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

MANUAL DE INSTRUCCIÓN SOBRE FACTORES HUMANOS

Doc 9683-AN/950

PRIMERA EDICIÓN — 1998



ENMIENDAS

La publicación de enmiendas y corrigendos se anuncia regularmente en la *Revista de la OACI* y en los suplementos mensuales del *Catálogo de publicaciones y de ayudas audiovisuales de la OACI*, documentos que deberían consultar quienes utilizan esta publicación. Las casillas en blanco facilitan la anotación.

REGISTRO DE ENMIENDAS Y CORRIGENDOS

ENMIENDAS			
Núm.	Fecha de aplicación	Fecha de anotación	Anotada por
1	30-9-03	31-3-04	
2	31/5/05	22/12/05	LUZHA

CORRIGENDOS			
Núm.	Fecha de publicación	Fecha de anotación	Anotado por

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 prácticos 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.

ÍNDICE

Página

PARTE 1. GENERALIDADES

Capítulo 1. Conceptos fundamentales sobre factores humanos 1-1-1

1.1 Introducción 1-1-1
1.2 El significado de los factores humanos 1-1-1
1.3 La necesidad de considerar los factores humanos en la industria 1-1-5
1.4 La aplicación del concepto de los factores humanos en las operaciones de la aviación 1-1-8

Bibliografía 1-1-16

Capítulo 2. Factores humanos, gestión y organización 1-2-1

2.1 Introducción 1-2-1
2.2 De las personas a las organizaciones 1-2-2
2.3 Organizaciones seguras y organizaciones que no lo son 1-2-6
2.4 Asignación de recursos 1-2-11
2.5 Contribución de la dirección de la empresa a la seguridad 1-2-15

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) 1-3-1

3.1 Introducción 1-3-1
3.2 El concepto CNS/ATM de la OACI 1-3-3
3.3 La automatización en los sistemas de aviación avanzados 1-3-6
3.4 La tecnología concebida en función del ser humano 1-3-12
3.5 Principios de la automatización concebida en función del ser humano 1-3-15
3.6 Cualidades de la automatización concebida en función del ser humano 1-3-19

Bibliografía 1-3-24

Página

Capítulo 4. Ergonomía 1-4-1

4.1 Introducción 1-4-1
4.2 Hechos básicos sobre ergonomía 1-4-1
4.3 Capacidad humana 1-4-4
4.4 Procesamiento de la información en el ser humano 1-4-8
4.5 Dimensiones del ser humano 1-4-10
4.6 Diseño de las pantallas de presentación visual, de los mandos y del puesto de pilotaje 1-4-11
4.7 El ambiente o entorno 1-4-25

Bibliografía 1-4-29

Capítulo 5. Cuestiones relativas a factores humanos en la gestión del tránsito aéreo 1-5-1

5.1 Introducción 1-5-1
5.2 Los factores humanos dentro de los sistemas 1-5-1
5.3 Automatización en el control de tránsito aéreo 1-5-5
5.4 La selección e instrucción de los controladores de tránsito aéreo 1-5-11
5.5 El elemento humano — atributos específicos 1-5-16

Bibliografía 1-5-22

Apéndice del Capítulo 5 1-5-25

Capítulo 6. Los factores humanos en el mantenimiento e inspección de aeronaves 1-6-1

6.1 Introducción 1-6-1
6.2 Factores humanos — mantenimiento e inspección de aeronaves 1-6-2
6.3 El error humano en el mantenimiento e inspección de aeronaves: perspectiva operacional 1-6-3
6.4 Cuestiones de factores humanos que repercuten en el mantenimiento de las aeronaves 1-6-9
6.5 Grupos de trabajo y aspectos de organización del mantenimiento de aeronaves 1-6-16

Página

6.6 Sistemas automatizados y de tecnología avanzada 1-6-19
6.7 Consideraciones y estrategias relativas a la prevención de errores 1-6-21

Bibliografía 1-6-25

PARTE 2. PROGRAMAS DE INSTRUCCIÓN PARA EL PERSONAL DE OPERACIONES

Capítulo 1. Programas básicos de instrucción sobre el desempeño humano para el personal de operaciones 2-1-1

1.1 Introducción 2-1-1
1.2 La instrucción sobre factores humanos para el personal de operaciones: introducción y reseña 2-1-2
1.3 La situación anterior 2-1-2
1.4 Puntos salientes de las cuestiones de factores humanos 2-1-3
1.5 El modelo SHEL 2-1-4
1.6 Las consecuencias de las disposiciones de los Anexos 1 y 6, Parte I 2-1-6
1.7 El programa de instrucción sobre el desempeño humano: propuesta de la OACI 2-1-7
1.8 Programa de instrucción sobre el desempeño humano para pilotos 2-1-7
1.9 Requisitos de habilidad 2-1-10
1.10 Programa de instrucción sobre el desempeño humano para controladores de tránsito aéreo 2-1-11
1.11 Instrucción sobre el desempeño humano para técnicos de mantenimiento 2-1-15
1.12 Consideraciones relativas a la instrucción que se impartirá y a la elaboración del programa 2-1-15
1.13 Filosofía y objetivos de la instrucción 2-1-15
1.14 Desarrollo de habilidades, evaluación del personal de operaciones y evaluación de los cursos de instrucción 2-1-16
1.15 Programa de instrucción sobre el desempeño humano para los mecánicos de mantenimiento de aeronaves 2-1-17

Apéndice 1 del Capítulo 1 2-1-23
Apéndice 2 del Capítulo 1 2-1-25
Apéndice 3 del Capítulo 1 2-1-29

Página

Capítulo 2. Instrucción en gestión de recursos en el puesto de pilotaje (CRM) 2-2-1

2.1 Introducción 2-2-1
2.2 Instrucción de gestión de recursos en el puesto de pilotaje (CRM) 2-2-1
2.3 Instrucción sobre gestión de amenazas y errores (TEM) 2-2-8
2.4 Orientación para integrar TEM en CRM ... 2-2-12
2.5 Instrucción de vuelo orientada a las líneas aéreas (LOFT) 2-2-20

Bibliografía 2-2-28

Capítulo 3. Problemas relacionados con la instrucción de la automatización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada 2-3-1

3.1 Introducción 2-3-1
3.2 Introducción a la automatización 2-3-1
3.3 Cuestiones y preocupaciones en materia de automatización 2-3-6
3.4 Instrucción en materia de automatización 2-3-14
3.5 Técnicas de gestión y estrategias que las sustentan 2-3-18

Bibliografía 2-3-21

Apéndice 1 del Capítulo 3 2-3-23
Apéndice 2 del Capítulo 3 2-3-28
Apéndice 3 del Capítulo 3 2-3-30

Capítulo 4. Capacitación sobre factores humanos para los investigadores de la seguridad 2-4-1

4.1 Introducción 2-4-1
4.2 Necesidad y finalidad de la investigación de los factores humanos 2-4-2
4.3 Conducción de la investigación 2-4-9
4.4 Notificación y acción preventiva 2-4-20

Apéndice 1 del Capítulo 4 2-4-27
Apéndice 2 del Capítulo 4 2-4-36
Apéndice 3 del Capítulo 4 2-3-40
Apéndice 4 del Capítulo 4 2-4-43
Apéndice 5 del Capítulo 4 2-4-45

Notas

PARTE 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1
CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE FACTORES HUMANOS

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 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 varios países. 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 capítulo 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 multi-disciplinaria 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 torno 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 reco-gidos 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 SHEL [cuyo nombre se deriva de las letras iniciales de sus componentes en inglés: 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.

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.



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 de que no encajen puede dar lugar a errores humanos.

Modelo SHEL modificado por Hawkins

b) Necesidades físicas. Las necesidades de alimento, agua y oxígeno 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 caso 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, se envían 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 SHEL 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 se considera cuando hablamos de sistemas ser humano-máquina: el diseño de los asientos para ajustarlos a las características del cuerpo humano sentado, de pantallas que se ajusten a las características sensoriales y a las del procesamiento de información del usuario, de controles 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 humana 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 oxígeno, 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 ozono 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 médico 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 casos 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 sólo 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 malos 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 esencial 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 1972 — 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 carga, que se abrió y se rompió. En este caso, se citaron como factores la fuerza aplicada al cerrar la puerta por el empleado encargado de manipular la carga, 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 relativo a la terminología del tránsito aéreo (NTSB/AAR 75-16).

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).

6) 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 condiciones 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 había 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 pérdida de control en 1985, en el cual un B-747 experimentó una caída de 20 000 ft en menos de dos minutos y sufrió daños estructurales (NTSB/AAR 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/AAR 88-05).

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.

1.3.7 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 medio 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 períodos 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

1.3.11 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 carga, por ejemplo), que efectúan sus vuelos en horarios irregulares o nocturnos, pueden ver reducido su rendimiento debido a dicha alteración circadiana. 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 período 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 dósis 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 aumenta 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 pérdida 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 casos 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 períodos 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, y los daños resultantes deberían atribuirse a la respuesta personal más que al factor incidental.

1.4 LA APLICACIÓN 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 SHEL 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, pueden producirse errores al buscar información vital, debido a que la documentación y las cartas son confusas, engañosas o excesivamente recargadas de elementos.

— Los errores correspondientes a la interfaz elemento humano-ambiente se originan en los factores ambientales (el ruido, el calor, 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 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.

El 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, dado 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 medio 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 cómo se aplican los factores humanos para proyectar métodos de instrucción operacional.

1.4.7 La educación y el adiestramiento se 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 menos que la educación previa haya establecido las bases para desarrollar dichas pericias, conocimientos o actitudes.

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

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 keroseno 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 relaciona 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 UTILICE KEROSENO. PUEDE HACER QUE EL MOTOR SE PARE Y MATARLO A USTED DE PASO."

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, dado 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 períodos 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 menos 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 determina 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.

