceso, la participación de la gerencia intermedia y las decisiones de la gerencia superior y de las autoridades normativas que dieron lugar a fallas, todo ello seguido de un análisis de cada uno de estos elementos en la secuencia del accidente. Este modelo permite al investigador identificar los peligros que se combinaron para dar lugar al suceso y señala la manera de rectificar dichos peligros. Por ejemplo, el investigador puede comenzar dando una descripción de las defensas que habían o faltaban y señalar de que manera los errores cometidos no fueron neutralizados por las defensas.

4.4.16 El empleo del modelo de Reason puede demostrarse por el ejemplo de Anytown. El redactor puede comenzar analizando los actos peligrosos cometidos por el comandante y por qué las defensas no podían impedir que se produjeran los eventos:

- El comandante no siguió la técnica recomendada para evitar el hidroplaneo. Si hubiera consultado los gráficos de performance se habría dado cuenta que la pista no era suficientemente larga para las condiciones prevalecientes;

- La omisión del personal del aeropuerto de inspeccionar la pista por si hubiera agua estancada eliminó una de las defensas;

- Cuando las autoridades normativas certificaron el aeropuerto a pesar del equipo de extinción de incendios inadecuado, no proporcionaron una defensa necesaria;

- La decisión del comandante de realizar el vuelo se tomó sin disponer de toda la información.

Estas fallas activas son síntomas de fallas latentes, o sea las decisiones de la gerencia superior y la aplicación de dichas decisiones por la gerencia intermedia. El desempeño del comandante constituye un reflejo de los criterios con fallas de la gerencia, tanto de la línea aérea como de la administración aeronáutica criterios que incluían un sistema de instrucción inadecuado, horarios muy ajustados que si sufrieran demora no podrían cumplirse, la asignación de una aeronave inapropiada para la operación y la certificación del aeropuerto de Anytown a pesar de su s deficiencias conocidas en materia operacional y de seguridad. Utilizando el modelo de Reason como marco de referencia, el investigador puede comenzar con los actos que quebrantaban la seguridad y mostrar cómo llegaron a producirse a partir de decisiones muy alejadas tanto en tiempo como en el espacio.

4.4.17 Una vez que se haya formulado la cadena de causas y se hayan identificado los peligros causales, el redactor puede pasar a otros peligros que no contribuyeron pero que justifican, no obstante, medidas de seguridad.

4.4.18 Sección 3—**Conclusiones**. deberían desprenderse lógicamente del análisis. las conclusiones indicadas deberían ser coherentes con el análisis y todos los peligros deberían identificarse de manera apropiada. Las conclusiones importantes pueden ser citaciones o reiteraciones de las conclusiones indicadas en el análisis. los investigadores deben tener cuidado de utilizar el mismo grado de certidumbre en sus conclusiones que el que se haya establecido en sus análisis.

Anytown: La conclusión a la que se llegó en el análisis sobre el papel desempeñado por la ilusión podría repetirse textualmente. .Es probable que la ilusión visual contribuyó al error de juicio del piloto respecto a las condiciones para el aterrizaje." Sería incoherente e intelectualmente deshonesto eliminar la palabra "probable" y considerar esta conclusión en especial como una certidumbre.

4.4.19 A veces las circunstancias del accidente son tales que no se puede llegar a una conclusión firme respecto a las causas. Deberían analizarse algunas de las hipótesis más probables pero el investigador no debería tener ninguna duda en declarar que las causas se consideraran indeterminadas.

4.4.20 El *Manual de investigación de accidentes* de la OACI expresa que la indicación de las causas debería consistir en una declaración de los motivos por los cuales ocurrió el accidente y no en una descripción abreviada de las circunstancias que lo rodearon." Continúa siendo un problema que en los informes de accidentes muchas declaraciones respecto a las causas no se refieren realmente a las causas en las que se basan las recomendaciones sobre seguridad sino más bien, y simplemente, breves descripciones del accidente. La expresión de causas puede tener también otras limitaciones—por ejemplo, a veces solo una o un pequeño número de los factores causales recibe un énfasis a expensas de otros factores que podrían ser igualmente importantes en términos de prevención de accidentes. Asimismo, existe una tendencia a hacer hincapié en las fallas activas de las personas más próximas al evento en vez de proporcionar una explicación completa de por qué ocurrió el accidente.

4.4.21 La expresión de las causas debería basarse en los siguientes principios:

- deberían enumerarse todas las causas, en general en orden cronológico;
- las causas deberían formularse teniendo presente las medidas correctivas y preventivas;
- deberían vincularse y relacionarse a recomendaciones apropiadas sobre seguridad; y
- las causas no deberían imputar culpa ni responsabilidad.

4.4.22 Algunos Estados han utilizado un formato que elimino los problemas relacionados con la expresión de declaración de causas simplemente no formulando dicha declaración. En cambio su sección de conclusiones comprende una lista de todas las constataciones consideradas factores del suceso bajo el titulo constataciones relacionadas con las causas". A esto sigue una enumeración bajo el titulo - otras constataciones" de todos los peligros que no contribuyeron al suceso pero de los cuales, no obstante, habría que tratar.

4.4.23 El empleo del lenguaje de las probabilidades podría ser conveniente al indicar constataciones relativas al desempeño humano. Cuando el peso de la evidencia es tal que no se puede formular una declaración definitiva, los investigadores deberían indicar las constataciones del modo más positivo posible utilizando el grado apropiado de confianza y probabilidad en su lenguaje.

Prevención de accidentes

4.4.24 De acuerdo al *Manual de prevención de accidentes de la OACI*, la prevención de accidentes debe tener en cuenta todos los peligros del sistema independientemente de su origen. Para prevenir los accidentes debe haber medidas consiguientes ante los peligros identificados en el transcurso de las investigaciones de accidentes e incidentes. El Anexo 13 de la OACI hace mucho hincapié en dichas medidas de prevención de accidentes. El párrafo 7.1 indica que:

Las autoridades encargadas de la investigación de accidentes del Estado que la realice deberán, en cualquier fase de la investigación de un accidente o incidente, cualquiera que sea el lugar en que haya ocurrido, recomendar a las autoridades competentes. entre ellas las de otros Estados, todas las medidas preventivas que sea preciso tomar rápidamente para evitar sucesos similares.

4.4.25 En lo que respecta a la Sección 4 del informe final — **Recomendaciones sobre seguridad**, el Manual de investigación de accidentes de aviación de la OACI indica:

Inclúyase aquí toda recomendación sobre seguridad que se haga para fines de prevención de accidentes e indíquese, si fuera apropiado, toda medida correctiva resultante. Independientemente de si las recomendaciones forman parte del informe o se presentan por separado (esto depende de cada país), conviene tener siempre presente que el objetivo final de toda investigación verdaderamente efectiva es mejorar la seguridad aeronáutica. A este fin, las recomendaciones deben hacerse en términos generales o específicos respecto a los puntos que surjan de la investigación, ya estén estos directamente ligados a los factores causales o los hayan sugerido otros factores al hacer la investigación.

4.4.26 Si bien el énfasis es en la formulación de las recomendaciones, la tarea más difícil es claramente la identificación de los peligros que justifican medidas de seguridad ulteriores. En este punto el investigador debe concentrar su atención en la definición del problema dada que únicamente después que el problema haya sido claramente identificado y validado, podrá darse una consideración razonable a las medidas correctivas.

4.4.27 El modelo de Reason, como se ilustra en la Figura 4-5, proporciona orientación en la formulación de medidas preventivas de la misma manera que proporciona orientación en materia de investigación de accidentes. Dado que muchos de los precursores psicológicos y actos peligrosos son consecuencia de decisiones tomadas a niveles superiores de la línea jerárquica, tiene sentido concentrarse en las medidas preventivas relativas a los peligros creados o ignorados por los niveles superiores de dirección. Si el informe se concentra en el error especifico de una persona dejando al mismo tiempo de lado considerar decisiones de nivel superior, no hará nada por tratar de las responsabilidades subyacentes relativas a la identificación, eliminación y mitigación de los efectos de los peligros.

4.4.28 El grado en que las empresas, los fabricantes o las autoridades normativas son eficaces en la identificación, eliminación o mitigación de los peligros depende de la estrategia de respuesta que adopten. Hay tres posibilidades:

- **negar** que hay un problema:
- **subsanar** el problema observado para impedir su repetición; o
- **reformar** u optimizar el sistema en su totalidad.

Cada estrategia tiene su propio conjunto característico de medidas. Una estrategia de negativa puede entrañar despedir al piloto o presentar una declaración imputando el error al mismo; esto trata únicamente del acto peligroso y no busca ninguna otra explicación. Una estrategia de subsanamiento reconoce el problema inmediato y trata de rectificarlo mediante medidas tales como volver a instruir a la persona que cometió el acto peligroso o modificar los elementos peligrosos del equipo. Una estrategia de reforma admite que hay problemas que transcienden el nivel del acto peligroso y toma medidas sistemáticas que dan lugar a una reevaluación del sistema y finalmente, a su completa reforma.

4.4.29 Cuando las empresas, las autoridades normativas y los investigadores de accidentes adoptan una estrategia de reforma, deben volver su atención a las etapas 3 y 4 de la Figura 4-5. las deficiencias en estos niveles superiores incluidas las que no tuvieron nada que ver con el accidente en cuestión merecen la máxima atención en la fase de investigación y redacción del informe. Debido a que la conexión causal es frecuentemente tenue, constituye a menudo un desafío establecer que se había creado una situación de peligro a dicho nivel. Cabe notar asimismo que quienes toman decisiones no siempre reciben la información de retroacción que necesitan para tomar decisiones buenas a veces dicha información de retroacción no va más allá de la gerencia intermedia, con consecuencias distintas de las previstas para la organización y su personal.

4.4.30 El problema de identificar la conexión causal entre un peligro y la gerencia de alto nivel puede superarse mediante una investigación sistemática, la investigación apropiada de otras operaciones análogas y el examen de bases de datos sobre seguridad. Por ejemplo, utilizando la hipótesis del aeropuerto de Anytown, puede determinarse que la coordinación entre el piloto y el copiloto era deficiente, debido en parte a que ambos pilotos no tenían experiencia en el tipo de avión v en la operación. Imponerles medidas disciplinarias o despedirlos no haría nada para eliminar los problemas de combinación de tripulantes, no solamente en la compañía sino en el sistema aeronáutico en general. Pero, al establecer la existencia de dicho peligro, el investigador tendría probablemente que aludir a varios otros accidentes en los que se había establecido un vinculo entre los problemas de coordinación de la tripulación y las decisiones empresariales de alto nivel con respecto a la combinación de tripulantes. El haber establecido un peligro común para este tipo de operación, conduciría entonces directamente a una diversidad de estrategias preventivas para encarar dichos peligros operacionales. estrategias que se podrían poner en acción supervisor.

4.4.31 El tiempo necesario para validar un peligro a la seguridad varía. Al tratar de constataciones claras sobre los hechos como, por ejemplo, los errores en las publicaciones, deficiencias del material debido a errores de diseño, etc., la fase de validación puede ser relativamente corta. No obstante. para los peligros potenciales en materia de seguridad que entrañan las áreas de factores humanos (por ejemplo, los efectos de la fatiga en el desempeño de la tripulación, las consecuencias de que la compañía haga presiones para las decisiones de los pilotos, etc.) la validación puede constituir una medida tediosa dada que las evidencias sobre los hechos son a menudo mas difíciles de obtener y los efectos de sus interrelaciones más difíciles de establecer. La dificultad fue ilustrada por la investigación de la NTSB en el accidente del Falrchild Metro acaecido en Bayfield. Colorado, en 1988. los exámenes toxicológicos revelaron trazas de

cocaína y metabolito de cocaína en el piloto. Una cuestión importante de desempeño humano consistió en examinar el posible efecto que el uso de la cocaína tuvo en la secuencia del accidente. Los datos científicos sobre los efectos en el comportamiento debido a la exposición a la cocaína eran limitados y la determinación de los efectos sobre el desempeño era complicado cuando se agregaba a la ecuación el descanso inadecuado y una larga jornada de trabajo. Las diferencias individuales también debían reconocerse al determinar los efectos de la interrelación de estos factores. Esta cuestión sigue sin resolver.

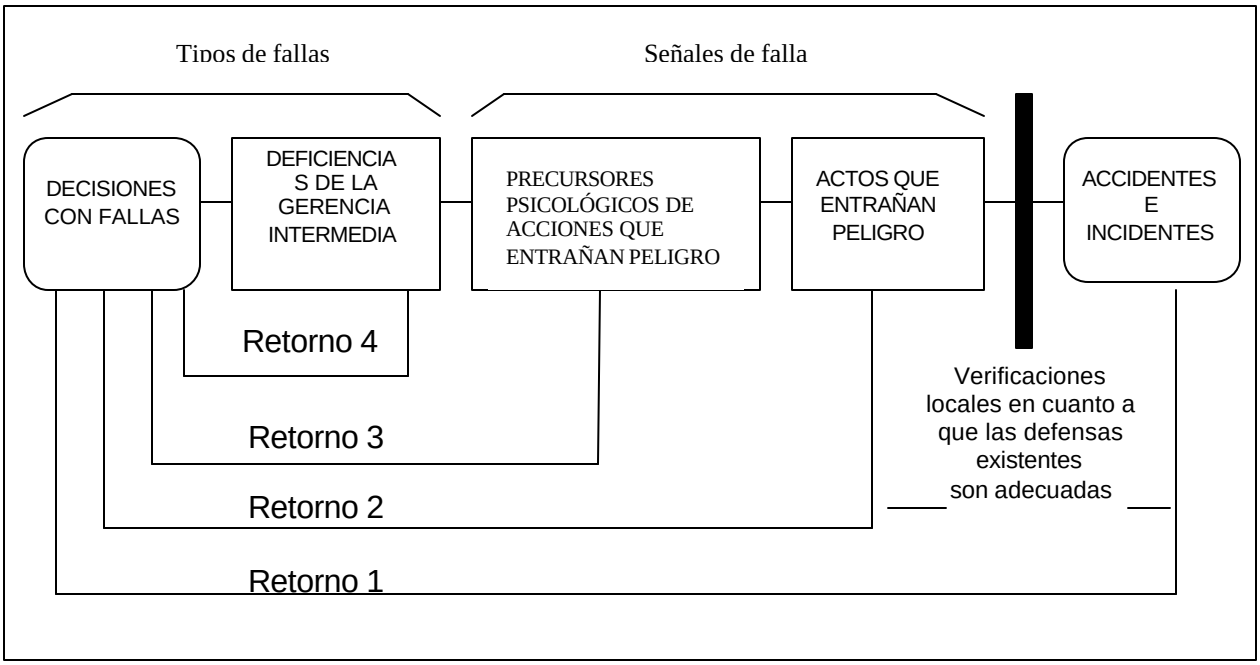


Figura 4-5. Se puede establecer un paralelo entre las medidas preventivas en los accidentes con el enfoque de james reason respecto al papel que desempeñan los ciclos de retroinformación en el control de operaciones seguras

4.4.32 Para muchos fenómenos de desempeño humano, la evidencia de un solo suceso puede ser insuficiente para validar un peligro a la seguridad, de ahí que el investigador deba evaluar los datos disponibles a partir de sucesos análogos (tal vez sobre una base mundial) para demostrar el impacto probable de determinado fenómeno sobre el desempeño humano en la investigación en cuestión. Puede justificarse un examen general de la literatura profesional. En los cases extremos puede justificarse un estudio formal adicional por especialistas a fin de validar la existencia de un peligro.