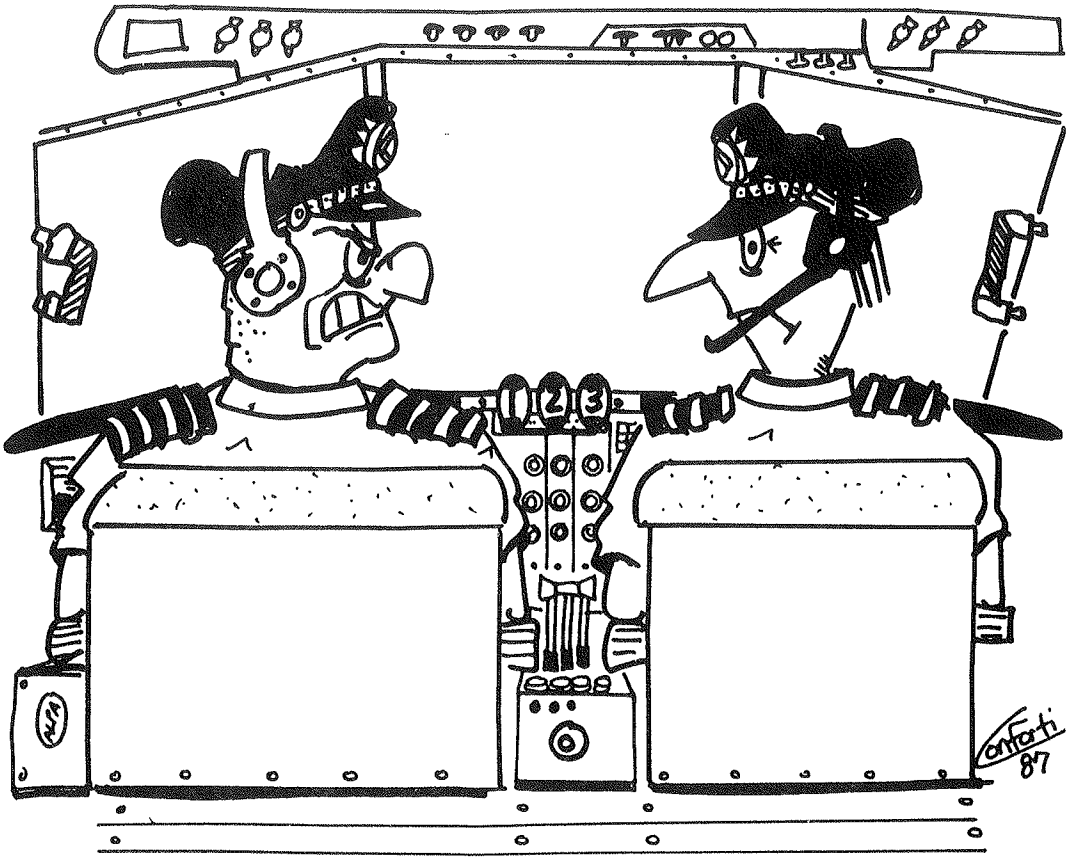
1.4.13 Existen dos tipos principales de dispositivos para la instrucción: las ayudas didácticas (diapositivas, videogramas, pizarrón, cartas murales) que facilitan al maestro la presentación de un tema y los equipos de instrucción (como los simuladores de vuelo) que permiten la participación activa y 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 el 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 límites superiores de la simulación, un pequeño aumento en la fidelidad resulta muy caro; 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 críticas para la operación. La baja fidelidad del equipo es aceptable cuando se empiezan a aprender los procedimientos, a fin de evitar la confusión 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.



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

Air Line Pilot, abril de 1988

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 congnoscitiva del mundo en el cual vivimos, permitiéndonos tomar decisiones rápidas acerca de qué debemos hacer cuando confrotamos 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 vuelos 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.

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 ambigüos, 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 ambigüa, 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 vuelo 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 eléctronica de vuelo, que aparece en la pantalla — algunos aspectos básicos exigen llevar a un 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 determina 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 propiados.

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 líquido) 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 se 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 relativas 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 alta 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 Ergonomics Society.

The International Journal of Aviation Psychology; Estados Unidos; publicación trimestral; Lawrence 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 ASRS.

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

ASRS Contractor Reports; Estados Unidos; NASA-Ames; publicación periódica; análisis de datos ASRS.

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

Libros — Lectura recomendada

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

Green, R.G., Muir, H., James, M., Gradwell, D. & Green, R.L. *Human Factors for Pilots*. Averbury Technical.

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

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

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

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

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 System*. Averbury Aviation.

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 Aviation.

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

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

O'Hare, D. & Roscoe, S. *Flightdeck performance:* 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*. Routledge & 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. & 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 INTRODUCCIÓN

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 (LOFT), 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 Island (Pensilvania, EUA, 28 de marzo de 1979) y Chernobyl (Ucrania, URSS, 26 de abril de 1986), el transbordador espacial Challenger (Florida, EUA, 28 de enero de 1986), el doble desastre de B-747 en Tenerife (Islas Canarias, España, 27 de marzo 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." [1]

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 más 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 Management and 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 capítulo, 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 crítica injustificada dirigida a sus administraciones o sistemas de aviación. Por el contrario, constituye el reconocimiento implícito de una actitud progresista en materia de seguridad, dado que en virtud de ser pioneros en la aplicación de la perspectiva de avanzada de este capítulo, dichos Estados van a la vanguardia de los esfuerzos de la comunidad internacional 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 Chernobyl, 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 qué 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 aeroespacial, 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 aunan 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 aeroespaciales, 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 pérdidas de vida y de bienes, dado 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.[7] 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 se 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 "período de incubación", que a menudo se puede establecer en términos de años, hasta que un hecho desencadenante 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 .[8] El medio ambiente en el que se producen dichas interacciones influye aún 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 examina desde el punto de vista de la seguridad de los sistemas sociotécnicos, es evidente que los ingredientes del desastre de Chernobyl 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 hacía 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 hacía 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 tránsito, lo cual culminó en autorizaciones inapropiadas y el subsiguiente choque ... [*operadora que poseía una limitada comprensión del sistema que estaba controlando y que tenía un cometido que hacía 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 más 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 "período 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-1000 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."[11]

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 última válvula de seguridad del sistema, mediante un mayor adiestramiento, la recertificación y el 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 son 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, dado que es imposible prever todas las futuras

clases de error humano. Tratar de eliminar todos los errores humanos constituye una meta inalcanzable dado 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 forme parte del sistema, éste 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. Se permitía a la preocupación por la seguridad coexistir con métodos de trabajo que ... eran ciertamente peligrosos. Esta desafortunada coexistencia nunca fue detectada por la dirección y por lo tanto los malos 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 materializa 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, sería 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 ese 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 Beechcraft 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".[15]

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, visto 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 masas. 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

2.3.1 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. Se 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 asimismo en 2.5.5.

Cultura de la empresa

2.3.3 *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 21R 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] se 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 qué el desentendimiento del comandante por los procedimientos de la compañía y del manual del vuelo de la aeronave no quedó 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 políticas 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 comparten 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, dado 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, dado 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 mínimo 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 daño 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 El 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 tenía 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:

> "El 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 sabía 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 tirado 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 se 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 se 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 provocarán 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 más 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 NTSB 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 críticas llegaran a todos los pilotos de línea de estos aviones ... la clave más crítica 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 determina 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 Administración Federal de Aeronáutica, de la empresa Douglas Aircraft y 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 se 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 el 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 constató 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 adopten 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 se 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 gasto 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 sólamente 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 cómo 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 sí 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.

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

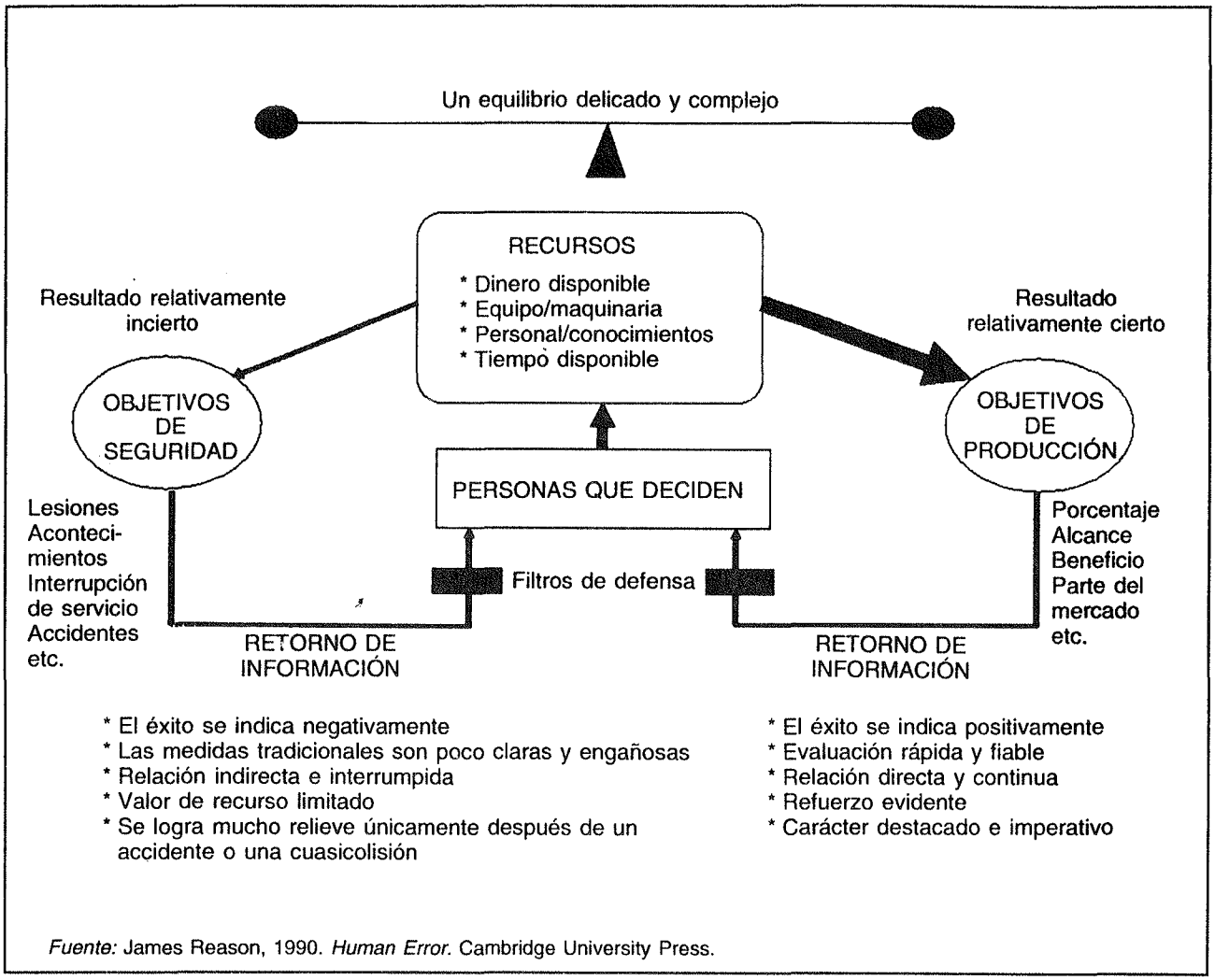


Figura 2-1. Resumen de algunos factores que contribuyen a decisiones de alto nivel con fallas

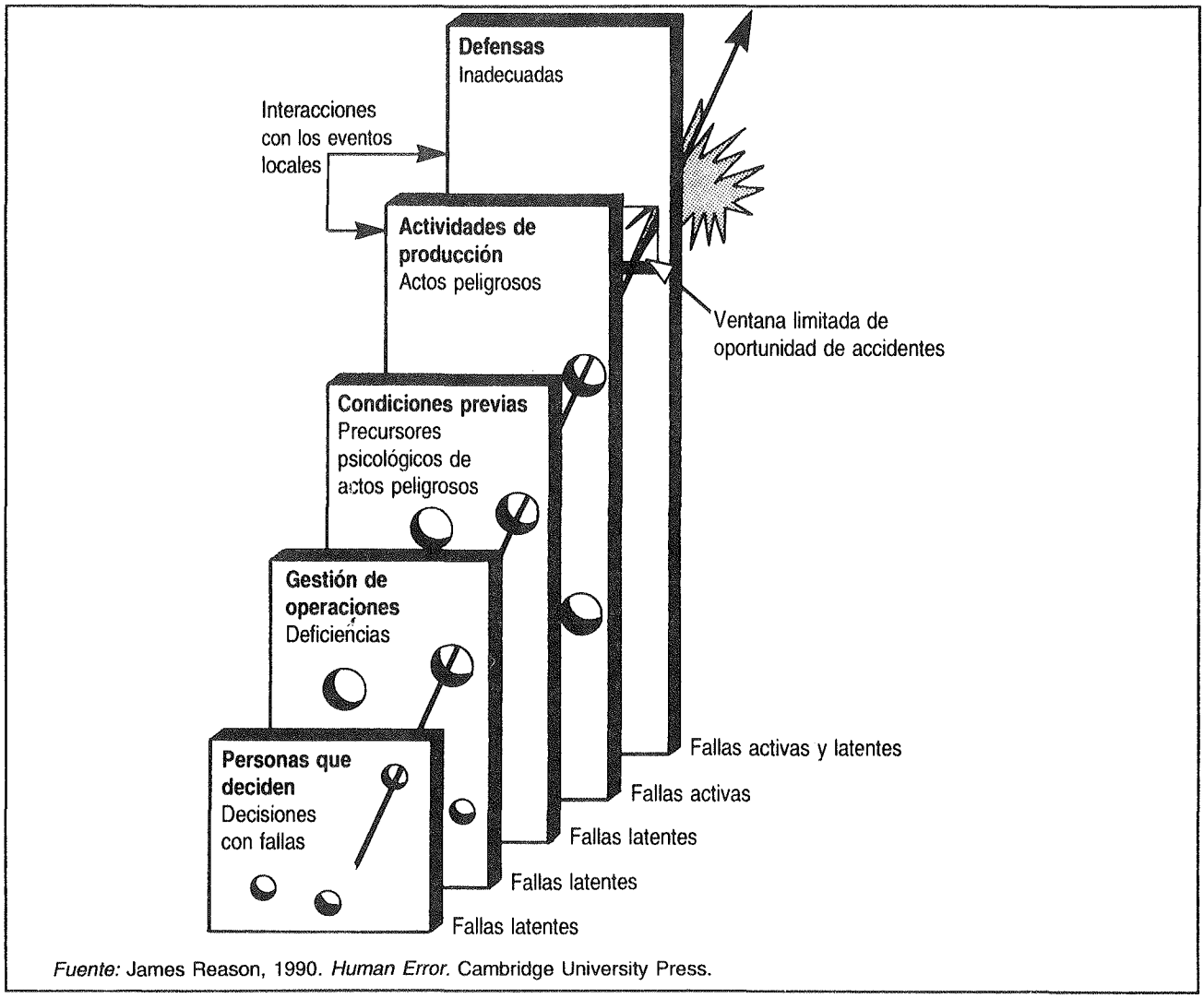
mejor administradas, varias decisiones importantes tendrán algún aspecto imperfecto en virtud de haber sido tomadas por los seres humanos, los cuales están sujetos a las preferencias y limitaciones humanas así como a limitaciones contextuales. Dado que algunas de estas decisiones carentes de seguridad 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, dado que no puede aumentarse la seguridad a menos 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 El 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:

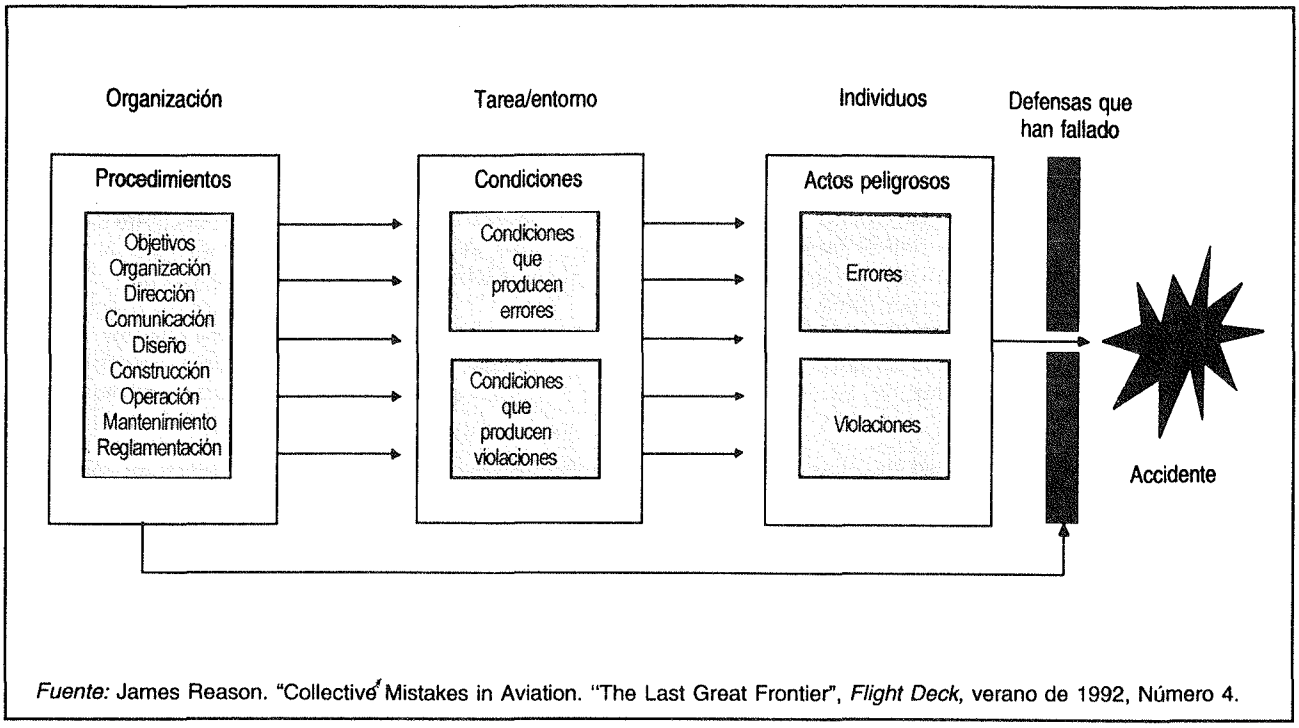
- A pesar de sus antecedentes, se había autorizado a la empresa a funcionar bajo una norma de explotación menos estricta mediante una declaración de renuncia a explotar aeronaves grandes de pasajeros. La autoridad normativa había autorizado a la empresa y a sus pilotos, mediante el mecanismo de la renuncia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



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

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



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

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

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.

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 malas 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 presta 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 respuesta a las fallas latentes, así como con medidas localizadas de corto plazo en respuesta 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 dado 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 seguras 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 Otter 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 Aparte 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 las 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 se 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 con 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 vínculo 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. Éstos 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:

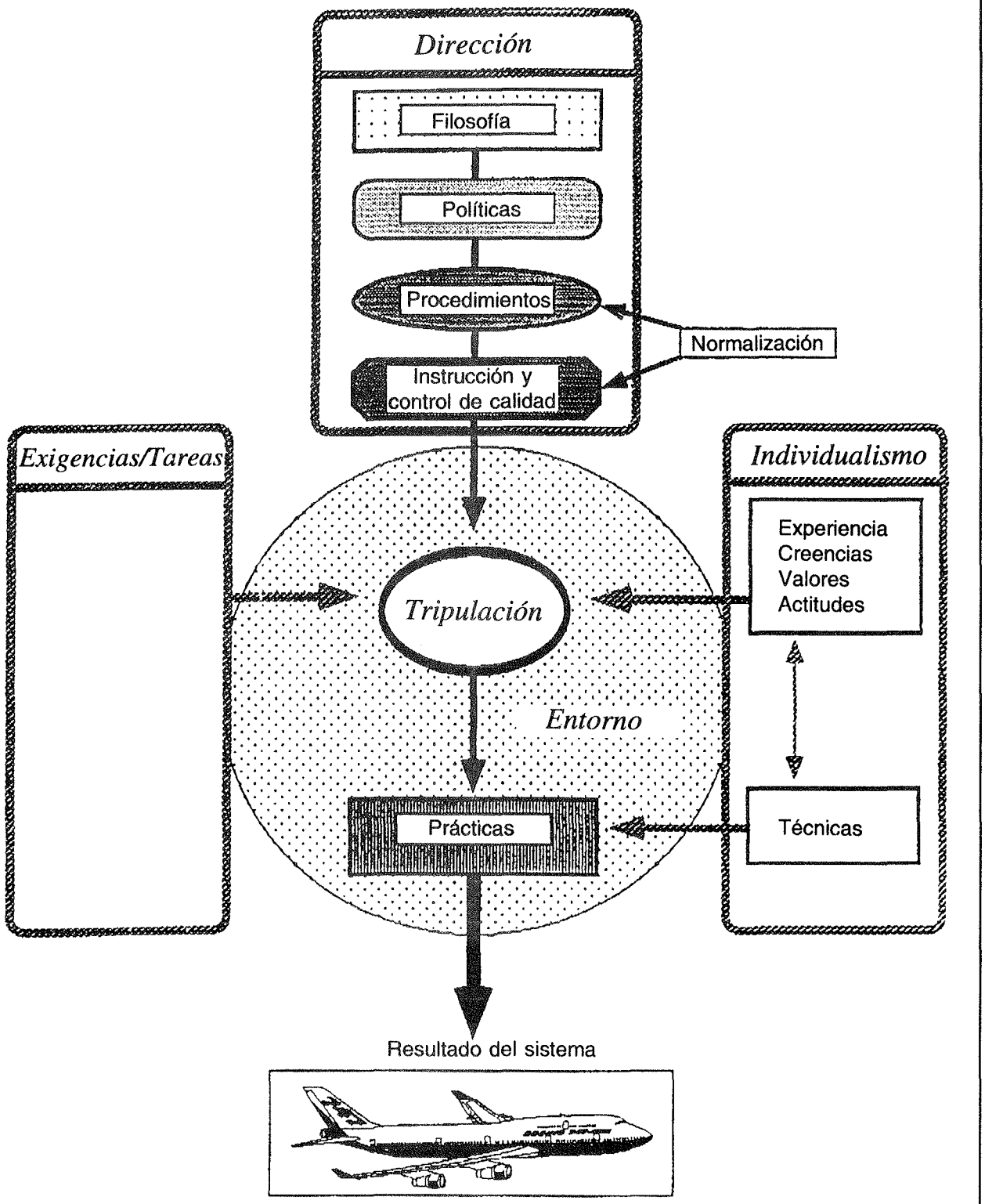
  a) Por debajo de la altitud mínima de seguridad (MSA)

  Anunciar "Encabritar y dar motor"
  Inmediatamente llevar a 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).