4.4.33 Con un claro entendimiento del problema. el investigador puede formular y determinar diversos otros cursos de acción para remediar el problema. El proyecto de recomendación debería considerarse en cuanto a su viabilidad técnica, aceptabilidad por la comunidad aeronáutica, sentido práctico y facilidad de aplicación. Al determinar otros cursos de acción debe tenerse en cuenta igualmente el destinatario más apropiado de la recomendación.

4.4.34 las recomendaciones sobre seguridad no deberían considerarse edictos autoritarios del órgano investigador. Dado que el investigador no puede ser omnisciente. la obediencia ciega por la autoridad normativa en la aplicación de las recomendaciones podría causar un gran daño a la industria. Por ejemplo, rara vez el investigador está en buena posición para determinar la viabilidad económica de la aplicación de determinada medida de seguridad y el organismo que reciba una recomendación sobre seguridad debería tener considerable latitud para determinar las medidas más apropiadas. El organismo investigador debería considerar satisfactorio que la deficiencia es materia de seguridad identificada se resuelva adecuadamente,

independientemente de que las recomendaciones se hayan seguido o no concretamente. De ahí que la redacción final de las recomendaciones debería ser muy general a fin de dar al organismo encargado de las medidas suficiente margen de maniobra. Richard H. Wood lo dice de esta manera:[8]

> "Una recomendación bien concebida debería lograr dos objetivos:
>
> a) debería concentrar la atención claramente sobre el problema y no sobre la solución que se sugiere para el mismo. Esto debería eliminar la posibilidad de que se rechace el problema junta con la recomendación; y
>
> b) la recomendación debería ser suficientemente flexible como para permitir al organismo encargado de las medidas alguna latitud en cuanto a la manera precisa en que puede lograrse dicho objetivo. Esto es de especial importancia si no se dispone de todos los hechos salientes y parece necesitarse algún examen y verificación adicionales.

En otras palabras, la recomendación debe concentrarse en **lo que** debe cambiarse más bien que en **cómo** hacerlo."

Richard Wood ha hecho notar igualmente que las recomendaciones en materia de seguridad pueden clasificarse generalmente en uno de los tres niveles:

- una medida de seguridad de **nivel uno** elimina completamente el peligro para la seguridad que esta causando la infracción;

- una medida de seguridad de **nivel dos** modifica el sistema de manera de reducir el riesgo del peligro subyacente; y

- una medida de seguridad de **nivel tres** acepta que el peligro no puede ni eliminarse ni reducirse (controlarse) y por lo tanto apunta a enseñar a las personas el modo de enfrentarlo.

El objetivo debería ser siempre eliminar los peligros para la seguridad: lamentablemente, al tratar de peligros provocados por los factores humanos, la tendencia ha sido de prescribir estrategias de ajuste de nivel tres.

4.4.35 Dado que los peligros para la seguridad con respecto a muchos factores humanos pueden ser sumamente difíciles de validar, puede ser prudente recomendar más estudios del peligro percibido por autoridades más competentes. De esta manera el investigador puede proseguir y confiar en que el informe de la investigación no constituye la palabra definitiva sobre cuestiones de seguridad especialmente difíciles. El reconocimiento de la industria de la importancia de la gestión de los recursos de la tripulación (CRM) ilustra este punto. En varios de los informes de investigación de accidentes de un Estado, los peligros resultantes de la falta de una gestión eficaz del puesto de pilotaje se identificaron y se formularon recomendaciones. El problema fue por lo tanto validado a través de la investigación y el análisis de muchos accidentes y esta validación dio lugar a que algunas de las líneas aéreas mayores no solamente reconocieran que había problemas potenciales en el puesto de pilotaje sino que también proyectaron y pusieron en aplicación cursos de CRM para mejorar la coordinación en el puesto de pilotaje. Otras líneas aéreas, al darse cuenta del valor de la instrucción de CRM comenzaron a instruir a sus tripulaciones de vuelo utilizando cursos desarrollados por las compañías mas grandes y actualmente la instrucción de CRM esta ampliamente aceptada y disponible.

Requisitos de las bases de datos

4.4.36 Como se menciono anteriormente. rara vez los eventos de un único accidente o incidente demuestran de manera convincente la presencia de un peligro fundamental para la seguridad en lo que respecta a los factores humanos. Habitualmente esos peligros se validan solo mediante el análisis de sucesos similares. Para que un proceso de validación de ese tipo sea eficaz, toda la información pertinente de sucesos similares anteriores tendrían que estar adecuadamente registrados para futura referencia. Por cierto, una de las muchas razones por las que se ha avanzado lentamente en la iniciación de medidas preventivas apropiadas para muchas cuestiones de factores humanos es la notificación inadecuada de este tipo de información.

4.4.37 Ya sea que los datos sobre factores humanos recopilados en una investigación estén o no claramente relacionados con las causas del suceso especifico, deberían quedar registrados en la base de datos sobre factores humanos para facilitar el análisis futuro. Para los Estados contratantes de la OACI, la principal base de datos para registrar dicha información es el ADREP, un sistema que registra una serie de factores que describen *lo que* sucedió así como una serie de factores explicando *por qué* sucedió.

4.4.38 Dado que el error humano o las limitaciones en el desempeño son habitualmente factores de accidente, ADREP proporciona un sólido marco de referencia para registrar los datos sobre factores humanos. Pero en lo que atañe a incidentes. ADREP contiene sólo datos de incidentes que fueron investigados y notificados a la OACI de conformidad con el Anexo 13.

4.4.39 Hay otras bases de datos disponibles para apoyar la investigación de factores humanos. Por ejemplo, el Aviation Safety Reporting System de los Estados Unidos ha recopilado los datos de más de 100 000 notificaciones voluntarias de peligros por parte de pilotos y controladores de tránsito aéreo; la mayoría de los mismos tienen un elemento de desempeño humano. Otros Estados con sistemas de notificación voluntaria están elaborando, de manera análoga, bases de datos especializadas que tienen un contenido elevado de factores humanos, las universidades y organismos de investigación también recopilan bases de datos altamente especializadas para analizar determinados fenómenos de factores humanos dentro del contexto de sus actividades de investigación. Aun cuando dichas bases de datos pueden constituir un complemento útil para el investigador al analizar determinados sucesos, no son apropiados para los datos que surgen en una investigación únicamente ADREP proporciona de manera satisfactoria un media completa mundial de registrar los datos de accidentes/incidentes a fin de facilitar un mejor entendimiento de los factores que los expliquen.

4.4.40 Sobre una base mundial existe una continua necesidad de proporcionar mejores medios de registrar los datos de factores humanos en un formato de utilización fácil si se desea aprender de las lecciones que otros han recibido. Dada la frecuencia de los elementos de factores humanos en los accidentes e incidentes, es imperioso que facilitemos el análisis futuro de seguridad mediante una mejor notificación de los datos.

Apéndice 1 del capitulo 4
LISTA DE VERIFICACIÓNES DE FACTORES HUMANOS

Los modelos de listas de verificaciones que forman este Apéndice se basan en las listas de verificaciones utilizadas por tres Estados diferentes de la OACI. Aun cuando cada lista de verificación refleja un diferente enfoque de la investigación de factores humanos, las tres tienen la finalidad de ayudar al investigador a identificar los factores pertinentes y a concentrar el análisis en cuestiones conexas. Cualquiera de ellas, o aun las tres, pueden adaptarse para su utilización por el investigador.

LISTA DE VERIFICACIÓN A

Para determinar las áreas pertinentes que justifican un ulterior análisis o investigación de factores humanos, indique la importancia de cada factor mediante el valor de ponderación apropiado al lado de cada elemento.

0 = No contribuye

1 = Contribuye posiblemente

2 = Contribuye probablemente

3 = Evidencia de peligro

FACTORES relacionados CON EL COMPORTAMIENTO

A. Planificación deficiente (previa al vuelo, en vuelo)

B. Apresuramiento (salida apresurada, etc.)

C. Premura relacionada con las condiciones meteorológicas

D. Aburrimiento, inatención, distracción

E. Problemas personales (familiares, profesionales, financieros)

F. Exceso de confianza en si mismo motivación excesiva

G. Falta de confianza

H. Aprensión/pánico

I. Violación de la disciplina de vuelo (se corren riesgos)

J. Error de juicio

K. Demora

L. Complacencia. falta de motivación, etc.

M. Tensión interpersonal

N Manera inadecuada de resolver la tensión

O. Estupefacientes

P. Alcohol/estado posterior a la ebriedad

Q. Personalidad, humor, carácter

R. Disposición mental de la memoria (situación esperada)

S. Costumbres

T. Percepciones o ilusiones

U. Síndrome de piloto temerario

FACTORES MEDICOS

A. Atributos físicos, acondicionamiento y salud en general

B. Agudeza sensorial (visión, oído, olfato, etc.)

C. Fatiga

D. Falta de sueño

E. Perturbación del ritmo circadiano (desincronosis)

F. Factores alimenticios (comidas omitidas, envenenamiento alimenticio, etc.)

G. Medicación (autoadministrada)

H. Medicación (prescrita por el medico)

I. Ingestión de estupefacientes/ alcohol

J. Estado alterado de la conciencia

K. Tiempo de reacción o distorsiones temporales

L. Hipoxia, hiperventilación, etc.

M. Disbarismo, gases, etc.

N. Descompresión

O. Mareo

P. Desorientación, vértigo

Q. Ilusiones visuales

R. Tensión

S. Hipotermia/hipertermia

T. Otras enfermedades graves

U. Enfermedades crónicas

FACTORES OPERACIONALES

A. Selección del personal

B. Experiencia limitada

C. Instrucción de transición inadecuada

D. Falta de vigencia/competencia

E. Conocimiento inadecuado de los sistemas de la A/N

F. Conocimiento inadecuado de los sistemas vitales de la A/N

G. Políticas y procedimientos de la compañía

H. Supervisión

I. relaciones de comando y control

J. Presiones de explotación de la compañía

K. Compatibilidad de la tripulación

L. Instrucción de la tripulación (por ejemplo, gestión de los recursos del puesto de pilotaje)

M. Información de vuelo inadecuada (manuales de la A/N, planificación del vuelo, etc.)

FACTORES relacionados CON LAS TAREAS

A. Información relacionada con la asignación da tareas (instrucciones, etc.)

B. Componentes de la tarea (numero, duración, etc.)

C. Ritmo de la cargo de trabajo

D. Saturación de la cargo de trabajo

E. Vigilancia de supervisión de las operaciones

F. Juicio y decisiones que se toman

G. Conciencia de la situación

H. Distracciones

I. Memoria de hechos recientes

J. Hipótesis falsas (con respecto a lo previsible, el habito, etc.)

K. Gestión de los recursos del puesto de pilotaje

FACTORES DE DISEÑO DEL EQUIPO

A. Diseño/ubicación de los instrumentos, mandos

B. Iluminación

C. Incompatibilidad del espacio de trabajo

D. Incompatibilidad antropométrica

E. Confusión de los mandos, conmutadores, etc.

F. Lectura errónea de los instrumentos

G. Restricciones visuales debidas a la estructura

H. Sobresaturación de las tareas (etapas complejas)

1. Puesta en funcionamiento por inadvertencia

J. Normalización del puesto de pilotaje (falta de)

K. Interferencia del equipo personal

L. Equipo de supervivencia en vuelo

M. Efectos de la automatización

N. Diseño/configuración de los asientos

O. Diseño y posición del aeródromo

P. Visibilidad de otras aeronaves, vehículos, etc.

FACTORES AMBIENTALES

A. Condiciones meteorológicas

B. Turbulencia del aire

C. Ilusiones (horizonte blanco, agujero negro, etc.)

D. Restricción de la visibilidad (resplandor, etc.)

E. Iluminación del área de trabajo

F. Ruido

G. Fuerzas de aceleración/ desaceleración

H. Descompresión

I. Vibración

J. Calor/frío

K. Turbonada

L. Movimiento (balanceo holandés, culebreo, etc.)

M. Humo, humareda en el puesto de pilotaje

N. Contaminación del oxigeno

O. Envenenamiento por CO u otros productos químicos tóxicos

P. Radiación

Q. Electrocución

R. Vértigo con estremecimiento

S. Control de tránsito aéreo

FACTORES relacionados CON LA TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN

A. Textos escritos adecuados (disponibilidad, comprensión, vigencia, etc.)

B. Interpretación errónea de las comunicaciones orales

C. Barrera de idioma

D. Interferencia provocada por el ruido

E. Comunicaciones orales interrumpidas

F. Coordinación entre tripulantes

G. Comunicación entre la tripulación y el ATS

H. Puntualidad/exactitud de las comunicaciones verbales

I. Comunicaciones no verbales de la tripulación en el puesto de pilotaje

J. Advertencias, bocinas, campanillas, etc. en el puesto de pilotaje

K. Pantallas de los instrumentos del puesto de pilotaje

L. Señales, Balizaje e iluminación del aeropuerto

M. Señales en tierra, señales manuales

FACTORES relacionados CON OTRO PERSONAL

Control de transito aéreo

A. Atención (vigilancia, tendencia al olvido, etc.)

B. Fatiga y cargo de trabajo

C. Comunicaciones (fraseología, rapidez de la expresión, pronunciación, etc.)

D. Medio ambiente de trabajo (iluminación, ruido, visibilidad, etc.)

E. Disposición y diseño del equipo/ presentación visual

F. Juicio

G. Instrucción y vigencia

H. Coordinación y reserva

I. Presencia de supervisores

J. Políticas de ATC y procedimientos de operación

Operadores de los vehículos

K. Selección e instrucción.

Medio ambiente de trabajo (ruido, fatiga. visibilidad, etc.)