- *Procedimiento:* La maniobra de encabritamiento GPWS está descrita en los manuales correspondientes a cada flota. Describir los enunciados del piloto a cargo y del



Fuente: A. Degani and E. Wiener. 1991. "Philosophy, Policies, Procedures and Practices: The Four P's of Flight Deck Operators". Proceedings of the Sixth International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, Ohio, EUA.

Figura 2-4. Las cuatro P

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 considere 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 1* 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, dado 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]

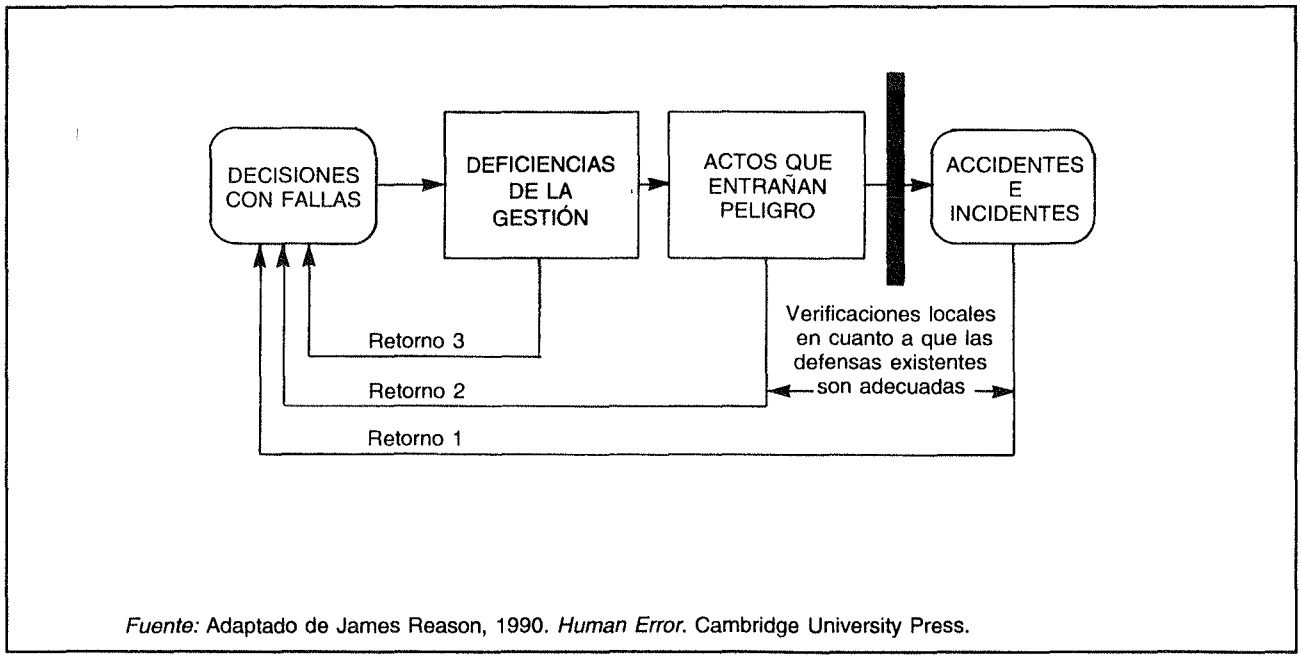
- Siempre existe un riesgo. Algunos riesgos pueden aceptarse, algunos, pero no todos, pueden eliminarse y algunos pueden reducirse hasta un punto en que son aceptables.

- 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.

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 cruciales 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



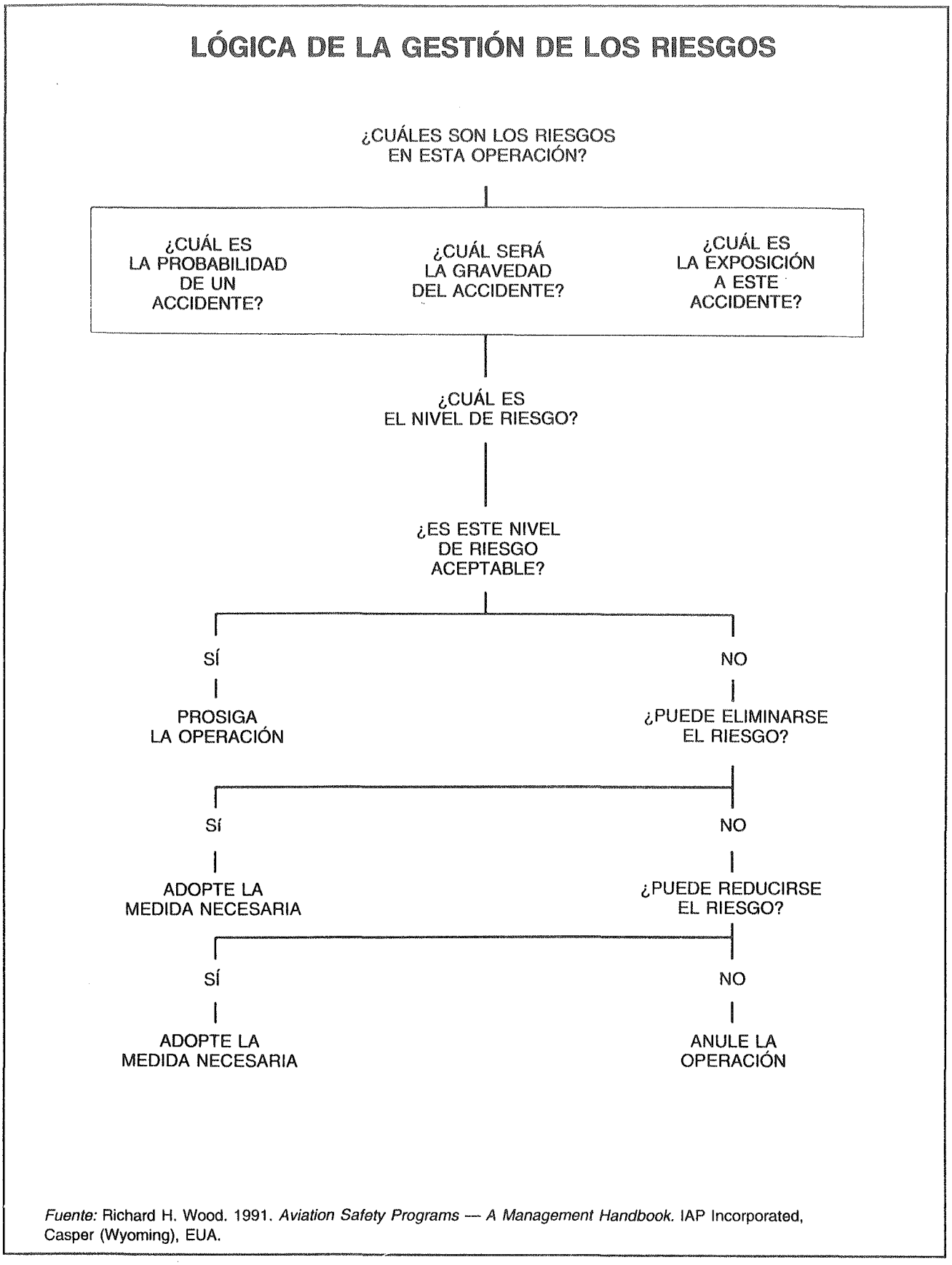
Fuente: Adaptado de James Reason, 1990. *Human Error.* Cambridge University Press.

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

riesgos es que permite a la dirección ver claramente los resultados de la acción o de la inacción. La Figura 2-6 ilustra la lógica convencional de la 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 sólidas 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. Wood. 1991. *Aviation Safety Programs — A Management Handbook.* IAP Incorporated, Casper (Wyoming), EUA.

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)

3.1 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 se revisara el plan de acción del Programa sobre la seguridad de los vuelos y los factores humanos 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 Secretaría estableció contactos con especialistas de determinados Estados y organismos internacionales y examinó estudios recientes y en curso a fin de determinar las cuestiones relativas a los factores humanos que tienen 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 de la OACI:

- **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 humana y de la tecnología basada en el empleo de computadoras. Se alude a este enfoque como una automatización "concebida en función del ser humano".

- **Integración del puesto de pilotaje y del ATS.** Los sistemas CNS y 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 las cuestiones vinculadas con esta integración (incluso los aspectos relativos a la certificación) 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 hacen falta más 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. Es necesario introducir a escala mundial nuevas técnicas, tales como la gestión de los recursos en equipo (TRM) con gestión de amenazas y errores (TEM). 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 conflictos y de asesoramiento para resolverlos y la atribución de autoridad y de funciones entre las intervenciones de aire y tierra en los sistemas avanzados 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. Ya se cuenta con programas de instrucción en materia de gestión de los recursos, formulados especialmente para responder a las necesidades del ATM, denominados gestión de los recursos

en equipo (TRM). Aun cuando ya existen algunos programas que han tenido éxito para 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 sería 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. Los requisitos en materia de otorgamiento de licencias que reflejen estos nuevos objetivos de instrucción proporcionarán el encuadre que permita alcanzarlos.

- **Supervisión de la seguridad en las actividades del ATC.** En el Anexo 11 se requiere que los Estados implanten "programas sistemáticos y adecuados de gestión de la seguridad ATS" y que se establezcan "el nivel aceptable de seguridad y los objetivos de seguridad aplicables al suministro 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 con el fin de proporcionar la información necesaria para determinar y resolver las cuestiones relativas a la seguridad. Deberían tenerse en cuenta instrumentos tales como la auditoría de seguridad en las operaciones de ruta (LOSA) y la encuesta sobre seguridad de las operaciones normales (NOSS).