M. Comando y control, supervisión

Personal de servicio de línea de las aeronaves

N. Selección e instrucción

O. Disponibilidad de la información pertinente

P. Presiones relacionadas con la explotación

O. Supervisión

FACTORES DE SUPERVIVENCIA

A. Diseño favorable a la supervivencia

B. Equipo de supervivencia posterior al accidente (puntos de salida. toboganes. chalecos salvavidas, ELT, botiquines. etc.)

C. Procedimiento.; de comando y control

D. Instrucción de la tripulación

E. Instrucciones y demostraciones para los pasajeros

B. LISTA DE VERIFICACIÓN BASADA EN EL MODELO DE SHELL

FACTORES RELA TIVOS A LA PERSONA (ELEMENTO HUMANO)

1. FACTORES FÍS ICOS

Características físicas

*altura, peso, edad, sexo
*complexión, altura, sentado, alcance funcional, largo de las piernas, anchura de los hombros
*fuerza, coordinación

Limitaciones sensoriales

Visión

*umbral visual
*agudeza visual (para ver los detalles)
*tiempo de enfoque
*adaptación a la luz
*visión periférica
*percepción de la velocidad, de la profundidad de campo
*miopía de campo vacío
*lentes, lentes de contacto

Otros sentidos

*umbral de audición, entendimiento
*vestibular (sentido del oído)
*olfato, tacto
*kinestésica (sensaciones del cuerpo)
*tolerancias g

2. FACTORES FISIOLÓGICOS

Factores alimenticios

*ingestión de alimentos en las 24 horas
*horas transcurridas desde la última comida
*deshidratación
*si está a dieta/haciendo dieta para perder peso

Salud

*enfermedad
*aptitud física
*dolores
*condiciones dentales
*si ha dado sangre
*obesidad, embarazo
*manera de soportar la tensión (signos emocionales/de comportamiento)
*fumador(a)

Estilo de vida

*amigos
*relaciones con los demás
*cambio de actividades
*hábitos de vida

Fatiga

* aguda (de corto plazo)
* crónica (de largo plazo)
*pericia (debida a la tarea)
*nivel de actividad (mental/física)

Trabajo

*duración del vuelo
*horas de servicio
*períodos de descanso -actividades

Sueño

*descanso de la tripulación, duración de la siesta
* falta de sueño, interrupción
*desincronosis

Drogas

*medicamentos de venta libre

*medicamentos bajo receta

*estupefacientes

*cigarrillos, café, otros

Alcohol

*incapacitación

*situación posterior a la ebriedad

*adicción

Incapacitación

*envenenamiento por monóxido de carbono

*hipoxia/anoxia

*hiperventilación

*pérdida de conciencia

*mareo

*envenenamiento alimenticio

*humo causante de nauseas

*vapores tóxicos

*otros elementos

Descompresión/inmersión

* descompresión

* efectos de gases atrapados

* inmersión

Ilusiones

Vestibulares

* somatogíricas (vértigo)

* somatogravitacionales

* ilusiones auditivas

* ilusión de Coriolis

* ilusión del ascensor

* mano gigante

Visual

* agujero negro

* autokinesis

* colocación horizontal errónea

* ilusión circular

* ilusión lineal

* ilusiones de aterrizaje

* ilusión de la trama de alambrada

* vértigo con temblores

* ilusión de la perspectiva geométrica

3. FACTORES PSICOLÓGICOS

Percepciones

Tipos

* falta de percepción

* percepción errónea

* percepción demorada

Tiempo de reacción

* para detectar

* para tomar una decisión apropiada

* para tomar la medida apropiada

Desorientación

* conciencia de la situación

* espacial

*visual

*temporal

*geográfica (estar perdido)

Atención

*duración de la atención

*inatención (general, selectiva)

*distracción (interna, externa)

*atención canalizada

*fascinación, fijación

*vigilancia, aburrimiento, monotonía

*interferencia de las costumbres

*sustitución de las costumb res

*distorsión del tiempo

Tratamiento de la información

*capacidad mental

*toma de decisiones (con retardo, deficientes)

*juicio (con retardo, deficiente)

*capacidad de la memoria

*olvido

*coordinación –sincronización

Carga de trabajo

*saturación de tareas

*carga inferior

*establecimiento de prioridades .componentes de la tarea

Experiencia/vigencia

*en el puesto

*en el tipo de aeronave, tiempo total

*en los instrumentos

*en la ruta, aeródromo

*nocturna

*procedimientos de emergencia

Conocimientos

*competencia

*pericias/técnicas

*pilotaje

*procedimientos

Instrucción

*inicial

*con el trabajo

*en tierra

*en vuelo

*transición, transferencia del aprendizaje

*repetitiva

*áreas de problema

*procedimientos de emergencia

Planificación

*previa al vuelo

*en vuelo

Actitudes/estado de ánimo

*humor

*motivación

*hábito

*actitud

*aburrimiento

*complacencia

Situaciones esperadas

*estado mental/situación esperada.

*hipótesis falsas

*síndrome de intrepidez

*toma de riesgos

Confianza

*en la aeronave

*en el equipo

*en sí mismo

*exceso de confianza, exhibicionismo

Estado mental/emocional

*estado emocional

*ansiedad

*aprensión

*pánico

*nivel de incitación/reacciones

*presión mental/tensión autoinducida

Personalidad

*tímida, gruñona, inflexible

*hostil, sarcástica, negativa

*agresiva, afirmativa, impulsiva .excitable,

*indiferente, sin madurez .tendencia a *correr riesgos, inseguro, que sigue a los demás

*desorganizada, tendencia al traso, tendencia al desorden

*contrario a la autoridad, resignado

*invulnerable, "macho'

4. FACTORES PSICOSOCIALES

*presión mental

*conflicto interpersonal

*pérdida personal

*problemas financieros

*cambios importantes en el estilo de vida

*presión familiar

FACTORES RELACIONADOS CON LAS PERSONAS Y SU TRABAJO

1. INTERFAZ ELEMENTO HUMANO-ELEMENTO HUMANO

Comunicación oral

*interferencia de ruido

*interpretación errónea

*fraseología (operacional)

*contenido, ritmo del habla

*barrera del idioma

*vuelta a la lectura/vuelta a la escucha

Señales visuales

*señales en tierra, señales manuales .expresión corporal

Interacciones de la tripulación

*supervisión

*instrucciones de información .coordinación

*compatibilidad/combinación

*gestión de los recursos

*asignación de tareas

*edad, personalidad, experiencia

Controladores

*supervisión

*instrucción e información

*coordinación

Personal

*contratación/selección

*requisitos de dotación de personal .instrucción

*políticas

*remuneración/incentivos

*combinación de tripulantes, horarios .antigüedad

*asignación de recursos

*apoyo/control operacional

*instrucciones/indicaciones/órdenes .presión de

*explotación de la gerencia

Supervisión

*supervisión operacional

*control de calidad

*normas

Relaciones laborales .empleado/empleado-gerencia

*acción industrial

*sindicatos/grupo profesional

Presiones

*presión mental-operacional

*moral

*presión de los colegas

Organismo normativo

*normas

*reglamentos

*aplicación

*verificación

*inspección

*supervisión

*vigilancia

2. INTERFAZ ELEMENTO HUMANO-EQUIPO

Equipo

Conmutadores, mandos ,presentaciones visuales

*diseño de los instrumentos/mandos .
*ubicación de los instrumentos/mandos
*movimiento de los *instrumentos/mandos
*colores, marcas, *iluminación
*confusión, normalización

Espacio de trabajo

*disposición del espacio de trabajo
*normalización del espacio de trabajo .equipo de comunicaciones
*posición de referencia visual
*diseño de los asientos
*restricciones al movimiento
*nivel de iluminación
*carga de trabajo motor
*presentaciones visuales de información
*restricciones de visibilidad
*alertas y advertencias
*interferencia del equipo personal *comodidad)
*enlace de datos
*operación de instrumentos (problemas de digitación)

3. INTERFAZ ELEMENTO HUMANO SOPORTE LÓGICO

Información escrita

*manuales
*listas de verificaciones
*publicaciones
*reglamentos
*mapas y gráficos

NOTAM

*procedimientos de operación normalizados .señales y carteles
*directrices

Computadoras

*programas de computadoras
*facilidad de utilización

Automatización

*carga de trabajo del operador
*tarea de supervisión
*saturación de las tareas
*conciencia de la situación
*mantenimiento de la pericia
*utilización

Requisitos normativos

*calificaciones -del puesto
*calificaciones -de la gerencia
*certificación
*certificado médico
*licencia/habilitación
*incumplimiento
*antecedentes de infracciones

4. INTERFAZ ELEMENTO HUMANO MEDIO AMBIENTE

INTERNO

*calor, fío, humedad
*presión ambiente
*iluminación, resplandor
*aceleración
*interferencia de ruido
*vibraciones
*calidad del aire, contaminación, humos y vapores
*ozono, radiaciones

EXTERNO

Condiciones atmosféricas

*información meteorológica, instalaciones **FSS**
*condiciones meteorológicas: vigentes y previstas
*visibilidad, base de las nubes
*turbulencia (del viento, mecánica)
*horizonte blanco

Otros factores

* tiempo del día
* iluminación/resplandor

* otro tránsito aéreo
* rachas de viento
* obstáculos orográficos/hidrográficos

Infraestructura

Instalaciones de despacho

* tipo de instalaciones
* utilización
* calidad de servicio

En la puerta de salida

*APU
*equipo de remolque
*equipo de reabastecimiento
*equipo de apoyo

Aeródromo

*características de las pistas/calles de rodaje
*balizas, luces, obstrucciones
*ayudas para la aproximación
*equipo de emergencia
*instalaciones de radar
*instalaciones del ATC
*FSS, instalaciones meteorológicas
*instalaciones del aeródromo

Mantenimiento

*equipo de apoyo
*disponibilidad de repuestos
*normas, procedimientos y métodos operacionales
*métodos de seguro de calidad
*servicio e inspección
*instrucción
*requisitos en materia de documentación

LISTA DE VERIFICACIÓN SELECCIÓN, lNSTRUCCIÓN Y EXPERIENCIA

INTRODUCCIÓN

La finalidad de esta lista de verificación sobre selección, instrucción y experiencia en lo que atañe a los aspectos de factores humanos en la investigación de accidentes es ayudar al investigador durante la fase de investigación en el terreno a elaborar una base completa de hechos sobre las cuestiones de la selección, instrucción y experiencia de los pilotos pertinentes al accidente específico que se está investigando.

Se ha tratado de presentar la lista de verificación según un formato general de manera que los investigadores puedan aplicarlo a toda modalidad sustituyendo piloto por controlador de tránsito aéreo, mecánico, etc., según corresponda. No obstante dado que la mayoría de los accidentes son de un carácter único y diferente, será necesario hacer un ajuste discrecional a la lista de verificación a los efectos de los cases especiales. De esta manera la lista de verificación constituye un instrumento dinámico que se debe modificar y actualizar con el uso al paso del tiempo.

A. SELECCIÓN

1) ¿Cuando se selecciono al piloto para este puesto?

2) ¿Como se seleccionó al piloto?

a) ¿Cuales eran las calificaciones requeridas? (por ejemplo, experiencia, educación, instrucción y requisitos fisiológicos /médicos?

b) ¿Se exigieron exámenes? ¿sobre que? ¿cuando se pasó el examen?

c) ¿Qué licencias especiales se exigieron?

d) ¿El empleador verifico antes de la selección para el puesto las calificaciones, referencias y licencias del piloto?

3) ¿Se proporciono al piloto antes de seleccionarlo para este puesto instrucción especifica para el mismo? Si la respuesta es afirmativa.

a) Describir el contenido de la instrucción.

b) ¿Cuando se impartió dicha instrucción?

c) ¿Quién impartió la instrucción?

4) ¿Se proporcionó al piloto después de haber sido seleccionado para este puesto instrucción especifica? Si la respuesta es afirmativa.

a) Describir el contenido de la instrucción.

b) ¿Cuando se impartió dicha instrucción?

c) ¿Quién impartió la instrucción?

5) ¿Se observa problema alguno con el desempeño del piloto alguna vez después que asumiera sus funciones para este puesto? Si la respuesta es afirmativa,

a) Describir los problemas.

b) ¿Cuando se hicieron estas observaciones?

c) ¿Quién las hizo?

d) ¿Qué medidas, si las hubo, se adoptaron para rectificar los problemas?

B. EXPERIENCIA DEL PILOTO

1) ¿Qué otra experiencia ha tenido el piloto empleando este precise equipo?

2) ¿Qué otras funciones ha ejercido el piloto utilizando otro equipo en esta modalidad?

3) ¿Cuál es el tiempo total en que el piloto ha trabajado en esta modalidad?

4) ¿Cuánto tiempo ha trabajado el piloto para este preciso empleador?

5) ¿Cuanto tiempo trabajó el piloto para sus empleadores anteriores?

6) ¿El empleador actual verificó la experiencia previa del piloto?

7) ¿Ha estado el piloto involucrado en algún otro accidente en esta modalidad? Si la respuesta es afirmativa, a) Describir las circunstancias. b) ¿Cuando? c) ¿Qué equipo se estaba utilizando?

8) ¿Ha estado el piloto involucrado en algún otro accidente en otras modalidades? Si la respuesta es afirmativa, a) Describir las circunstancias. b) ¿Cuándo? c) ¿Qué equipo se estaba utilizando?

9) ¿Se quejó el piloto alguna vez o notifico problemas relacionados con el empleo de este preciso equipo? Si la respuesta es afirmativa, a) Describir el carácter de las quejas o del informe. b) ¿Cuándo? C)¿Se tomó alguna medida correctiva? ¿Por quién? ¿Cuando?

d) ¿ Ha habido otras quejas o informes similares alguna vez? Proporcionar detalles.

C. INSTRUCCIÓN DEL PILOTO

El investigador debería examinar (solicitando copias cuando corresponda) los registros, documentos, reglamentos, manuales, boletines y exámenes del piloto relacionados con la instrucción.

1) ¿Qué instrucción ha recibido el piloto en el empleo del equipo en esta modalidad?

a) Describir la instrucción: ¿teórica? ¿con simulador? ¿instrucción práctica en el trabajo? ¿qué textos se utilizaron? ¿qué temas se trataron?

b) ¿Cuando recibió el piloto esta instrucción?

c) ¿Quiénes eran los instructores o supervisores?

d) ¿Cómo se evalúo el desempeño del piloto (vuelo de verificación, en vuelo simplemente, simulación, examen escrito)?

e)¿Cual era la evaluación general del desempeño del piloto?

f) ¿Se observo algún problema en el desempeño del piloto? Si la respuesta es afirmativa.

— ¿Cuál fue el problema?