Elaboración de textos de orientación

3.1.4 En este capítulo se abordan las repercusiones que tienen los factores humanos en la automatización y en la tecnología de avanzada en los modernos sistemas de aviación, incluidos los sistemas CNS/ATM. También se 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, conceptores 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, los proveedores de servicios de tránsito aéreo y las autoridades de aviación civil). El objetivo de este capítulo es informar a los conceptores acerca del papel que se espera que desempeñe la automatización; 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 cuando se ponen a su disposición para el cumplimiento de sus tareas.

3.1.6 Todo este capítulo 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 grados 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 aseguran 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 En este capítulo:

- se presentan los antecedentes del sistema CNS/ATM de la OACI y se analiza el concepto;
- se presenta el papel de la automatización en los sistemas de aviación avanzados. Se 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;
- se introduce el concepto de la automatización *concebida en función del ser humano*, es decir, una automatización diseñada para funcionar con operadores humanos para alcanzar 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, permitiendo una explotación eficiente, eficaz y segura.
- se presenta el principio 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*;
- se presentan las cualidades que debería poseer una automatización concebida en función del ser humano

para constituir un elemento efectivo y valioso 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; y

- se presenta una bibliografía recomendada.

3.2 EL CONCEPTO CNS/ATM DE LA OACI

ANTECEDENTES

El ámbito del tránsito aéreo

3.2.1 La industria del transporte aéreo creció más rápidamente que la mayoría de las demás industrias en los decenios de 1980 y 1990. Entre 1985 y 1995, los viajes aéreos de pasajeros y la carga aérea en los servicios regulares aumentaron a tasas medias anuales de 5,0% y 7,6%, respectivamente. En el mismo período, las salidas de aeronaves y los kilómetros recorridos por aeronaves aumentaron a tasas medias de 3,7% y 5,8%, respectivamente. Los cambios anuales en los movimientos de aeronaves regulares se ilustran en la Figura 3-1.

El Comité FANS

3.2.2 En 1983, tras examinar el constante crecimiento de la aviación civil internacional en los años precedentes, teniendo en cuenta los pronósticos de crecimiento del tránsito y advirtiendo que se vislumbraban en el horizonte nuevas tecnologías, el Consejo de la OACI estudió las futuras necesidades de la comunidad aeronáutica civil. El Consejo determinó que era necesario proceder a un minucioso análisis y reevaluación de los procedimientos y tecnologías que hasta entonces se habían utilizado con éxito en la aviación civil internacional durante muchos años. Al reconocer además que los sistemas y procedimientos en que se sustentaba la aviación civil habían alcanzado sus límites, el Consejo adoptó una decisión importante en un momento crucial y creó el Comité especial sobre sistemas de navegación aérea del futuro (FANS). Se encomendó al Comité FANS la tarea de estudiar, identificar y evaluar nuevas tecnologías, incluso el uso de satélites, y de formular recomendaciones para el desarrollo futuro de la navegación aérea en la aviación civil por un período de unos 25 años.

3.2.3 El Comité FANS determinó que sería necesario elaborar nuevos sistemas que superaran las limitaciones de los sistemas convencionales y permitieran desarrollar la ATM a escala mundial. Cabía esperar que los futuros sistemas evolucionaran y respondieran mejor a las necesidades de los usuarios, cuya salud económica estaría directamente vinculada con la eficacia del sistema. El Comité FANS llegó a la conclusión de que la tecnología de satélites ofrecía una solución viable para superar los defectos de los sistemas convencionales con base en tierra y responder a las futuras necesidades de la comunidad de la aviación civil internacional.

3.2.4 El Comité FANS reconoció además que la evolución de la ATM a escala mundial empleando nuevos sistemas requeriría un enfoque multidisciplinario, debido a la estrecha interrelación e interdependencia de sus múltiples elementos. En el entendimiento de que los nuevos conceptos podrían eventualmente plantear cuestiones de coordinación e institucionales, y comprendiendo que la planificación tendría que llevarse a cabo a nivel mundial, el Comité FANS recomendó al Consejo de la OACI, en su informe final, que se constituyera un nuevo comité para asesorar sobre la supervisión general, la coordinación del desarrollo y la planificación de la transición. Esto garantizaría que la implantación de los futuros sistemas CNS/ATM se hiciera a escala mundial de manera rentable y equilibrada, teniendo en cuenta al mismo tiempo los sistemas de navegación aérea y las áreas geográficas.

3.2.5 En julio de 1989, el Consejo de la OACI, por recomendación del Comité FANS, constituyó el Comité especial para la supervisión y coordinación del desarrollo del sistema de navegación aérea del futuro y del planeamiento de la transición (FANS Fase II).

3.2.6 En octubre de 1993, el Comité FANS Fase II completó su labor. El Comité FANS Fase II reconoció que la implantación de las tecnologías correspondientes y las ventajas previstas no se producirían de la noche a la mañana, sino que evolucionarían más bien a través del tiempo, dependiendo de las actuales infraestructuras aeronáuticas en diferentes Estados y regiones, y de los requerimientos generales de la comunidad aeronáutica. El Comité FANS Fase II convino también en que gran parte de la tecnología que estaba examinando ya estaba disponible y que la labor debía comenzar por recoger información y en la medida de lo posible acumular ventajas rápidamente utilizando las tecnologías disponibles.

La Décima Conferencia de navegación aérea

3.2.7 En septiembre de 1991, 450 representantes de 85 Estados y 13 organizaciones internacionales se reunieron en la Sede de la OACI en Montreal (Canadá), en la Décima Conferencia de navegación aérea, para examinar y avalar el concepto de sistema de navegación aérea del futuro elaborado por los Comités FANS, que satisfaría las necesidades de la comunidad aeronáutica civil hasta bien entrado el siglo siguiente. El concepto FANS, que pasó a denominarse sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM), comprende un conjunto complejo e interrelacionado

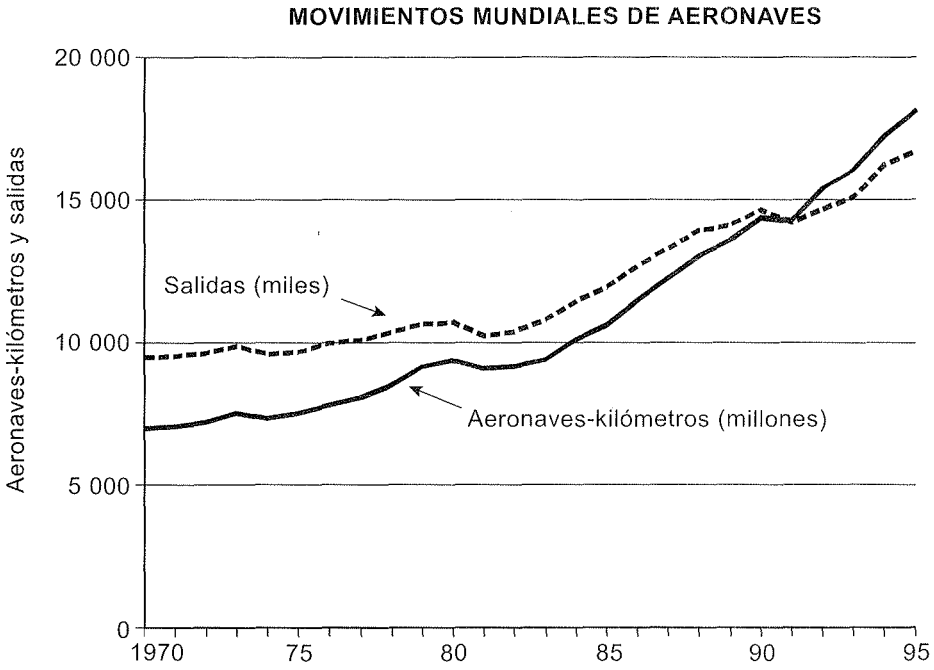


Figura 3-1. Cambios anuales en los movimientos de aeronaves regulares

de tecnologías, dependiente en gran medida de satélites. Los sistemas CNS/ATM de la OACI constituyen la visión formulada por la OACI con la colaboración de todos los sectores de la comunidad aeronáutica para atender las necesidades futuras del transporte aéreo internacional.

LOS DEFECTOS DE LOS SISTEMAS CONVENCIONALES

3.2.8 El Comité FANS, al comienzo de su labor, admitió que el objetivo final de un sistema ideal de navegación aérea mundial debía ser proporcionar un sistema rentable y eficaz, adaptable a todo tipo de operaciones en la mayor libertad cuatridimensional (en el espacio y en el tiempo) que permitiera la capacidad de las mismas. Con este ideal en mente, se reconoció que el sistema general de navegación aérea existente y sus subsistemas adolecían de varias deficiencias de carácter técnico, operacionales, de procedimientos, económicas y en su aplicación. Después de estrictos análisis, el Comité FANS verificó que en ese momento (el FANS I realizó su labor entre 1983 y 1988) los defectos de los sistemas en todo el mundo se debían esencialmente a tres factores:

a) las limitaciones de propagación de los sistemas vigentes de alcance óptico;

b) la dificultad, por diversos motivos, de poner en práctica los sistemas CNS existentes y de hacerlos funcionar de un modo sistemático en muchos lugares del mundo;

c) las limitaciones de las comunicaciones orales y la falta de sistemas de intercambio aeroterrestre de datos digitales como base para equipos automáticos a bordo y en tierra.

3.2.9 Aunque los efectos de las limitaciones no eran iguales en distintas regiones, el Comité FANS preveía que uno o más de dichos factores frenarían el desarrollo deseado de la ATM en casi todo el mundo. Como las limitaciones eran inherentes a los sistemas existentes, el Comité advirtió que era muy poco probable que el sistema ATS mundial en esa época pudiera mejorarse considerablemente. Era necesario encontrar nuevos enfoques, mediante los cuales pudieran superarse las limitaciones y que permitieran además hacer evolucionar los sistemas ATS hacia un sistema ATM que respondiera mejor a las necesidades de los usuarios. Por lo tanto, los sistemas CNS/ATM tendrían que permitir importantes mejoras en materia de seguridad operacional, eficacia y flexibilidad a escala mundial.

UNA OJEADA A LOS SISTEMAS CNS/ATM

3.2.10 A continuación se resumen los cuatro elementos principales de los sistemas CNS/ATM, que se tratan con más

detalle en el *Plan mundial de navegación aérea para los sistemas CNS/ATM*, 2a. edición (Doc 9750).

Comunicaciones

- En los sistemas CNS/ATM, la transmisión en fonía seguiría practicándose, inicialmente, por los canales existentes de muy alta frecuencia (VHF);sin embargo, esos mismos canales VHF también se usarían cada vez más para transmitir *datos digitales*.

- También se están incorporando comunicaciones de datos y en fonía por satélite, con capacidad de cobertura mundial, junto con transmisión de datos por canales de alta frecuencia (HF).

- El radar secundario de vigilancia (SSR) en Modo S, que se usa cada vez más para la vigilancia en espacio aéreo de gran densidad, tiene la capacidad de transmitir datos digitales entre aire y tierra.

- Una red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN) proporcionará intercambio de datos digitales entre usuarios finales por subredes diferentes de comunicaciones aire-tierra y tierra-tierra.

El uso regular de transmisión de datos a los fines de la ATM introducirá muchos cambios en el modo en que se produce la comunicación entre el aire y la tierra, y al mismo tiempo ofrecerá muchas nuevas posibilidades y oportunidades.

Los beneficios que se prevén de los futuros sistemas de comunicaciones residen en el hecho de que permitirán una vinculación más directa y eficaz entre los sistemas *automáticos* de tierra y de a bordo, conjuntamente con las comunicaciones entre el piloto y el controlador. En realidad, los enlaces de datos digitales pueden considerarse como la clave del desarrollo de nuevos conceptos ATM que permitirán lograr verdaderos beneficios.

Navegación

- Las mejoras en materia de navegación incluyen la introducción gradual de capacidad de navegación de área (RNAV), junto con el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), los sistemas de navegación autónomos (IRU/IRS) y las ayudas para la navegación convencionales con base en tierra. El objetivo final es una transición al GNSS que elimine la necesidad de ayudas con base en tierra, aunque la vulnerabilidad del GNSS a la interferencia puede exigir que se conservan algunas ayudas terrestres en determinadas zonas.

- El GNSS ofrece cobertura mundial para la navegación y se está usando para la navegación oceánica, en ruta y terminal y para las aproximaciones que no sean de precisión. Con sistemas apropiados de aumentación y procedimientos conexos, el GNSS permite las aproximaciones con guía vertical y las aproximaciones de precisión. El GNSS, como se especifica en el Anexo 10, ofrece un servicio de navegación mundial de alta integridad, alta precisión y utilizable en todo tiempo. La implantación completa del GNSS permitirá que las aeronaves vuelen en todo tipo de espacio aéreo en cualquier parte del mundo, utilizando aviónica de a bordo para recibir e interpretar señales de satélite.

Vigilancia

- Seguirán utilizándose los modos SSR tradicionales, junto con la introducción gradual del Modo S, tanto en zonas terminales como en espacio aéreo continental de gran densidad.

- Sin embargo, la mayor novedad es la implantación de la vigilancia dependiente automática (ADS). La ADS permite que las aeronaves transmitan automáticamente su posición y otros datos, tales como el rumbo, la velocidad y demás información valiosa contenida en el sistema de gestión de vuelo (FMS), a través de satélites o por otros enlaces de comunicaciones, a una dependencia de control de tránsito aéreo (ATC) en la cual la posición de la aeronave se presentará de modo semejante a una pantalla radar. Muy rápidamente se lograrían ventajas mediante la ADS en las áreas oceánicas y en algunas zonas continentales que actualmente no disponen de cobertura radar.

También puede verse la ADS como una aplicación que representa la verdadera fusión de las tecnologías de comunicaciones y navegación y, junto con las mejoras en la automatización de los sistemas terrestres, permitirá introducir progresos importantes para la ATM, especialmente en el espacio aéreo oceánico. Actualmente se está elaborando soporte lógico que permitiría usar estos datos directamente en computadoras en tierra para detectar y resolver conflictos.

La ADS por radiodifusión (ADS-B) es otro concepto para difundir información sobre la posición de la aeronave. Utilizando este método, las aeronaves difunden periódicamente su posición a otras aeronaves, así como a los sistemas en tierra. Cualquier usuario, a bordo o en tierra, que esté dentro del alcance de la emisión, recibe y procesa la información. Todos los usuarios del sistema tienen acceso en tiempo real a los mismos datos, mediante pantallas semejantes, lo cual permite mejorar considerablemente la comprensión de la situación del tránsito.

Gestión del tránsito aéreo (ATM)

- Al considerar la implantación de los nuevos sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia y de todas las mejoras previstas, puede verse que el principal beneficiario en general será probablemente la ATM. Más precisamente, los adelantos en las tecnologías CNS

servirán para apoyar la ATM. Cuando se hace referencia a la ATM en el concepto del futuro, significa mucho más que control del tránsito aéreo. En realidad, ATM se refiere a un concepto de organización del sistema en una escala mucho más amplia, que incluye el ATS, la organización de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM), la gestión del espacio aéreo (ASM) y los aspectos relativos a la ATM de las operaciones de vuelo.

Un sistema ATM mundial integrado debería explotar plenamente la integración de las nuevas tecnologías CNS mediante una armonización internacional de las normas y procedimientos. En última instancia, esto permitiría a los explotadores de aeronaves efectuar sus vuelos de conformidad con sus trayectorias preferidas, ajustadas dinámicamente del modo óptimo y más eficiente en cuanto al costo.

3.2.11 El concepto de los sistemas CNS/ATM de la OACI se considera ventajoso en general porque permite aumentar la seguridad. La mayor fiabilidad del sistema de comunicaciones móviles aeronáuticas por satélites, 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. Información más rápida y detallada sobre las advertencias meteorológicas, tales como los alertas de tormentas, contribuirán también a la seguridad y eficacia de las operaciones de vuelo.

3.2.12 Los sistemas CNS/ATM mejorarán el manejo y la transferencia de la información, ampliarán la vigilancia utilizando ADS y mejorarán la precisión de la navegación. Esto llevará, entre otras cosas, a reducir la separación entre aeronaves, permitiendo así aumentar la capacidad del espacio aéreo.

3.2.13 Los sistemas CNS/ATM avanzados también permitirán implantar en tierra sistemas computadorizados que podrán responder a los aumentos en el tránsito. Estos sistemas con base en tierra intercambiarán información directamente, mediante enlace de datos, con los FMS instalados a bordo de las aeronaves. Esto beneficiará al proveedor de ATM y al usuario del espacio aéreo, permitiendo mejorar la detección y resolución de conflictos mediante un tratamiento inteligente, proporcionando la generación y transmisión automáticas de autorizaciones que no generen conflictos, y ofreciendo un medio de adaptarse rápidamente a las cambiantes necesidades del tránsito. Como resultado, el sistema ATM estará más capacitado para admitir el perfil de vuelo preferido de una aeronave y para ayudar a los explotadores de aeronaves a reducir sus costos de explotación y sus demoras.

3.3 LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS SISTEMAS DE AVIACIÓN AVANZADOS

3.3.1 Uno de los principales problemas en los sistemas de aviación (incluso en el sistema CNS/ATM) es el impacto de la automatización y de la aplicación de una tecnología de avanzada sobre el operador humano. Para que sea eficaz, la automatización debe responder a las necesidades y limitaciones de los diseñadores, los compradores (o sea, los proveedores de servicios de tránsito aéreo y las autoridades de aviación civil) y los usuarios. Es indispensable, por lo tanto, proporcionar pautas para la concepción y el empleo de la automatización en los sistemas de tecnología sumamente avanzada, comprendido en sistema CNS/ATM. Qué papel debería desempeñar la automatización en los sistemas avanzados, cuánta autoridad debería tener, cómo interactuará con el operador humano y qué papel debería reservarse al ser humano, son sólo algunos de los interrogantes a los que habría que responder durante el diseño del sistema conceptual.

El papel del operador humano en los sistemas altamente automatizados

3.3.2 La tecnología ha avanzado a un grado tal que las computadoras (la automatización) pueden ejercer casi todas las funciones de control y vigilancia permanentes del tránsito aéreo, así como las tareas de aeronavegación del sistema aeronáutico. ¿Por qué, entonces, se necesita al ser humano en esos sistemas? ¿No podría desarrollarse la automatización de modo 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 por admitir un operador humano?

3.3.3 Muchos diseñadores de sistemas consideran a los seres humanos poco fiables e ineficientes y creen que deberían ser eliminados del sistema. (Este punto de vista se ve alimentado por las posibilidades prometedoras de la inteligencia artificial y la automatización avanzada de reciente introducción). No es realista pensar que el funcionamiento basado en las máquinas remplazará completamente el funcionamiento a cargo de seres humanos.[1] Casi siempre, la automatización se introduce con la expectativa de reducir el error y la carga de trabajo de los seres humanos, pero lo que sucede a menudo es que simplemente se reubica el potencial de error. Con suma frecuencia, la automatización no remplaza a las personas en los sistemas; más bien, las coloca en una función diferente, que en muchos casos exige más de ellas.[2]

3.3.4 A título de ejemplo, es una opinión muy generalizada que un requisito previo para aumentar la capacidad del espacio aéreo consiste en cambiar la función del controlador de tránsito aéreo, de modo que pase de controlar cada aeronave individualmente a gestionar un espacio aéreo más grande (o más amplio). Se supone que en las futuras arquitecturas del ATC los instrumentos automáticos para la detección y resolución de conflictos desempeñarán un papel más importante en el suministro habitual de separación entre aeronaves. La intervención del controlador sólo será necesaria cuando la automatización no pueda resolver situaciones cambiantes, cuando la densidad del tránsito impida la flexibilidad de rutas o por otras razones de seguridad. En otros términos, el controlador tradicional se convierte en un gestor de

excepción, que tendrá que resolver conflictos cuando las aeronaves o las computadoras no puedan asumir el control en casos en que el espacio aéreo esté demasiado saturado o cuando se excedan otros parámetros críticos.

3.3.5 Pero como lo estipularon Dekker y Woods (1999), la gestión de excepción atrapa a los controladores en un dilema: intervenir temprano sólo deja escaso margen para justificar las restricciones y crea problemas de recargo de trabajo para el controlador (comprometiendo así objetivos más amplios del sistema de tránsito aéreo), mientras que intervenir tarde deja poco tiempo para resolver efectivamente el problema, que para entonces ya se habrá agravado (de modo que compromete objetivos más amplios del sistema de tránsito aéreo). En síntesis, intervenir pronto sería difícil *y también* intervenir tarde sería difícil, aunque por diferentes motivos. La gestión de excepción parece poner al controlador en un doble compromiso fundamental.