— ¿Como fue observado y por quien?

— ¿Qué medidas correctivas se tomaron si las hubo?

2) Instrucción inicial e instrucción subsiguiente utilizando preciso equipo:

a) ¿Ha recibido el piloto instrucción en este equipo de más de un empleador Si la respuesta es afirmativa,

— ¿Qué empleador proporciono la instrucción inicial?

— ¿Cuándo?

— ¿Cuanto hincapié so hizo en:

— cumplimiento de los PON

— cumplimiento de las normas y requisitos

— utilización de evaluaciones de performance (por ejemplo, vuelos de prueba, exámenes)

b) De qué manera la instrucción inicial del piloto difiere de otra instrucción complementaria o subsiguiente en cuanto a lo siguiente:

— cumplimiento de los PON

— cumplimiento de las normas y reglamentos

— empleo de evaluaciones del desempeño (por ejemplo, vuelos de prueba, exámenes)

c) ¿Alguna de estas diferencias parece tener relación con los incidentes?

— ¿Violo el piloto algún PON que se le había impartido? Si la respuesta es afirmativa,

— ¿Cuales eran?

— ¿Cuando le fueron impartidos?

— ¿Violo el piloto alguna norma o requisito que se le había enseñado? Si la respuesta es afirmativa.

— ¿Cuáles eran?

— ¿Cuándo se le instruyó?

— ¿Violó alguna vez el piloto alguna norma, requisito o PON anteriormente? Si la respuesta es afirmativa.

— ¿En que circunstancias sucedió esto?

— ¿Que medidas se tomaron?

— ¿Ha recibido el piloto alguna instrucción nueva reciente que puede haber:

— interferido con sus conocimientos y pericia en el empleo de este equipo?

— exigido que usara nuevos y diferentes PON en condiciones de emergencia?

3) Otras cuestiones relacionadas con la instrucción:

a) ¿Ha recibido el piloto alguna instrucción reciente para:

— la transición a la operación de equipo diferente en esta modalidad?

— aprender diferentes operaciones de sistemas de equipo similar?

b) Si el piloto ha recibido alguna instrucción reciente de transición o diferencias:

Describir cuando y de qué tipo.

Verificar la interferencia potencia de esta instrucción con la operación del equipo para accidentes.

c) ¿Esté el piloto actualizado en todos los aspectos de utilización del equipo para accidentes?

Describir aspectos en los que no esté al día.

Describir los exámenes exigidos, los certificados o licencias en que se indique que esté plenamente al día.

d) Evaluar si la instrucción es suficiente sobre.

Situaciones de emergencia.

Mal funcionamiento del equipo.

Informes de mantenimiento, procedimientos de quejas, registros.

Pericia en la interacción y coordinación de la tripulación.

Condiciones empeoradas (por ejemplo, visibilidad reducida, mar agitado, vientos arrachados o de gran velocidad, precipitaciones fuertes).

Procedimientos de comunicación.

Requisitos fisiológicos (por ejemplo, cuestiones relacionadas con el descanso, la salud, la nutrición y el empleo de medicamentos, estupefacientes y alcohol).

e) Si se utilizaron simuladores o dispositivos de instrucción para la misma:

— ¿Qué instrucción específica se proporciono en el simulador o dispositivo de instrucción?

— ¿Cuáles eran las analogías o diferencias mayores entre el simulador o el dispositivo de instrucción y el equipo real?

— ¿Cuan reciente fue la instrucción con el simulador o el dispositivo de instrucción?

— ¿Se observaron algunas áreas con problemas en el desempeño del piloto?

f) ¿Recibió el piloto instrucción específicamente relacionada con las condiciones del incidente (por ejemplo, cortante de viento, equipo, desperfecto, tipo específico de emergencia, condiciones meteorológicas específicas)? Si la respuesta es afirmativa,

— Describir cuando y de qué tipo.

— ¿Cómo se desempeño el piloto en la instrucción?

9) ¿En el momento del incidente el piloto estaba proporcionando o recibiendo instrucción? Si la respuesta es afirmativa,

— Describir las circunstancias en detalle.

— Determinar las calificaciones del o de los instructores o del o de los alumnos involucrados.

— ¿Cuando comenzó esta instrucción y cuanto tiempo hacia que se estaba impartiendo?

Apéndice 2 del Capítulo 4
TÉCNICAS DE ENTREVISTA DE TESTIGOS PRESENCIALES

las entrevistas que se realicen con personas directa o indirectamente involucradas en un suceso constituyen una fuente importante de pruebas. La información obtenida de dichas entrevistas puede utilizarse para confirmar, aclarar o complementar la información obtenida de otras fuentes. Por cierto, a falta de datos conmensurables las entrevistas constituyen la única fuente de información y los investigadores necesitan estar muy al tanto de las técnicas requeridas para garantizar entrevistas eficaces.

La información adquirida en las entrevistas ayudará a determinar lo que sucedió. Aun más importante, las entrevistas son a menudo la única manera de responder a las importantes preguntas sobre los por qué, los cuales a su vez pueden facilitar una medida de seguridad correcta y eficaz.

En la mayoría de las investigaciones, habrá que determinar los factores humanos y el investigador que se hace cargo de este aspecto tendrá que entrevistar a una diversidad de personas. En este grupo se incluyen los supervivientes (tanto tripulantes como pasajeros).parientes, amigos, colegas y gerencia de la compañía/personal de instrucción.

En la preparación de las entrevistas los investigadores deben recordar que cada testigo trata del suceso desde una perspectiva diferente. Téngase en cuenta, por ejemplo. Los miembros de la tripulación de cabina que sobrevivieron al accidente y pueden estar experimentando un sentimiento de culpabilidad ante el hecho de que ellos sobrevivieron mientras que otros murieron; pueden estar luchando con el papel que desempeñaron durante la secuencia del accidente, atormentándose sobre cuestiones como las de que si hubiera hecho esto o aquello . La situación puede entrañar a los miembros de la tripulación de vuelo que están experimentando una infinidad de emociones: pesar por lo desaparecidos: presión de la gerencia de la compañía o del representante del sindicato. tensiones en cuanto a si su trabajo esta en peligro; ansiedad sobre las medidas normativas; confusión en cuanto a lo que sucedió, etc. las preocupaciones de la gerencia de la compañía pueden concentrarse en las medidas normativas y contenciosas y en las respuestas que deben prepararse en consecuencia.

Las entrevistas con los parientes son siempre difíciles — imaginar los altibajos emocionales experimentados por el pariente: pesar y cólera por la pérdida de un ser querido; tal vez sentimiento de culpabilidad: ansiedad en cuanto a cuestiones financieras; confusión causada por las versiones de la prensa, etc. También habrá que considerar al testigo que está bajo medicación debido al choque o dolor físico como resultado de las lesiones; una situación de este tipo tendrá cierta influencia sobre la extensión de la entrevista y su validez.

El investigador debe ser como un camaleón capaz de adaptarse a diversas situaciones. Un entrevistador eficaz se mantiene objetivo y evita anticiparse a hacer evaluaciones durante la entrevista. Incluso cuando enfrenta pruebas contradictorias, el investigador debe escuchar lo que el testigo ha de relatar y debería suspender su juicio de dicha información hasta haber reunido todos los hechos y poder hacer una evaluación: el piloto que ha sido despedido puede ser un empleado descontento que desea ensuciar la reputación de la compañía o puede ser un testigo creíble con verdades muy reales a relatar.

El investigador debe dar especial consideración al duelo del pariente, proyectando el grado suficiente de comprensión pero sin tomar partido. La entrevista constituye una situación dinámica y para que pueda ser útil el investigador ha de ser adaptable sabiendo cuando debe concentrarse en algún punto cuando dejar de hacerlo. Antes de llevar a cabo una entrevista. el investigador debería tratar de obtener la mayor información posible en cuanto a los factores como la secuencia del accidente (recorrer el emplazamiento

puede ser útil. Los procedimientos aplicables que estaban en vigor (permite comparar con lo que se hizo en realidad). la tripulación el examen de los registros de los pilotos dirá, por ejemplo. si el piloto tenia que usar lentes. Durante las entrevistas subsiguientes. el investigador puede intentar establecer si el piloto estaba usando lentes durante el vuelo). etc. Sabiendo todo lo que se pueda antes de la entrevista el investigador tiene un margen de maniobra y puede evitarse tener que repetir la entrevista.

Éxito de la entrevista

Las entrevistas satisfactorias son el fruto de una planificación eficaz. Existen varias cuestiones preparatorias que hay que considerar antes de llevar a cabo la entrevista:

Oportunidad de las entrevistas

las entrevistas deberían llevarse a cabo lo más pronto posible después del suceso a fin de prevenir la perdida de información que puede deteriorarse como consecuencia del desvanecimiento del recuerdo o la racionalización. El paso del tiempo permite también la contaminación de la información lo cual sucede cuando los testigos se comunican entre si o escuchan o leen las versiones de la prensa. Si es necesario aplazar las entrevistas deberían pedirse declaraciones. Estas tienen la doble finalidad de retener los hechos antes de su olvido natural además de ayudar al investigador en la preparación de la entrevista subsiguiente.

Lugar

Los testigos deberían sentirse cómodos y a estos efectos el investigador debería elegir un lugar que sea tranquilo, razonablemente cómodo y libre de interrupciones. Si un testigo desea fumar, el investigador debería permitirlo. Un pariente querrá probablemente que se le entreviste en su propio domicilio.

Enfoque

Debido a que los factores humanos se extienden a todos los aspectos de un accidente, es a menudo ventajoso para el investigador llevar a cabo entrevistas junto con investigadores de los demás grupos. Este enfoque reconoce la necesidad de la contribución mutua a la investigación y al hacerlo así se transforma en un instrumento eficaz para recopilar información. El enfoque por equipo puede eliminar la necesidad de volver a entrevistar un testigo y constituye por lo tanto un uso más eficiente de los recursos. Además, como miembros del equipo los investigadores pueden corroborar más tarde la información dada. Al decidir si utilizar o no el concepto de trabajo en equipo debe considerarse la personalidad del testigo y el carácter delicado de la información que se puede estar procurando. En algunas circunstancias una entrevista privada de persona a persona producirá mucha más información.

Durante las entrevistas, los investigadores deben reducir a lo mínimo su propia aportación y concentrarse en cambio en escuchar activamente—un investigador que habla no puede escuchar. Por cierto el investigador debe dirigir la entrevista y mantenerla en marcha pero en general cuanto menos activo sea el entrevistador el resultado será más productivo. Escuchando lo que se está diciendo el investigador podrá reformular preguntas apropiadas a la situación. observar discrepancias y cambios repentinos en la conversación, captar insinuaciones y observar los gestos y el comportamiento de un testigo.

El silencio puede ser un instrumento efectivo durante el proceso de la entrevista y el investigador debería evitar tratar de llenar las pausas de la conversación demasiado rápidamente. A menudo las personas quieren hablar del suceso, del amigo. del esposo o la esposa que perdieron, de lo que esta mal y consideran que debiera rectificarse, etc., y a menudo ellos mismos generan las pausas.

Cooperación

La cooperación que es indispensable para el éxito de la entrevista está determinada a menudo por la impresión que produce el investigador en la persona que se está entrevistando. Un enfoque amistoso que trata al testigo como un igual y es lo más discreto posible es preferible a una actitud efusiva o burocrática. las cosas simples, como tener en cuenta quiénes podrán estar presentes y el vestirse adecuadamente puede constituir una diferencia en la disposición favorable de un testigo para proporcionar información. Vestir ropas cómodas en vez de una vestimenta más formal puede ser más apropiado y menos amenazante en algunas condiciones. Al desarrollar una relación de mutua confianza con el testigo, el investigador estará mas seguro de que la corriente de información, ideas y opiniones se mueve libremente. De acuerdo al Manual de investigación de accidentes de aviación de la OACI, es conveniente que al hacer preguntas a los testigos el investigador adopte una filosofía de entrevista más bien que de interrogación.

Control

Es imperioso que el investigador controle la entrevista. En ciertas circunstancias un testigo puede desear estar acompañado de otra persona para apoyo—los padres pueden desear estar presentes durante la entrevista de un niño. Los sobrevivientes pueden desear que sus cónyuges estén presentes, un miembro de la tripulación puede querer que esté presente un abogado o un representante del sindicato y este pedido debería satisfacerse. El control constituye una difícil tarea cuando hay terceros presentes pero un entendimiento previo sobre las reglas establecidas por el investigador debería reducir las interrupciones a lo mínimo. Antes de comenzar una entrevista debería aclararse, y todas las partes deberían convenir en que la presencia de un tercero que no sea un experto que esté asistiendo al investigador se tendrán en cuenta únicamente a pedido del testigo: que el investigador es la única persona que hace preguntas al testigo; que otras partes presentes pueden dar al investigador preguntas planteadas por escrito y si las mismas son aceptadas se utilizaran en el momento oportuno; y que el investigador mantiene el derecho de prohibir a ciertas personas de concurrir cuando su presencia puede inhibir la eficacia de la entrevista.

Grabador de cinta magnética

Un grabador de cinta magnética constituye una herramienta valiosa. Permite al investigador concentrar toda su atención en lo que el testigo ha de decir; proporciona una versión completa y exacta de lo que se dijo: y permite volver a escuchar la declaración. El investigador debería estar preparado a que haya testigos reticentes a que se registren sus declaraciones. En tales casos será necesario explicar que el grabador de cinta magnética se quiere utilizar para permitir que la entrevista se lleve a cabo más rápidamente y garantizar la exactitud: el hecho de que el grabador proporciona un buen registro y elimina la necesidad de posiblemente volver a entrevistar al testigo puede utilizarse como argumento en defensa de su uso. La reticencia desaparece rápidamente si el grabador se utiliza discretamente. Cuando haya razón para creer que la reticencia no se disipara, el investigador tendrá que utilizar un método diferente como. por ejemplo, tomar nota: los que prefieren el enfoque del trabajo en equipo podría utilizar mejor este método uno de los miembros hace las preguntas y otro toma notas.

Estructura

Las entrevistas eficaces se caracterizan por una estructura lógica destinada a maximizar la calidad y cantidad de la información pertinente. La entrevista consta de cuatro partes básicas el plan, el comienzo, el cuerpo de la entrevista y la finalización cada una con una finalidad especifica. En los casos en que hay un gran número de sobrevivientes, debería prepararse una lista de preguntas a formular a cada sobreviviente a fin de comparar la fiabilidad en una fecha ulterior.