3.3.6 El sistema aeronáutico consta de muchas variables que poseen un carácter sumamente dinámico y no son 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 y la palabra, y la capacidad de reaccionar ante problemas inesperados mediante la iniciativa y el sentido común. Las computadoras dependen de que se instale el *programa apropiado* para garantizar que se adopte la *medida apropiada* en el *momento apropiado*. La imposibilidad que tienen los diseñadores de procesos automatizados de crear un programa que pueda atender a todas las eventualidades y situaciones previstas en el sistema aeronáutico y la incontrolable variabilidad del medio ambiente constituyen algunas de las dificultades para informatizar 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 también puede fallar de maneras impredecibles. Anomalías menores en el sistema o en los procedimientos pueden causar efectos inesperados que deben resolverse en tiempo real, como ocurrió con los desperfectos en el control de tránsito aéreo en el centro en ruta (NERC) de Swanwick del NATS del Reino Unido en 2002 y el de los sistemas de tratamiento de datos de vuelo en el Centro de control de tránsito aéreo de Tokio en 2003. Considerando estas limitaciones, no es muy difícil ver que un sistema aeronáutico centrado en la automatización puede fácilmente representar un desastre para toda la infraestructura de la aviación.

3.3.7 Aunque los seres humanos están muy lejos de ser perfectos en el arte de la detección, de la toma de decisiones y del control, poseen de todos modos varios atributos invalorables, entre los cuales los más importantes son la capacidad de razonar eficazmente en caso de incertidumbre y la capacidad de abstracción y análisis conceptual ante un problema. Frente a una situación nueva, los seres humanos, a diferencia de los autómatas, 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 quizás nunca se logre mediante los sistemas informáticos. 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]

3.3.8 La automatización debería considerarse como una herramienta o un recurso, un artificio, sistema o método que permite al ser humano realizar algunas tareas que podrían ser difíciles o imposibles de realizar de otra manera, o que el ser humano puede dirigir para que ejecute de modo más o menos independiente una tarea 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, cierta capacidad de aprender y luego actuar independientemente para cumplir una tarea. La automatización es simplemente uno de los múltiples recursos de que dispone el operador humano, que conserva la responsabilidad de la gestión y dirección de todo el sistema.

3.3.9 Una expresión que se emplea cada vez más para denotar una forma de automatización más inteligente es "arquitectura cooperativa ser humano-máquina". Según Dekker y Woods (1999), el socio activo es un equipo ser humano-máquina bien coordinado (que en la gestión por excepción sería a menudo la máquina) no haría sonar alarmas de cruzar el umbral para señalar el fin de su capacidad de resolución de problemas. Continuamente comentaría, en cambio, la dificultad o el esfuerzo creciente necesario para mantener en la mira los parámetros pertinentes. El supervisor (humano) podría preguntar cuál es la naturaleza de la dificultad, investigar el problema y quizás intervenir finalmente para alcanzar los objetivos generales de seguridad.

3.3.10 Para construir esa arquitectura cooperativa ser humano-máquina para el ATC, debería determinarse primero qué niveles y modos de interacción serán importantes para los controladores y en qué situaciones. En algunos casos, quizás los controladores quieran asumir un control muy detallado de cierta parte del problema, especificando exactamente cuáles son las decisiones que se toman y en qué orden, mientras en otros tal vez los controladores prefieran efectuar correcciones muy generales de alto nivel en el curso de los acontecimientos.

3.3.11 Considerar la automatización como un recurso es una línea de pensamiento que ha sido bien comprendida y definida con precisión por la comunidad de expertos en factores humanos de la aviación, a un grado tal que algunas organizaciones de la industria han desarrollado diversas filosofías para demarcar la función y las responsabilidades de los dos elementos (operadores humanos y automatización) del sistema. Un excelente ejemplo de esa filosofía adoptada por un explotador expresa:[4]

La palabra "automatización" que se utiliza en esta declaración significa la sustitución de la función humana, ya sea manual, ya sea cognitiva, por una función ejecutada por 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 con 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 debería emplearse en el nivel más apropiado para acentuar las prioridades en materia de seguridad de vuelo, comodidad del pasajero, relaciones públicas, horarios y economía, tal como se estipula en el Manual de criterios de operaciones de vuelo.

Con el fin de mantener las prioridades expuestas, todos los programas de instrucción, dispositivos de entrenamiento, procedimientos, listas de verificación, adquisiciones de aeronaves y equipos, manuales, programas de control de calidad, normalización, documentos de referencia y operaciones diarias de las aeronaves de Delta Air Lines se ajustarán a esta declaración de filosofía.

3.3.12 La introducción de una filosofía de la automatización de este tipo en las operaciones aeronáuticas es beneficiosa, dado que al 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. Debería advertirse que una filosofía de la automatización no sólo se vincula con el equipo existente. También puede ser útil para diseñar los procedimientos en general, organizar la instrucción y adquirir los equipos de una empresa aeronáutica y no debería constituir un conjunto de procedimientos detallados. Quizás esos procedimientos tengan que modificarse con la llegada de nuevos equipos, mientras que la filosofía se mantiene invariable. Por último, y no es lo menos importante, también debe ser coherente con el contexto cultural en el cual funciona la empresa.

Automatización del sistema CNS/ATM

3.3.13 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 computadorizados de la aeronave para la gestión del vuelo y el proceso de organización del tránsito aéreo en tierra, para definir una nueva trayectoria que satisfaga mejor el objetivo del usuario y 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 en tierra reconoce la necesidad de intervenir en la trayectoria de vuelo autorizada a una aeronave, la computadora de la ATM negociará con la computadora de gestión en 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 una aeronave para detectar la posibilidad de conflictos con otras aeronaves, con condiciones meteorológicas peligrosas o con espacio aéreo restringido.

3.3.14 El campo de utilización de los sistemas automáticos y de la automatización es tan esencial para los sistemas CNS/ATM que no será posible obtener las ventajas previstas del sistema CNS/ATM ni siquiera implantarlo de manera eficaz sin emplear la automatización. Es evidente que las posibilidades que se están investigando como consecuencia de la introducción del sistema CBNS/ATM 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.

3.3.15 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 garantizar maniobras de vuelo más precisas, proporcionar flexibilidad en la presentación visual y optimizar el espacio en el puesto de pilotaje. Muchos sistemas modernos de ATC incluyen funciones automatizadas, por ejemplo en la recopilación y tratamiento de datos, procesos totalmente automatizados sin ninguna intervención humana directa. Las bases de datos computadorizadas y las pantallas electrónicas de presentación visual de datos han mejorado el intercambio de datos, la introducción de sistemas de radar en colores ha posibilitado un mayor grado de control y la computadorización de la organización de la afluencia del tránsito aéreo (AFTM) ha demostrado ser un elemento esencial para atender con eficiencia los diversos regímenes de control de la afluencia y los aumentos de la demanda en el tránsito.

3.3.16 Para los fines del presente capítulo, la automatización se refiere a *un sistema o método en el que muchos de los procesos de producción son desempeñados o controlados automáticamente por máquinas, dispositivos electrónicos, etc. que funcionan de manera autónoma.*[5] Lo que preocupa es la automatización de la tecnología avanzada relacionada con la aviación y, en especial, las cuestiones de factores humanos relacionadas con la elaboración y aplicación de los sistemas CNS/ATM. La automatización es indispensable para una evolución gradual 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, sumamente deseable.

3.3.17 Las técnicas de organización del tránsito aéreo están cambiando constantemente. Están surgiendo nuevos métodos de enlace de datos y de comunicaciones por satélite, está mejorando la calidad del radar y del tratamiento de datos, se están desarrollando sistemas anticolisión, se está implantando la separación vertical mínima reducida (RVSM) por encima del FL 290, se está explorando la posibilidad de encaminar las aeronaves por rutas directas entre los aeropuertos de salida y de llegada en vez de utilizar las aerovías y se están investigando y desarrollando sistemas de navegación aérea muy avanzados. También se están descubriendo e introduciendo cada vez más posibilidades destinadas a aumentar las ventajas del concepto en una escala más amplia.

3.3.18 Las nuevas opciones que ofrezcan esos adelantos tecnológicos deben considerarse en términos de seguridad, eficiencia, relación costo/eficacia y compatibilidad con la capacidad y las limitaciones humanas. Estos adelantos modifican los procedimientos y los métodos del sistema aeronáutico mundial, el ámbito de trabajo y la función de los pilotos, los controladores de tránsito aéreo, los despachadores, los técnicos en mantenimiento de aeronaves, etc., presentando a todos los interesados el desafío de no omitir las cuestiones relacionadas con los factores humanos que están en juego. El Anexo 11 de la OACI requiere que cada vez que se considere introducir cambios importantes en los procedimientos operacionales o las reglamentaciones, se proceda a una evaluación de la seguridad. El objetivo de esa evaluación es identificar toda deficiencia en materia de seguridad en los cambios propuestos antes de implantarlos y garantizar que los nuevos procedimientos tengan un *margen de tolerancia en caso de error*, de modo 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 nunca resulte comprometido el requisito fundamental de seguridad en todo el sistema, sino que se mantenga y refuerce a través de todos los desafíos futuros.

3.3.19 La elaboración de sistemas CSN/ATM procurará lograr más con menos, diseñando y obteniendo sistemas de gestión del tránsito aéreo que sean muy 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 correctamente, la automatización constituye un elemento muy valioso. Puede contribuir a la eficiencia, mejorar la seguridad, ayudar a evitar errores y aumentar la fiabilidad. La tarea consiste en asegurar que este potencial se realice ajustando las ayudas automáticas a la capacidad humana y mediante la adaptación mutua del ser humano y la máquina para aprovechar al máximo las ventajas relativas de ambos. En los sistemas automáticos 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 mismo: la automatización o la máquina debe ayudar al ser humano a alcanzar el objetivo general, nunca lo contrario.

3.3.20 Un desafío importante en lo que atañe a la concepción de procedimientos y técnicas de gestión del tránsito aéreo empleando nuevas tecnologías consiste en introducir mejoras en los sistemas que estén concebidas en función del operador humano. La información que se proporcione al operador humano y las tareas que se le asignen deben ser compatibles con las responsabilidades de gestión y control del ser humano y con sus características y capacidad innatas. Todo adelanto tecnológico que se logre en el sistema aeronáutico, incluso en el sistema CNS/ATM, debería tener presente, por lo tanto, la relación ser humano-máquina en las etapas iniciales del proceso de concepción y desarrollo. Si no se tiene en cuenta en esa etapa, quizás no pueda utilizarse el sistema como se pretendía, perjudicando la eficiencia o la seguridad de todo el sistema. La automatización debe concebirse de manera de ayudar a los seres humanos encargados de la gestión a aumentar su capacidad; en el mayor grado posible, debería estar *concebida en función del ser humano*. A medida que aumenta la comprensión de la noción de factores humanos, y que se va disponiendo de instalaciones para probar los aspectos relacionados con los factores humanos en el diseño de los sistemas, cabe esperar que resulte más eficiente el proceso de diseño.