El plan

Antes de entrevistar a un testigo, el investigador necesita definir los objetivos generales de la entrevista, estar consciente de cuáles podrían ser algunos de los obstáculos para lograr dichos objetivos y entender lo que espera el testigo. El investigador debería tener algún conocimiento de la persona que está entrevistando y debería determinar las preguntas a formular basándose en dicho conocimiento. La sucesión de preguntas y la colocación de las preguntas más difíciles puede considerarse en esta etapa. Muchos testigos como, por ejemplo, un pariente, tienen una legitima necesidad de información sobre el suceso. El investigador debería planificar de antemano la información que podrá transmitir a los testigos en el momento apropiado de la entrevista.

La preparación de una lista de preguntas que ha de seguirse rigurosamente no constituye la finalidad de la etapa de planificación, es más bien el tiempo para asegurarse de que todos los aspectos que preocupan sean tratados durante la entrevista.

El comienzo

La mayoría de los testigos están siendo entrevistados por un investigador probablemente por primera vez. Tendrán aprensión y pueden albergar temores respecto a la entrevista y su resultado final. Es importante por lo tanto eliminar lo mas posible dicha incertidumbre. A estos efectos el investigador debería dar a cada testigo una buena explicación del papel del investigador, del papel y de los derechos del testigo (lo cual incluye informar al testigo sobre quienes tendrán acceso a la transcripción), la finalidad de la entrevista y el proceso de la misma. Debería ponerse al tanto a los testigos de que su participación es importante en la determinación de la causa y en la prevención de que el accidente se repita.

El cuerpo de la entrevista

La pregunta debida formulada de la manera debida, en el momento debido constituye una poderosa herramienta. Se concentra en la información importante: termina la conversación que no sea productiva; ayuda a las personas a concentrarse en sus pensamientos, y permite que la entrevista se desarrolle fácilmente.

A menudo la manera más fácil y eficaz de comenzar una entrevista es con una pregunta en la que se pide rememorar los hechos, que permite a los testigos dar su versión sin interrupción. El investigador debería estar atento a lo que se esta diciendo y debería abstenerse de todo gesto o énfasis que pueda orientar de alguna manera a los testigos. Este enfoque es de no amedrentar y permite a los testigos considerar que lo que han de decir es importante, comienza estableciendo una buena relación entre el investigador y el testigo y proporciona al investigador una línea básica de información incontaminada.

Cuando es evidente que un testigo no tiene más que relatar. el investigador puede comenzar a preguntar con más detalle. No obstante no hay necesidad de cambiar el enfoque — el investigador puede comenzar las preguntas para cada tema especifico con una pregunta general, entrando en más detalle a medida que el testigo entra en más detalle con las respuestas. Al lograr que los testigos colaboren de manera general. el investigador aumenta la posibilidad de que colaboren posteriormente de manera más específica.

Hay diversos tipos de preguntas cada una de las cuales puede dar lugar a diferentes tipos de respuesta. La pregunta general oº "de carácter abierto" es la que menos influencia al testigo y le permite contestar con sus propias palabras y formular opiniones como le parezca. Si se trata de un pariente. una pregunta como. por ejemplo "no conocía a su hijo; ¿me podría usted hablar de él? "logra el mismo resultado que una pregunta de rememoración general—los testigos comienzan hablando de algo con lo que estaban

familiarizados y que no amedrenta. A menudo los testigos comenzarán a contestar una pregunta antes de que se la formule por completo; los investigadores pueden aprovechar esto utilizando preguntas de carácter amplio o sin terminar (por ejemplo, usted dijo antes que su instrucción era... ". lo cual puede evocar descripciones rápidas y exactas de la cuestión. También puede dar lugar a una mayor participación del testigo.

La pregunta general puede no producir exactamente la respuesta esperada y puede ser apropiado que el investigador vuelva a dirigirse a los testigos mediante una pregunta complementaria que sea más concreta. Existe un inconveniente sin embargo que debería tenerse en cuenta al hacer preguntas mas especificas— mientras mas especifica sea la pregunta es más probable que se oriente a los testigos, posiblemente presionándolos para recordar algo que no saben o no observaron. La pregunta ¿estaba el piloto fatigado"?" puede influenciar por cuanto contiene una posible respuesta y de esa manera contamina la información; seria mejor preguntar al testigo de describir la condición física del piloto y su actitud mental respecto al trabajo recientemente". "¿Cuán competente era el piloto en interrupciones de aterrizaje de un nuevo circuito con aviones monomotores"?" utiliza una palabra marcada" (competente) y elimina efectivamente toda la imparcialidad que el investigador puede estar tratando de lograr con la pregunta. Utilizando palabras no marcadas y estableciendo el terreno para una serie de preguntas el investigador puede obtener la información sin contaminar la respuesta.— ¿Cual es la política para practicar interrupción-aterrizaje y nuevo circuito con aviones monomotores"?" seguido de ¿cuando fue la ultima vez que el piloto practico este procedimiento?" y terminando con "describa el procedimiento utilizado por el piloto durante la última sesión práctica". Este enfoque es neutral y no induce ninguna idea al testigo.

La pregunta "limitada" (necesitando un "si" o un "no") produce información I imitada y debería evitarse, a menos que se quiera hacer a propósito. ¿Le habló su esposo de los problemas que estaba teniendo como piloto en jefe?" "¿La copiloto se sentía incómoda por volar a dicho aeropuerto debido a que no había volado dicha ruta antes?" "¿Tenían el comandante y el primer oficial problemas en cuanto a trabajar juntos como tripulantes?" son todas preguntas que pueden arrancar un si o un no como respuesta y el investigador tendrá que utilizar otra táctica para obtener respuestas más completas. El investigador puede tener mas éxito planteando las preguntas como siguen: "¿Cómo se sentía su esposo en cuanto a volar para esta compañía?" "¿Usted mencionó que la copiloto no se sentía cómoda en cuanto a volar a este aeropuerto, porqué?" ' Describa la relación de trabajo del comandante y de la copiloto".

Ocasionalmente el investigador tendrá que hacer preguntas de carácter más personal y por lo tanto esto exigirá un enfoque más indirecto. Por ejemplo, el investigador cree que el piloto fallecido estaba bajo gran tensión familiar debido a problemas maritales; si pregunta a la esposa del piloto "¿Había algo que podía haber perturbado a su esposo el día del accidente?" o "¿Observó usted un cambio en el comportamiento de su esposo en los últimos tiempos?" aumentará la posibilidad de llegar más cerca de la verdad sobre el asunto. El enfoque indirecto en situaciones delicadas elimina igualmente la posibilidad de que la entrevista termine abruptamente, como puede ser el caso con una pregunta más directa como, por ejemplo, ¿Tenían usted y su esposo problemas matrimoniales?".

las preguntas deberían ser breves. claras y sin ambigüedad. Deberían ser pertinentes a la información requerida y presentarse una por vez. La terminología y la jerga técnica que puede confundir o intimidar a los testigos debería evitarse. Puede ser beneficio para algunos testigos que han tenido dificultades recordando los hechos escuchar la grabación de su descripción inicial del suceso. Al escuchar el relato pueden recordar repentinamente información que habían olvidado. Hacia el final de la entrevista debería preguntarse a los testigos si tienen alguna otra información que añadir o si tienen preguntas que formular.

Finalización

Es el momento de resumir los puntos claves y verificar la comprensión de la información obtenida; de asegurar al testigo que la entrevista ha sido valiosa; de establecer la disponibilidad del testigo en una fecha futura en caso de que fuese necesario; y de indicar la disponibilidad del investigador en caso de que el testigo quiera proporcionar información adicional o preguntar respecto a la marcha de la investigación.

Evaluación

Ninguna de la información obtenida en la entrevista debería aceptarse tal cual. las cuestiones como, por ejemplo, la salud, pueden verificarse con los registros médicos; la fatiga con los horarios de trabajo; las actitudes con respecto a la gerencia. a la instrucción y al mantenimiento; con las entrevistas con miembros de la familia, amigos y colegas, etc. Comparando la información reunida durante las entrevistas con la información obtenida de otras fuentes el investigador podrá reunir las piezas del rompecabezas exactamente y establecer la credibilidad de diversos testigos. La ponderación de la información de la entrevista y de la evaluación de la obtenida de diversos testigos constituyen métodos efectivos de cuantificar y calificar dicha información.

Al determinar la validez e importancia de la información, el investigador debería recordar que la descripción de los hechos por parte de los testigos está influida por prejuicios personales —como también están los del investigador. Un ejemplo de prejuicio es el "efecto de halo" que se produce cuando un investigador forma una impresión global (positiva o negativa) de una persona basándose en una característica que influencia la evaluación del entrevistador con respecto a las demás ideas de la persona. Por ejemplo. una persona que parece estar cómoda y segura puede parecer que merece más crédito que lo que realmente se justifica.

En resumen una entrevista es un evento dinámico llevado a cabo en tiempo real. La planificación, experiencia , reacción de la parte del entrevistado constituyen todos elementos claves para un resultado satisfactorio. Aún cuando es posible volver a hacer la entrevista, no hay sustituto para una primera entrevista eficaz.

Apéndice 3 del capítulo 4
FACTORES HUMANOS QUE SE PUEDEN EXPLICAR

Factores que se pueden explicar		
EL INDIVIDUO.		
Físicos -Características del individuo		
Características físicas	Tamaño	
	Peso	
	Fuerza	
	Edad	
Limitaciones sensoriales		
	Umbral sensorial (visión/visual)	
	Oído	
	Vestibular (oído interno)	
	Proprioception* (receptores de los sentidos - músculos/articulaciones Olfato	
	Tacto	
	Kinestésicas (movimiento muscular) Tolerancia "G"	
Otras limitaciones físicas		
Fisiológicos -Bienestar de la persona		
Salud/estilo de vida	Enfermedad	
	Aptitud psicofísica	
	Dieta	
	Obesidad	
	Edad	
	Tensión	
	Fumador (gran)	
	Embarazo	
	Donación de sangre	
	Otras condiciones de predisposición	
Fatiga	Fatiga -aguda	
	Fatiga -crónica	
	Fatiga debida a la actividad	
	Fatiga -otra	

Factores que se pueden explicar		
	Descanso de la tripulación	
	Falta/interrupción del sueño	
	Otros desórdenes del sueño	
	Desincronización circadiana	
Drogas	Medicación -de venta libre	
	Medicación -bajo receta	
	Estupefacientes	
	Otros estimulantes (café, cigarrillos)	
Alcohol	Alcohol -incapacitación	
	Alcohol -resaca	
	Alcohol -adicción	
Incapacitación	Envenenamiento por monóxido de carbono	
	Hipoxia/anoxia	
	Hiperventilación	
	Pérdida de conciencia	
	Mareo	
	Humo causante de náuseas	
	Vapores tóxicos	
	Otros factores de carácter médico	
Descompresión/ Inmersión		
	Descompresión	
	Efectos de gases atrapados	
	Inmersión	
Otras limitaciones fisiológicas		
Psicológicos -Bienestar mental de la persona		
Percepciones/ilusiones	Conciencia *de* la situación	
	Desorientación -espacial	
	Desorientación-visual	
	Desorientación -temporal	
	Desorientación -geográfica (estar	

		perdido)
		Desorientación -otros tipos
		Vértigo
		Ilusión -óptica
		Ilusión -vestibular
Atención		Duración de la atención
		Inatención
		Distracción
		Atención canalizada
		Fascinación
		Vigilancia
		Atención -otros fenómenos
Actitudes	Motivación	
		Actitud
		Hábito
		Tedio/monotonía
		Complacencia
		Estado mental/situación esperada
		Hipótesis falsas
		Síndrome de intrepidez
		Confianza -en la A/N
		Confianza -en el equipo
		Confianza -en sí mismo/misma
		Actitudes -otros tipos
Tratamiento de la información		
		Capacidad mental
		Toma de decisiones
		Juicio
		Memoria
		Olvido
		Coordinación/sincronización
		Tratamiento de la información -Otros aspectos
Experiencia/vigencia		
		Experiencia -en el puesto
		Experiencia -en el uso de instrumentos
		Experiencia -en el tipo de aeronave Experiencia -total con la A/N Experiencia -otros aspectos
		Tiempo reciente -en el puesto
		Tiempo reciente -con instrumentos
		Tiempo reciente -en el tipo de A/N
		Tiempo reciente -en el aeródromo/ruta
		Tiempo reciente -en otros aspectos
Conocimientos		Competencia
		Pericia/técnica
		Habilidad como piloto
	Instrucción	Instrucción -inicial
		Instrucción en el trabajo
		Instrucción en tierra
		Instrucción en vuelo
		Instrucción -reiterado
Planificación		Planificación -previa al vuelo
		Planificación en vuelo
Estado emocional	Estado mental	Ansiedad
		Aprensión
		Pánico
		Nivel de provocación/reacciones
		Presión mental -tensión propia
Personalidad		Tipo -agresiva
		Tipo -afirmativa
		Tipo -no afirmativa
		Tipo -otras características
Carga de trabajo		Saturación de tareas
		Carga insuficiente
		Consciencia de la situación
		Establecimiento de prioridades
Otras limitaciones psicológicas		

Psicosociales -Interacción de la persona con la comunidad ajena al trabajo

Problemas fuera del empleo
- Presión mental
- Conflicto interpersonal
- Fallecimiento en la familia
- Problemas financieros
- Cambios importantes en el estilo de vida
- Cultura
- Presión familiar

Otras limitaciones psicosociales

LAS INTERFACES ENTRE LAS PERSONAS Y SU LABOR

Entre las personas -Interacción de la persona con otras en el lugar de trabajo

Comunicaciones orales
- Error de interpretación
- Fraseología
- Barrera del idioma
- Repetición de la lectura/repetición de lo oído
- Otras comunicaciones

Signos visuales
- Conjunto de signos
- Señales en tierra/señales manuales Expresión corporal
- Enlace de datos

Interacciones de la tripulación
- Supervisión de la tripulación
- Información de la tripulación
- Coordinación de la tripulación
- Compatibilidad de la tripulación
- Gestión de los recursos de tripulación Asignación de tareas a la tripulación
- Tripulación -Otros aspectos relacionados con el comportamiento

Controladores
- Supervisión del controlador
- Información del controlador
- Coordinación del controlador
- Controlador -Otros aspectos

Pasajeros
- Comportamiento de los pasajeros

Otras interacciones

Elemento humano-máquina -la interacción de la persona con el equipo en el puesto de trabajo

Equipo
- Diseño de los instrumentos/ controles
- Ubicación de los instrumentos/ controles
- Disposición del espacio de trabajo Normalización del espacio de trabajo
- Comodidad
- Carga de trabajo motor
- Presentaciones visuales de la información
- Obstáculos a la visión
- Alerta y advertencia
- Posición de referencia visual

Otra interacción elemento humano-máquina

Elemento humano-apoyo de sistemas -la interacción de la persona con los sistemas de apoyo del lugar de trabajo

Información escrita
- Manuales
- Lista de verificación
- Publicaciones
- Reglamentos
- Mapas y gráficos
- NOTAM
- Procedimientos de operación normalizados

Computadoras	Programas de computadora
	Facilidad de uso
Automatización	Carga de trabajo del operador
	Tarea de supervisión
	Saturación de las tareas
	Conciencia de la situación
	Mantenimiento de la pericia
Otra interacción del elemento humano-soporte lógico	

Elemento humano-medio ambiente (interno) -la interacción de la persona con el medio ambiente en el área de trabajo inmediato

Medio ambiente	Calor
	Frío
	Presión ambiente
	Iluminación
	Resplandor
	Aceleración
	Efecto del ruido
	Interferencia de ruido
	Vibración
	Calidad del aire
	Humedad
	Contaminación/humos y vapores
	Ozono
	Radiación
	Otras condiciones físicas de trabajo

Elemento humano-medio ambiente (externo) -la interacción de la persona con las condiciones meteorológicas y el medio ambiente exterior al área de trabajo inmediato

Condiciones meteorológicas/ geografía	Visibilidad relacionada con las condiciones meteorológicas
	Turbulencia
	Infraestructura
	Tiempo del día
	Iluminación/resplandor
	Otros elementos del tránsito aéreo Ráfaga de viento
Ilusión	Somatogravitacional
	Somatogírica
	Ilusiones auditivas
	Ilusión de Coriolis
	Miopía de campo vacío
	Horizonte blanco
	Vértigo con estremecimiento
	Aeródromo -ilusión de aterrizaje
	Otros tipos de ilusión

Empleado-gerencia -la interacción del empleado con la gerencia

Personal	Contratación de personal
	Dotación de personal
	Instrucción del personal
	Políticas en materia de personal
	Remuneración/incentivos
	Requisitos relativos al personal
	Horarios del personal
	Combinación de tripulantes
	Antigüedad
	Asignación de recursos
	Apoyo operacional
	Control operacional
	Instrucción/directrices/ órdenes
	Presiones de la gerencia en la esfera de las operaciones
Supervisión	Supervisión operacional
	Normas de control de calidad
Requisitos normativos	Competencia -en el puesto

	Competencia -en el tipo de requisito Certificación	Presiones	Presión mental - operacional
	Certificación médica		Moral
	Licencia/habilitación		Presiones de colegas/compañeros
	Incumplimiento		
	Antecedentes de infracciones	Otra interacción elemento humano-medio ambiente	
	Otros factores relacionados con los reglamentos		
Relaciones laborales	Relaciones empleado/gerencia		
	Medidas de la industria		
	Sindicato/grupo profesional		

Apéndice 4 del Capítulo 4
BASES DE DATOS DE ACCIDENTES/INCIDENTES DE AVIACIÓN

Las fuentes más útiles para apoyar la información sobre los hechos provienen de las bases de datos y de las referencias relacionadas directamente al medía ambiente operacional aeronáutico debido a que los mismos puedan generalizarse fácilmente con respecto a los datos sobre los hechos correspondientes a un accidente de aviación. los datos provenientes de estas bases de datos pueden utilizarse (con cierta prudencia) para responder a la pregunta "¿Cuáles son las frecuencias de dichos sucesos o comportamientos?" (o sea, cuantos accidentes o incidentes han entrañado las mismas limitaciones de desempeño). Por supuesto la- información especifica sobre los modelos de característicias de las bases de datos que se están examinando y sobre los porcentajes de exposición de las aeronaves o de los pilotos a situaciones similares es necesaria a fin de llegar a cualquier conclusión sobre la probabilidad de que se puedan producir nuevamente accidentes o incidentes similares. Siguen algunos ejemplos de dichas fuentes de datos.

Base de datos sobre accidentes/incidentes de autoridades investigadoras

La OACI mantiene el sistema ADREP . Además, varios Estados de la OACI mantienen sus propias bases de datos sobre accidentes/incidentes. Cada uno sigue un formato diferente y se puede acceder a los datos sobre desempeño humano en cada case mediante métodos diferentes. Dado que no hay todavía un vocabulario normalizado en materia de factores humanos en los accidentes de aviación o una taxonomía normalizada para las causas de errores humanos, no existe un único conjunto de términos que uno pueda utilizar para hallar causas comunes de factores humanos en todas las bases de datos.

Varias bases de datos sobre accidentes contienen información valiosa y vale bien la pena estudiarlas siempre y cuando el investigador sea consciente del significado de los datos recuperados. Todos los Estados utilizan los mismos criterios para la selección de los accidentes que se incluirán en sus bases de datos, por lo tanto los análisis estadísticos que entrañan la combinación de datos de mas de una base de datos es riesgosa. Aún mas importante, los códigos de las bases de datos (las palabras clave de factores humanos) significan diferentes cosas para diferentes personas. Se recomienda fuertemente que el investigador que accede a los datos que figuran en esta base de datos obtenga asistencia del administrador de la base de datos. Es también prudente que el investigador pregunte a los investigadores en el terreno y a los codificadores que tienen la responsabilidad de codificar la información en bruto para entrarlos en la base de datos. Estas personas serán las únicas que podrán explicar por ejemplo, que criterios se han utilizado al codificar sobrecarga de desempeño mental o presión autoinducida" como el factor de las causas subyacentes en un accidente.

Bases de datos de accidentes/incidentes del fabricante

Varios fabricantes de aeronaves mantienen sus propias bases de datos de accidentes/incidentes para su propio uso y para el de sus clientes. Algunas de estas bases de datos están disponibles al público. Un ejemplo de base de datos sobre accidentes/ incidentes de los fabricantes que puede ser de interés para el investigador se presenta seguidamente.

- La organización de seguridad de los productos de la compañía de aviones comerciales Boeing publica un resumen estadístico anual de los accidentes de aeronaves comerciales de reacción y administra una base de datos computadorizada y de impresos de todos los accidentes de aeronaves

comerciales de reacción (excluidas las aeronaves fabricadas o utilizadas de origen ruso los explotadores militares de aeronaves de tipo comercial). los datos de accidentes se obtienen de los informes de accidentes de los gobiernos explotadores fabricantes y diversos servicios gubernamentales y de información privados. La selección de los accidentes corresponde fundamentalmente al de la definición de accidente de la National Transportation Safety Board de los Estados Unidos (NTSB Y las variables de interés en esta base de datos son la base de vuelo (consideraciones en materia de cargo de trabajo). el tipo de aeronave (el diseño, los factores causales (incluidos la tripulación primaria de vuelo).

Sistemas de notificación voluntaria de accidentes/incidentes

Se dispone de muchas informaciones valiosas sobre factores humanos en sistemas de notificación confidenciales en su mayor parte utilizados por varios Estados para recopilar información sobre accidentes e incidentes de pilotos, controladores y otro personal aeronáutico involucrado. Dichos sistemas de notificación son voluntarios (la persona que ha experimentado, o tiene conocimiento del incidente no tiene ninguna obligación de hacer una notificación), y habitualmente se otorga cierto grado de protección al notificador, quien en la mayoría de los casos ha cometido un error no intencional al volar o estar al mando de una aeronave. El notificador debe tener garantía de cierto grado de inmunidad respecto a las medidas judiciales (por ejemplo, suspensión o revocación de la licencia de piloto) a cambio de lo cual el organismo que recopila los informes puede echar una mirada más detallada en las condiciones subyacentes del incidente. Este tipo de información es casi imposible de obtener después de un accidente o un incidente utilizando métodos de investigación normales, ya sea porque el piloto ha muerto o debido a que el notificador (piloto, controlador u otra persona) no está dispuesto ha declarar por temor a represalias del organismo de otorgamiento de licencias del gobierno, de la policía o del empleador.

En general los informes de las personas involucradas ya sea que hayan sido reunidas por un investigador después del incidente o notificadas por la persona involucrada a un sistema de notificación confidencial son vulnerables en cuanto a falsedades e incoherencias y deberían ser consideradas por el investigador como otro elemento más de información a ponderar y validar. Los sistemas de notificación confidencial están sujetos a interpretación errónea si el investigador intenta establecer datos estadísticos con los mismos, suponiendo incorrectamente que el modelo en este tipo de base de datos es comparable al modelo de una base de datos de investigación de accidentes estatal como, por ejemplo, la base de datos ADREP de la OACI o la de la NTSB de los Estados Unidos.

Los sistemas de notificación confidencial contienen únicamente información que se ha aportado voluntariamente. Según sea el nivel de inmunidad otorgado y según los tipos de errores para los que se concede la inmunidad en cuestión, los niveles de informe para estos tipos de errores pueden estar inflados. Por ejemplo, en el sistema Aviation Safety Reporting System (ASRS) de los Estados Unidos que lo explotan de manera conjunta la Administración Federal de Aeronáutica (FAA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), un gran porcentaje de los informes entraña desviaciones de las actitudes asignadas, debido a que los pilotos que notifican dichas desviaciones a la ASRS están protegidos de las suspensiones de sus licencias (castigo común para dicho tipo de desviación).

Por lo tanto el investigador que opta por utilizar datos de los sistemas de notificación confidencial debería consultar a los administradores de estas bases de datos para entender el significado de los mismos. Al igual que con las bases de datos sobre accidentes/incidentes, estos datos pueden ser muy útiles mientras el investigador entienda el alcance y las limitaciones de la base de datos.

Entre las bases de datos de sistemas de notificación confidencial se cuentan:

Australia CAIR
P.O. Box 600
Civic Square
ACT 2608

Canadá SECURIT AS
P.O. Box 1996
Station B
Hull,P.Q.
J8X 322

Reino Unido CHIRP
Freepost
RAF IAM
Franborough, Hants.
GUI46BR

Estados Unidos ASRS Office
625 Ellis Street, Suite 305
Mountain View, CA
94043

Apéndice 5 del Capítulo 4
BIBLIOGRAFÍA

GENERALIDADES

Hawkins, Frank H." *Human Factors in Flight,* Gower Technical Press, 1987.

Weiner, E., & Nagel, D., *Human Factors in Aviation*, Academic Press, 1988.

Hurst, R., & Hurst, L.R. (Eds.), *Pilot Error* (2nd Edition), Granada Publishing Ltd. Londres, 1978.

IATA *Airline Guide 10 Human Factors,* International Air Transport Association, Montreal, 1981.

ASPECTOS RELACIONADOS CON EL COMPORTAMIENTO

Benson, A.J., & Burchad, E., *Spatial Disorientation: A Handbook for Aircrew,* NATO AOARD-AO-170, 1973.

Robinson, J.O., *The Psychology of Visual Illusion,* Hutchinson, Londres, 1972.

Bond, N.A., Bryan, O.L., Riney, J. W., Warren, N.D., *Aviation Psychology,* University of Southern California, 1985.

Allnutt, M., *Human Factors: Basic Principles in Pilot Error* (2nd Edition), Granada, 1983.

Jenson, Richard S., *Aviation Psychology,* Gower Technical Press, 1989.

Reason, J.T., *Human Error,* Cambridge University Press, Nueva York, 1990.

Perrow, Charles, *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies,* Basic Books, 1984.

Rasmussen, J., Duncan, K., & Leplay,. (Eds), *New Technology and Human Error,* Wiley, Londres, 1987.

Sjenna, Olaf, *Cause Factor: Human. A Treatise on Rotary Wing Human Factors,* Health and Welfare Canada, 1986.

Farmer, Eric W., *Personality Factors in Aviation,* International Journal of Aviation Safety, Septiembre 1984.

Shaw, L., & Satchel, H., *Accident Proneness,* Pergamon Press, Oxford, 1971.

ASPECTOS MÉDICOS

Dehnin, O., Sharp, O.R., & Ernsting, J., *Aviation Medicine,* Tri- Med Books, Londres.

Dinges, David F., *The Nature and Timing of Sleep,* Tmasactions and Studies of the College of Physicians of Philadelphia, 1984.

Dobie, T.G., *Aeromedical Handbook for Aircrew,* NATO AGARD-AG-154,1972.

Green, Roger, *Alcohol and Flying,* International Journal of Aviation Safety, Vol. 1, Junio 1983.

Metz, B., & Marcoux, F., *Alcoolisation et accidents du travail,* Revue de L ' Alcoolisme, 1960.

ICAO, *Manual of Civil Aviation Medicine,* Doc 8984, 1985. Hartzell, W. MD, *A brief Review of Selected Areas of Aviation*

Medicine and Physiology, AGARD-LS-125, 1982. Nicholson, Group Captain, A.N., *Circadian Rhythms and Disturbed Sleep: Its Relevance to Transport Operations,* International Journal of Aviation Safety, Vol. 1, No. 3, 1984.

Green, Roger, *Stress and Accidents in Aviation,* International Journal of Aviation Safety, Septiembre, 1984.

Selye, Hans, *Stress Without Distress,* J.B. Lippincott, Nueva York, 1974.

Haward, L.R.C., *Effects of Domestic Stress on Flying,* Revue de Médecine Aéronautique et Spatiale, 1974.

Mohler, Stanley R. MD, *The Human Element in Air Traffic Control,* Aeromedical Aspects, Problems and Prescriptions, International Journal of Aviation Safety, Vol. 1, No. 3.

ASPECTOSOPERACIONALES

FSF, *Preflight Crew Briefings: A Step Towards Improved Communication,* 1984.

Helmreich, R.L., *What Changes and What Endures: The Capabilities and Limitations of Training and Selection, The Flight Operations Symposium,* Irish Air Line Pilots Association/Aer Lingus, Dublin, 1983.

Hopkins, David, V., *Human Factors in Air Traffic Control,* AGARDograph, N. 275, 1982.

Melton, Smith et al., *Stress in Air Traffic Controllers: Comparison of Two Air Route Traffic Control Centres on Different Shift Rotation Patterns,* FAA-AM-75-7, 1975.

Murrell, H., *Motivation at Work,* Methuen, Londres, 1976. Vroom, V.H., & Deci, E.L., *Management and Motivation,* Penguin Books, Harmondsworth, 1970.

ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS TAREAS

Ruffell Smith, H.P., *A Simulator Study of the Interaction of Pilot Workload with Errors. Vigilance and Decision-Making,* NASA-Ames, 1979.

Gabriel, R.F., *Some Potential Errors in Human Information Processing During Approach and Landing,* International Symposium on Human Factors, Air Line Pilots Association, Washington, 1977.

Perrow, Charles, *Normal Accidents. Living with Hugh-Risk Technologies,* basic Books, 1984.

Rasmussen, J., Duncan, K., & Leplay, .(Eds), *New Technology and HumanError,* Wiley, Londres, 1987.

Wickens, C.D., Stokes, A., & Bamett, B.J., *Componential Analysis of Decision-Making,* University of Illinois Aviation Research Laboratory Technical Report AR -87 -41 SCEEE-87-1,1987.

Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (Eds.), *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biaises,* Cambridge University Press, Nueva York, 1982.

Kahneman, D., & Tversky, A., *On the Psychology of Prediction,* Psuchological Review, 80, 251-273,1973.

Kantowitz, B.H., & Sorkin, R.D., *Human Factors: Understanding People-System Relationships,* Wiley, Nueva York, 1983.

Loftus, O.R., Dark, V.J., & Williams, D., *Short-Term Memory Factors in Ground ControllerlPilot Communications,* Human Factors, 21,169-181, 1979.

Helmreich, R.L., *Social Psychology on the Flight Dech,* Proceedings of a NASA/lndustry Workshop, Resource Management on the Flight Deck, 1979.

Helmreich, R.L., Foushee, H.C., Benson, R., & Russii, W., *Cockpit Resource Management: Exploring the Altitude-Performance Linkage,* Aviation, Space and Environmental Medicine, 1986.

Lauber, J.K., & Fouchee, H.C., *Line-Oriented Flight Training,* the Flight Operations Symposium, Irish Air Line Pilots AssociationlAer Lingus, Dublin, 1983.

ASPECTOS RELACIONADOS CON EL EQUIPO

Chapanis, A., *Ethnic Variables in Human Factors Engineering,* John Hopkins University Press, Baltimore, 1975.

Hawkins, F .H., *Crew Seats in Transport Aircraft,* Shell Aviation News, 418:14-21,1973.

Hawkins, F .H., *Some Ergonomic Aspects of Cockpit Panel Design for Airline Aircraft,* Shell Aviation News, 437:2-9, 1976.

Kopkin, V.O., & Taylor, R.M., *Human Factors in the Design and Evaluation of Aviation Maps,* NATO AGARD-AG-225, 1979.

Stokes, A., Wickens, C., & Kite, K., *Display Concepts, Human Factors Concepts,* Solciety of Automotive Engineers, Inc., 1990.

Wilson, l.W., & Bateman, L.F., *Human Factors and the Advanced Flight Deck,* The 32nd Iternational Air Safety Seminar, 1979.

Wiener, Earl L., *Human F actors of Cockpit Automation: A Field Study of Flight Cre1v Transiiton,* NASA-Ames, NCC2-152, 1985.

ASPECTOS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE

Green, R.G., *Communication and Noise,* Aviation Medicine, G. Dhenim (Ed.), Vol. 1, Tri-Med Books, Londres, 1985.

Rood, Dr, G., *Aircraft Cockpit and Flight Deck Noise,* International Journal of Aviation Safety, marzo 1985.

Mason, C.D., *Visual Landing Illusion,* Business Aviation Safety, 1985.

Mitchell, Michael K., *Bush Pilote Syndrome, A Critical Incident Analysis,* alaskan Aviation Safety Foundation, abril, 1993.

Transport Canada, *Flying the Alaska Highway in Canada,* TP2168.

Negrette, Arthur, J., *Wire Strikes: Misconceptions and Insights,* FSF Helicopter Saety Bulletin, Julio/octubre 1981.

Myles, W.S., & Chin, a.K., *Physical Fitness and Tolerance to Environmental Stresses: A Review of Human Research on Tolerance to and Work Capacity in Hot, Cold and High Altitude Environments,* DCIEM Report No. 74-R- 1008, Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, Downsview, Ontario, 1974.

NOTAS

Parte 1, Capítulo 2 -Factores humanos, gestión y organización

l. National Transportation Safety Board, Aircraft Accident Report 93/02 (NTSB/AAR-93/02).

2. James Reason, 1987 "The Chernobyl errors" *Bulletin of the British Psychological Society:* 40, 201-206.

3. Hal Hendrick, 1991 "Ergonomics in Organizational Design and Management" *Ergonomics*, Vol. 34, No 6, 743-756.

4. Gerartl Bruggink, 1990. "Reflections on-Air Carrier Safety" *The Log*, 11-15.

5. B. Turner, D. Pidgeon, D. Blockley & B. Toft, 1989. "Safety Culture: Its Importance in Future Risk Management" *The Second World Bank Workshop on Safety Control and Risk Management.* Karistad, Suecia.

6. Nick Pidgeon, 1991 "Safety Culture and Risk Management in Organizations" *Journal of Cross-cultural Psychology*, Vol. 22, No 1, 129-140.

7. Najmedin Meshkati, 1991 "Human Factors in Large-scale Technological Systems Accidents: Three Mile Island, Bhopal and Chernobyl" *Industry Crisis Quarterly* 5, 133-154.

8. James Reason, 1991 *How to Promote Error Tolerance in Complex Systems in the Context of Ship and Aircraft.*

9. James Reason, 1987 "The Chernobyl Errors" *Bulletin of the British Psychological Society*, 40, 201-206.

10. National Transportation Safety Board (NTSB), 1991. Aircraft Accident Report, AAR-91/08.

11. The Hon. Virgil P. Moshansky, 1992. Commission of Inquiry into the Air Ontario Crash at Dryden, Ontario. Informe final, Vol. 111.

12. Richard H. Wood, 1991 *Aviation Safety Programs -A Management Handbook*. IAP Incorporated, Casper, Wyoming, EVA. 13. Anthony Hidden (QC), 1989. Investigation into the Clapham Junction Railway Accident. Ministerio de Transporte, Londres.

Publicación oficial.

14. C.O. Miller, 1991 Investigación de los factores relacionados con la gestión en un accidente aéreo. Conferencia Brasileña de la Seguridad del Transporte, Río de Janeiro, Brasil.

15. National Transportation Safety Board (NTSB), 1991. Aircraft Accident Report AAR-91/03.

16. Linda Smircich, 1983 "Concepts of Culture and Organizational Analysis". *Administrative Science Quarterly*, 28, 339-358. 17. R. Westrum, 1988 "Organizational and Inter-organizational Thought". World Bank Workshop on Safety Control and Risk

Management, Washington, D.C.

18. Algunas organizaciones dentro de la aviación pueden no responder exactamente a este concepto. Dichas organizaciones incluyen a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), las administraciones de aviación civil, la Fundación para la seguridad de vuelo (FSF) y la Asociación internacional de investigadores de seguridad aeronáutica (ISASI). Dado que tienen como objetivo principal el fomento y el adelanto de la seguridad y la eficacia en la aviación civil y que no se dedican de manera activa a operaciones de producción, la producción de la seguridad se convierte en su finalidad principal.

19. Richard H. Wood, 1991 *Aviation Safety Programs -A Management Handbook*. IAP Incorporated, Casper, Wyoming, EVA. 20. Transport Canada, 1991. Company Aviation Safety Officer Manual, Vol. l.

21. John A. Pope, 1989 "Questions, More Questions". Flight Safety Foundation, *Flight Safety Digest,* enero de 1989, 1-4.

22. Robert L. Helmreich, 1992 "Human Factors Aspects of the Air Ontario Crash". *Commission of the Inquiry into the Air Ontario Crash in Dryden, Ontario.* Technical Appendices.

23. G. Hofstede, 1980 "Motivation, Leadership and Organization: Do American Theories Apply Abroad?" *Organizational Dynamics*, verano de 1980, 42-63.

24. Nancy J. Adler, 1991 *International dimensions of organizational behaviour* (2a. edición). Boston: PWS-Kent Publishing Company.

25. B. Turner, N. Pidgeon, D. Blockley & B. Toft, 1989 "Safety Culture: Its Importance in Future Risk Management". The Second World Bank Workshop on Safety Control and Risk Management. Karlstad, Suecia.

26. B. Turner, 1989 "How Can we Design a Safe Organization?". Second International Conference on Industrial and Organizational Crisis Management. New York University, Nueva York, EUA.

27. Canadian Aviation Safety Board, 1986. Aviation Occurrence Report No. 84-H40006.

28. Najmedin Meshkati, 1991 "Human Factors in Large-scale Technological Systems' Accidents: Three Mile Island, Bhopal and *Chernobyl".Industry Crisis Quarterly* 5,133-154.

29. D. Fennell, 1988 Investigation into the King's Cross Underground Fire. *Ministerio de Transporte,* Londres, HMSO.

30. Hay que considerar por lo menos cinco aspectos al definir el medio ambiente: socioeconómico, educativo, político, jurídico y cultural.

31. Hal Hendrick, 1991 "Ergonomics in Organizational Design and Management". *Ergonomics,* Vol. 34, No 6,743-756.

32. National Transportation Safety Board, 1991. Aircraft Accident Report AAR-91/09.

33. Ministerio de Justicia, Informe de accidente grave núm. 2/1988, Helsinki, 1990. Informe de accidente aéreo, Embraer 110 Bandeirante, OH-EBA, en la proximidad del aeropuerto de Ilmajoki, Finlandia, 14 de noviembre de 1988.

34. James Reason, 1990 *Human Error,* Cambridge University Press.

35. Para un análisis completo de este tema véase la Parte 2, Capítulo 4.

36. James Reason, 1990. Obra citada.

37 Transportation Safety Board of Canada, 1990. Aviation Occurrence Report No. 89HOO07.

38. Transport Canada, 1991. Aviation Safety Newsletter, ASL 3/91.

39. James Reason, 1990. Obra citada.

40. Najmedin Meshkati, 1991. Obra citada.

4 l. L.G. Lautman & P. Gallimore, 1989 "Control of Crew-caused Accidents". Flight Safety Foundation, *Flight Safety Digest,* octubre de 1989.

42. John K. Lauber, 1989 "Human Performances and Aviation Safety -Some Issues and Some Solutions". *Airline Pilot,junio* de 1989.

43. National-Transportation Safety Board, 1990. Aircraft Accident Report AAR-90/05.

44. W. Wagenaar, P. Hudson & J. Reason, 1990 "Cognitive Failures and *Accidents".Applied Cognitive Psychology,* Vol. 4, 273-294. 45. Para detalles adicionales sobre el tema, véase J. Lederer, C. O. MilIer, y C. F. Schmidt, *"The Economics of Safety in Civil Aviation (Planning Study)* ", F AA Technical Report ADS- 7, diciembre de 1963.

46. A. Degani & E. Wiener, 1991 "Philosophy, Policies, Procedures and Practices": The Four P's of Flight Deck Operations". *Proceedings of the Sixth International Symposium on Aviation Psychology,* Columbus, Ohio, EUA.

47. British Airways Ground Proximity Warning System Policy, 4 de enero de 1993.

48. James Reason, 1990 *Human Error.* Cambridge University Press.

49. Richard H. Wood, 1991. Obra citada.

50. Maury HilI, 1993 *An Assessment of Conventional Risk Management, Human Reliability Assessment and System Analysis. and their Role in Complex Man-Machine Systems,* Montreal, Canadá.

Parte 1, Capítulo 3 -Aspectos relativos a los factores humanos en el desarrollo e implantación de los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM)

l. Para un desarrollo más amplio de este tema véase Harold E. Price, "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANPRINT Harol* R. Booher (editor). Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1990.

2. Bainbridge, L., "Ironies of Automation", en *New Technology and Human Error,* J. Rasmussen, K. Duncan y J. Lepalt (editores). John Wiley and Sons Ud., 1987.

3. Para un análisis más amplio de este tema, véase Wiener, E.L. y Nagel, D.C., "Human Factors in Aviation, Section Two: Pilot Performance". San Diego, Academic Press, Inc., 1988; y Cooley, M.J.E., "Human Centered Systems: An Urgent Problem for System Designers". Al and Society 1, 1987.

4. Delta Airlines. "Statement of Automation Philosophy".

5. Véase Parte 2, Capítulo 3 -*Consecuencias operacionales de la automatización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada* en lo que atañe a otras definiciones de la automatización que se utilizan en este capítulo.

6. Dr. A. Isaac, "Imagery Ability and Air Traffic Control Personnel", nota presentada en la Conferencia de psicología de Nueva Zelandia- Aviation Psychology Symposium. Massey University, Palmeston North, 1991.

7. Otro estudio (en los Estados Unidos) en psicología cognitiva sugiere que el tratamiento de los datos a niveles múltiples (la manipulación física y la repetición constituyen dos ejemplos) debería reforzar el recuerdo de la información que se está procesando. No obstante, hay poca información disponible en cuanto a la manera en que este proceso funciona en el ATC y si la automatización tendrá un efecto negativo en la memoria en lo que respecta a los datos de vuelo.

8. Para un análisis completo de estos aspectos, remitirse a la Parte 2, Capítulo 3 -*Consecuencias operacionales de la auto- matización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada.*

9. Bainbridge, L., "Ironies of Automation", en *New Technology and Human Error,* J .Rasmussen, K. Duncan y J. Lepalt (editores). John Wiley and Sons Ud., 1987.

10. Para una información más amplia sobre este tema véase Perrow, C., *Normal Accidents: Livingwith High-risk Technologies.* Basic Books Inc., Nueva York, 1984.

I l. Para mayores detalles sobre las ventajas que se pueden derivar de la inversión en los aspectos de los factores humanos en la fase inicial, véase Harold E. Price, "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANPRINT.* Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1990.

12. Reason, J., *Human Error.* Cambridge University, Reino Unido, 1990.

13. Capítulo 2 -*Factores humanos. gestión y organización.*

14. Ellen Goodman, "The Boston Globe Newspaper Company/Washington Post Writers Group", 1987. Reproducido por Harold E. Price en "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANPR/NT,* Harold R. Booher (editor). Van Nostrand Reinhold, Nueva York,1990.

15. Para mayores detalles sobre las ventajas que se pueden derivar de la inversión en los aspectos de los factores humanos en la fase inicial, véase Harold E. Price, "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANP RINT.* Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1990.

16. Wiener, E.L., "Managament of Human Error by Design", Human Error A voidance Techniques Conference Proceedings. Society of Automotive Engineers, Inc., 1988.

17. Billings, C.E., "Human-Centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines". Memorando técnico de la NASA 103885, 1991.

18. MITRE Corporation, firma de ingeniería que efectúa análisis de sistemas y proporciona apoyo técnico de ingeniería y orientación a la Administración federal de aviación (F AA). En Charles Billings, "Human-Centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines". Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). Memorando técnico 103885, 1991.

19. Pfeiffer, J., "The Secret of Life at the Limits: Cogs Become Big Wheels", en *Smithsonian,* Vol. 27, Núm. 4,1989.

20. Wiener, E.L., y R.E.Curry, *Ergonomics.* 1980.

21. Lane, N.E., "Evaluating the Cost Effectiveness of Human Factors Engineering". Orlando, Florida, Essex Corporation, 1987. Reproducido por Harold E. Príce, "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANPRlNT* Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1990.

22. Reason, J., *Human Error.* Cambridge University Press, Reino Unido, 1990.

23. Véase Charles E: Billings, "Human-Centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines". Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (NASA). Memorando técnico 103 885, 1991.

Parte 1, Capítulo S -Cuestiones relativas a los factores humanos en la gestión del tránsito aéreo

l. El modelo SHEL está descrito en el Capítulo 3.

2. Por una explicación completa del concepto de sistemas, remitirse al Capítulo 4 -*Ergonomía*.

3. En lo relativo a bs aspectos ergonómicos del diseño de los espacios de trabajo del ATC, véase el Capítulo 4 -*Ergonomía*. 4. Wise, Hopkin and Smith (1991). *Automation and Sistems Issues in Air Traffic Control*.

5. Véase también el Capítulo 2 -CNS/ ATM Systems (Wiener's "Iron Law").

6. EA TCHIP es el Programa europeo de armonización e integración del A TC. El grupo de Recursos humanos ha producido un folleto sobre pautas para la elaboración e implantación de la gestión de los recursos del grupo.

7. Uno de los estudios más recientes publicados en el momento de redactarse este documento es una nota de estudio de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) de Ginebra, intitulada "Occupational stress and stress prevention in air traffic control" (ISBN 92-2- 110070-7).

Parte 1, Capítulo 6 -Los factores humanos en el mantenimiento e inspección de aeronaves

l. TechLog-Is *there a Maintenance Problem* (¿Existe un problema de mantenimiento?). AEROSPACE, Junio de 1993.

2. Reason, J. 1993. *Comprehensive Error management* (CEM) *in Aircraft Engineering* (Gestión global de errores (CEM) en Ingeniería de aeronaves).

3. Drury, C.G. *Errors in aviation maintenance: Taxonomy and control* (Errores de mantenimiento en la aviación: Clasificación y control). Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting (Actas de la 358 reunión de la Sociedad de factores humanos) 1991, páginas 42-46.

4. Hollnagel, E. Human Reliability Analysis -Context and Control (Análisis de la fiabilidad del ser humano -Contexto y Control). Academic Press, San Diego, CA, 1993.

5. Marx, D.A. y R.C. Graeber. *Human Error in Aircraft Maintenance* (El error humano en el mantenimiento de aeronaves), Boeing Commercial Airplane Group (Grupo Boeing de aviones comerciales). Seattle, Washington, 1993.

6. National Transportation Safety Board, *Aviation Accident Report, American Airlines DC-10, Chicago,* 1979 (NTSB/ AAR- 79/17) (Junta nacional para la seguridad del transporte, Informe sobre accidentes de aviación, DC-10 de American Airlines, Chicago, 1979) Washington, D.C., 1979.

7. Boeing 747 SR-100, *JA8119, Accident at Gunma Prelecture* , (Accidente en la prefectura de Gunma) Japón, ocurrido el12 de agosto de 1985. Informe publicado por la Comisión de investigación de accidentes de aeronaves de Japón.

8. National Transportation Safety Board. *Aircraft Accident Report, Aloha Airlines Fligh* 243, (Junta nacional para la seguridad del transporte. Informe sobre accidentes de aeronaves, vuelo 243 de la empresa Aloha Airlines), Boeing 737-200, N73711, ocurrido cerca de Maui, Hawai, el28 de abril de 1988 (NTSB/AAR-89/03). Washington, D.C. 1989.

9. Sears, R.L. 1986. *A new look at accident contributions and the implications of operational training programs* (Una nueva perspectiva de las causas de accidentes y las repercusiones de los programas de formación operacional al respecto). (Informe no publicado). Citado en Graeber, R.C. and D.A. Marx. *Reducing Human Error in Aviation Maintenance Operations.* (Reducción de los errores humanos en las operaciones de mantenimiento de las aeronaves). (Presentado en el 460 Seminario internacional anual de seguridad aérea celebrado por la Fundación para la seguridad de vuelo. Kuala Lumpur, Malasia. 1993)

10. Administración de Aviación Civil del Reino Unido (CAA UK), *Maintenance Error* (Errores de mantenimiento). Seguridad aérea en Asia y el Pacífico. Septiembre de 1992.

11. Graeber, R.C. y D.A. Marx. Reduced Human Error in Aircraft Maintenance operations (Reducción del error humano en las operaciones de mantenimiento de las aeronaves) 1993.

12. Resumido de *Finger-Tight, at 290 {(a tale of the unespected),* (Tomillos casi sueltos en el nivel 290 (un recuento de lo inesperado)], Robin Rackham, libro de vuelo, BALPA, agosto/septiembre de 1993.

13. National transportation Safety Board, Aircraft Accident report, Eastern airlines Inc., L-I O 11, (Junta nacional para la seguridad ,*1* del transporte, informe sobre accidentes de aeronaves, Eastern Airlines Inc., L-1011) Miami, Florida, 5 de mayo de 1983, (NTSB/AAR-84/04), Washington, D.C.

14. AAIB, Informe sobre accidentes de aeronaves 1/92, *Report on the Accident to BAC One-Eleven,* G-BJRT (Informe sobre el accidente ocurrido a la aeronave BAC 1-11, G-BJRT) sobre Didcot, Oxfordshire, en fecha l0 de junio de 1990, Londres; HMSO.

15. National Transportation Safety Board, *Aircraft Accident Report, Continental Express Flight* 2574, (Junta nacional para la seguridad del transporte, informe sobre accidentes de aeronaves, vuelo 2574 de la empresa Continental Express), ruptura en vuelo,
EMB- 120RT, N33701. Septiembre de 1991 (NTSB/AAR-92/04), Washington, D.C. 1992.

16. National Transportation Safety Board "Aircraft Accident Report, Eastern Airlines Inc., L-1011", (Junta nacional para la seguridad del transporte, informe sobre accidentes de aeronaves, Eastern Airlines Inc., L-IO 11), Miami, Florida, 5 de mayo de 1983, (NTSB/AAR-84/04), Washington, D.C.

17. Ibid. Para un análisis detallado de los temas de factores humanos relativos a este incidente concreto, véase Marx, D.A. y R.C. Graeber. *Human Error in Aircraft Maintenance* (El error humano en el mantenimiento de aeronaves), Grupo Boeing de aviones comerciales, Seattle, Washington, 1993.

18. Para un examen más detallado de este asunto, véase el Capítulo 2.

19. AAIB, Informe sobre accidentes de aeronaves 1/92, *Report on the accident to BAC One-Eleven, G-BJRT* (Informe sobre el accidente ocurrido a la aeronave BAC 1-11, G-BJRT) sobre Didcot, Oxfordshire, en fecha 10 de junio de 1990), Londres: HMSO, *factores causales* (itálica agregada) página 54.

20. *From lndividuals to Organizations* (Del individuo a la organización. Nota de estudio de la OACI presebtada durante el cruso de convalidación sobre factores humanos en la aviación, que tuvo lugar en el Colegio Algonquin, Febrero de 1993.

21. Junta nacional para la seguridad del transporte, *Aircraft Accident Report, Continental Express flight* 2574, (Informe sobre accidentes de aeronaves, vuelo 2574 de Continental Express), ruptura en vuelo, EMB-120RT, N33701. Septiembre de 1991 (NTSB/AAR-92/04) Washington, D.C. 1992.

22. Ibid. Página 54. John K. Lauber, Miembro de NTSB. Dissenting Statement (Declaración de desconformidad).

23. Ibid. páginas 52-54 (Texto adaptado y letra itálica agregada).

24. Junta nacional para la seguridad del transporte, *Aircraft Accident Report, United Flight* 232, *McDonel1 Douglas DC-I O,* (Informe sobre accidentes de aeronaves, vuelo 232 de la empresa United Airlines, MacDonnell Douglas DC-10), Aeropuerto Gateway de Ciudad Sioux, Iowa, 19 de julio de 1989 (NTSB/ AAR-90/06) Washington, D. C. 1990.

25. Véase Marx, D.A. y R.C. Graeber. *Human Error in Aircraft Maintenance,* (El error humano en el mantenimiento de aeronaves)

Grupo Boeing de aviones comerciales, Seattle, Washington, 1993.

26. Junta nacional para la seguridad del, transporte, *Aircraft Accident Report, Continental Express Flight* 2574, (Informe sobre accidentes de aeronaves, vuelo 2574 de Continental Express), ruptura en vuelo, EMB-120RT, N33701. Septiembre de 1991 (NTSB/AAR-92/04) Washington, D. C. 1992.

27. Para mayor detalle sobre los factores humanos y la cultura de empresas u organizaciones, véase el Capítulo 2- Factores humanos, gestión y organización.

28. AAIB, Informe sobre accidentes de aeronaves 1/92, *Report on the Accident to BAC One-Eleven, G-BJRT* (Informe sobre el accidente de la aeronave BAC 1-11, G-BJRT) ocurrido sobre Didcot, Oxfordshire, ellO de junio de 1990, Londres: HMSO

29. El sistema CRM se explica con todo detalle en la Parte 2, Capítulo 2 -*Instrucción de la tripulación de vuelo: gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM) e instrucción de vuelo orientada a la línea aérea (LOFT).*

30. Robertson, M.J. Taylor, J. Stelly, y R. Wagner. *Maintenance CRM Training* (Instrucción CRM en la esfera del mantenimiento).

Decisión y sus repercusiones en la performance de mantenimiento explicadas mediante un ejemplo. Conferencia WEEAP. Marzo de

1994, Dublín. Véase también Stelly, J. y J. Taylor. *Crew Coordination Conceptsfor Maintenance Teams* (Conceptos de coordinación del personal en los equipos de mantenimiento). Actas del Séptimo simposio internacional sobre factores humanos en la esfera del mantenimiento e inspección de aeronaves. 1992, Washington, D.C.

31. Véase una explicación completa de estos conceptos en Campbell, R.J. *"Measurement of Workforce Productivity"* (Medición de la productividad laboral). Actas de la quinta reunión de la Administración Federal de A viación sobre temas relativos a factores humanos en el mantenimiento y la inspección -El ambiente de trabajo en el mantenimiento de las aeronaves. Enero, 1992. Washington, D.C.

32. Si se desea una presentación más detallada de la *automatización centrada en el ser humano,* véase el Capítulo 6.

33. De Marx, D.A. y C.R. Graeber (1994). *Human Error in Aircraft Maintenance* (el error humano en el mantenimiento de aeronaves). En N. McDonald, N. Johnston, y R. Fuller (Editores), Sicología Aeronáutica en la Práctica. Aldershot -Ashgate Press.

34. Ibid.

35. Bamett, M.L. 1987. *Factors in the Investigation of Human Error in Accident causation* (Factores de investigación del error humano en las causas de accidentes). Colegio de Estudios Marítimos. Warsash, Southampton, Reino Unido.

36. Junta Nacional para la Seguridad del Transporte. *Aircraft Accident Report, Aloha Airlines Flight* 243, (Informe sobre accidentes de aeronaves, Vuelo 243 de la Empresa Aloha Airlines), Boeing 737-200, N73711, Cerca de Maui, Hawai, 28 de abril de 1988 (NTSB/AAR-89/03). Washington, D.C. 1989. "

37. Johnson, W ,B. y W.B. Rouse 1982. *Analysis and Classification ofHuman Errors in Troubleshooting Live Aircraft Power Plants* . (Análisis y clasificación de errores humanos en la localización de averías en grupos motores de aeronaves en funcionamiento). IEEE. Consideraciones sobre sistemas, ser humano y cibernética.

Parte 2, Capítulo 2, Apéndice 1

l. Circular de asesoramiento (Proyecto 1.1), Grupo de trabajo CRM/LOFT, Subcomité de Instrucción, Grupo especial de trabajo conjunto Gubernamental/Industrial sobre comportamiento de la tripulación -30 de octubre de 1987

2. Circular de asesoramiento -30 de octubre de 1987. 3. Circular de asesoramiento -30 de octubre de 1988.

Parte 2, Capítulo 3 -Problemas relacionados con la instrucción de la auto matización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada

l. En -el diseño del puesto de pilotaje deben tenerse en cuenta dos aspectos de la gestión de sistemas: *control de la aeronave* (circuito interno, que ejerce las funciones psicomotoras), y *supervisión de la aeronave* (circuito externo, que exige habilidades cognoscitivas).

2. Por primera vez los dispositivos directores de vuelo suministraron "información de mando". El piloto disponía de los datos básicos pero no siempre los utilizaba como medio de controlo supervisión de la información integrada que presentaba el dispositivo director de vuelo.

3. La desconfianza es uno de los factores más importantes en el diseño de los sistemas. Si el sistema se concibe de forma tal que siempre haga lo que el piloto cree que debería hacer y *nunca* lo que cree que no debería hacer, probablemente el diseño será bueno. (Véase el principio Núm. 1 de Wiener-Curry, Apéndice

11). Esta cuestión deberían tenerla presente los pilotos que realizan las pruebas de certificación, quienes no deben hacer concesiones al evaluar un sistema y su funcionamiento.

4. Para un examen completo del concepto LOFT, véase
Parte Capítulo 2.

5. El gradiente de transferencia de la autoridad en el puesto de pilotaje es la relación de autoridad entre el comandante y el primer oficial. Este término fue empleado por primera vez por el Prof. Edwyn Edwards. Por ejemplo, en el caso de un comandante dominante y un primer oficial inseguro, el gradiente será empinado. Si, por el contrario, en una misma tripulación se asignan dos comandantes, el gradiente será bajo.

Parte 2, Capítulo 4 -Capacitación sobre factores humanos para los investigadores de la seguridad

l. James Reason, "Human Error", Cambridge University Press, Nueva York, 1990, 302 páginas. Véase también la Parte 1, Capítulo 2 de este manual.

2. Besco, R.O.,"Why Pilots Err: What can we do about it?", artículo publicado en *Forensic Reports,* Vol .4, núm.4 (1991), páginas 391-416.

3. "The Role of Analysis in the Fact-finding Process", Society of Air Safety Investigators, *Forum,* 1975.

4. Ibid.

5. Ronald L. Schleede,"Application ofa Decision-making Model to the Investigation of Human Error in Aircraft Investigation", ISASI Forum, 1979.

6. Richard Wood,"Aircraft Accident Report Development", *Forum,* Vol. 22, núm.4, 1989.

7. Ibid.

8. Richard Wood, "How Does the Investigator Develop Recommendations?", *Forum,* Vol. 12, núm.3, 1979.

-FIN-