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

3.3.21 Los sistemas CNS/ATM están destinados a hacer evolucionar las técnicas de comunicaciones, navegación y vigilancia mundiales hacia un sistema basado en gran medida en el uso de satélites. Por ello, entrañan un aumento continuo del nivel de automatización en las operaciones aéreas. Se aspira al uso óptimo de la automatización, tanto a bordo como en tierra (control de tránsito aéreo, despacho y mantenimiento), para permitir una circulación muy eficiente de la información. Los datos de la vigilancia dependiente automática pueden ser utilizados por el sistema automatizado de gestión del tránsito aéreo para presentar visualmente al explotador toda la información que requiera. Para aumentar la capacidad y reducir la congestión, los aeropuertos y los espacios aéreos deben tratarse como un recurso integrado de sistemas, con óptima interacción entre sus elementos: las aeronaves, la infraestructura terrestre y, sobre todo, los operadores humanos del sistema.

3.3.22 En algunos Estados se están realizando amplias investigaciones en materia de mejoras en la seguridad aérea, mediante la introducción de enlaces de datos aeroterrestres que remplazan la mayoría de las comunicaciones en fonía entre el piloto y el controlador. Debería reconocerse, sin embargo, que seguirán necesitándose las comunicaciones en fonía, por lo menos para las comunicaciones de emergencia y las de carácter especial. Se considera que las comunicaciones por enlace de datos controlador — piloto (CPDLC) ofrecen un gran potencial para reducir el error humano, proporcionando al mismo tiempo mayor capacidad de espacio aéreo para dar cabida al futuro

crecimiento del tránsito aéreo. Pero esto podría entrañar cambios en la interfaz ser humano-máquina, que en el futuro podrá incluir una mayor utilización de inteligencia artificial para ayudar al piloto y al controlador en el proceso de tomar decisiones. Asimismo, como lo demuestra la experiencia en el Pacífico meridional, la CPDLC introduce oportunidades de errores en puntos del sistema en que no existían antes (véase 3.3.3).

3.3.23 Todas las formas de asistencia automática al operador humano tienen que ser de suma fiabilidad, pero esto puede inducir también 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 ser incapaz de formular una alternativa satisfactoria. Las formas más apropiadas de relación ser humano-máquina dependen del tipo de tarea que se automatiza y especialmente de la interacción entre las funciones de planificación y ejecución.

3.3.24 En el ámbito de la gestión del tránsito aéreo se acepta en general que la ejecución de tareas rutinarias de ATC fortalece la memoria, pero no es así si esas tareas son realizadas automáticamente para el controlador. Algunos estudios científicos han demostrado que para 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 tiras de papel o entrando los datos (en sistemas más automatizados).[6] Las indicaciones verbales y escritas (o la entrada de las mismas en el teclado) mantienen a los intervinientes "en el circuito" y permiten 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, dado que puede privar al controlador de información importante acerca de la fiabilidad y vigencia de los datos. La automatización puede muy bien reducir el esfuerzo necesario para realizar ciertas tareas y la tensión relacionada con las mismas, pero también puede conducir a una pérdida de la satisfacción en el trabajo, al eliminar algunos de los aspectos interesantes de la labor y el control que se percibe sobre ciertas funciones.

3.3.25 Existe suficiente información, tanto en los sistemas de información sobre deficiencias en la seguridad como en los informes sobre accidentes, que muestra el impacto que puede tener el enfoque de la automatización centrado en la tecnología. 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. La mayoría de dichos aspectos son tan pertinentes para el ámbito del control del tránsito aéreo como para el puesto de pilotaje. Se resumen a continuación dichos aspectos[8]:

- **Pérdida de comprensión de los sistemas.** Puede suceder cuando el operador humano no tiene noción de las posibilidades y limitaciones básicas de los sistemas automatizados o tiene ideas erróneas acerca del modo en que actúan los sistemas en determinadas situaciones.

- **Diseño mediocre de la interfaz.** La automatización cambia lo que se trasmite a través de la interfaz ser humano-máquina, ya sea orientando hacia una información que no se trasmite en absoluto, ya sea cambiando el formato de la información trasmitida. Tradicionalmente, la mayoría de las informaciones han sido trasmitidas de la máquina al ser humano por medio de presentaciones visuales y del ser humano a la máquina mediante dispositivos de entrada de datos y mandos. Un diseño mediocre de la interfaz puede sumarse también al tiempo que requiere al ser humano asumir el control de la automatización y puede convertirse en un factor importante, reduciendo la calidad de ejecución o el ejercicio de un acto debido a la falta de preparación.

- **Actitudes hacia la automatización.** El mejor modo de describir esto es como un indicio de la frustración con respecto al funcionamiento de los sistemas automatizados en un entorno en que el usuario no se siente cómodo, aunque algunas mejoras en la interfaz ser humano-máquina probablemente reducirían esa sensación hasta cierto punto. Allí donde ha sido introducida, la automatización no ha sido recibida sin críticas por quienes estaban destinados a utilizarla. Se aceptan algunos aspectos de la automatización, mientras que otros se rechazan (en algunos casos, debido a que los operadores no empleaban el equipo de modo aceptable en el ámbito del mundo real). La aceptación de la automatización puede verse afectada también por factores relativos a la cultura de la organización a la que pertenecen los empleados. Las malas relaciones con la administración, 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 negativamente 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.** Entrañan situaciones problemáticas, tales como la pérdida del sentimiento de su importancia por parte del controlador, la percepción de pérdida de valor en el plano de su competencia profesional y la falta de eco acerca de su desempeño profesional. Muchos operadores creen que la fuente principal de satisfacción en su trabajo reside en el interés intrínseco que tiene para ellos. Consideran que el desafío de la tarea es una de las principales razones por las que les gusta su profesión. El hecho de que la automatización los releve al punto de reducir su satisfacción en el trabajo puede conducir al tedio y al descontento en general.

- **Excesiva confianza en la automatización.** Se produce debido a la facilidad de acostumbrarse a la utilidad y a la calidad de los nuevos sistemas automáticos. Puede desarrollarse una tendencia a usar la automatización para

afrontar situaciones que cambian rápidamente, aun cuando no haya tiempo suficiente para entrar nuevos datos en la computadora. Cuando las cosas no andan bien, puede haber asimismo una resistencia del ser humano a descartar la automatización y hacerse cargo de la situación.

- **Errores de decisión sistemáticos**. El ser humano puede apartarse de las prácticas óptimas para tomar decisiones, especialmente cuando el tiempo apremia o se está sometido a otras tensiones. La existencia de preferencias en el ser humano puede limitar aún más su capacidad para tomar decisiones óptimas. Una solución para reducir o eliminar las tendencias a tomar decisiones erradas consiste en utilizar ayudas automáticas específicas en el momento en que se requiere adoptar una decisión. En un sistema de ese tipo, el ser humano adopta una de dos estrategias: o acepta o rechaza la recomendación de la máquina. Aunque las ventajas de las ayudas automáticas para tomar decisiones son teóricamente evidentes, todavía quedan por demostrar de manera concluyente.

- **Tedio y complacencia inducidos por la automatización.** Pueden producirse si una parte importante de la gestión del tránsito aéreo está totalmente automatizada y los operadores humanos se distraen y adormecen. En el caso particular de la complacencia, es probable que el ser humano se vuelva tan confiado en que los sistemas automáticos van a funcionar eficazmente, que se mantenga menos atento o resulte excesivamente tolerante de los errores en la actuación del sistema.

- **Automatización que intimida**. Se debe, en parte, al aumento en la cantidad de componentes del sistema. El resultado es un problema de fiabilidad, ya que cuantos más componentes haya, más probable es que alguno falle. No obstante, el ser humano se resiste a interferir con los procesos automáticos, a pesar de que parece evidente que hay un desperfecto. Esto se debe en parte a una instrucción insuficiente y en parte a otros tipos de presión.

- **Desconfianza**. Se produce normalmente debido a que la evaluación de una situación determinada que hace el ser humano difiere de la que establece el sistema automatizado. Si el sistema no funciona de la misma manera que el ser humano, o de la manera que espera el controlador, esto puede dar lugar a medidas inadecuadas o puede preocupar al ser humano. También puede ocurrir esto si el ser humano no está suficientemente entrenado. La desconfianza puede agravarse si existen defectos en el diseño del sistema que provoquen advertencias molestas.

- **Confusión y aplicación incorrecta de los modos.** Son el resultado de las múltiples posibilidades que ofrece la automatización, así como de un entrenamiento insuficiente. Con una nueva tecnología basada en computadoras, es posible que el controlador suponga que el sistema funciona con arreglo a determinado modo de gestión cuando en realidad no es así.

- **Recargo de trabajo**. El progreso de la automatización se ha basado en parte en la hipótesis de que se reduciría la carga de trabajo, pero existen evidencias para sospechar que ese objetivo aún no se ha logrado. En el ámbito del control del tránsito aéreo, nuevas prácticas de trabajo, como los métodos de entrada/recuperación de datos, pueden incrementar en realidad la carga de trabajo. Por ejemplo, la mera automatización de algunos aspectos de un sistema ATC no permitirá necesariamente al controlador de tránsito aéreo atender un volumen mayor de tránsito. La automatización debería orientarse a eliminar las tareas que no sean indispensables, permitiendo así al controlador concentrarse en tareas más importantes, como la de supervisar o controlar directamente el sistema y resolver conflictos.

- **Función de equipo.** Los papeles y funciones de los equipos en los sistemas automáticos difieren de los que pueden desempeñarse 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 con los pilotos. Se habla menos y se usa más el teclado. Esto afecta la viabilidad y el desarrollo de las funciones tradicionales de equipo, como la supervisión, la asistencia, la evaluación y la instrucción práctica en el trabajo. Cuando las tareas son ejecutadas por miembros de un equipo estrechamente coordinado, un consenso respecto a los méritos relativos del desempeño individual puede constituir la base no sólo del respeto y la confianza profesionales, sino también de los ascensos o la asignación de nuevas responsabilidades. El tema de los cambios en los papeles y funciones de los equipos es uno de los puntos que deberían tratarse en la instrucción sobre Gestión de los recursos en equipo (TRM) para el personal de servicios de tránsito aéreo.

3.3.26 El enfoque centrado en la tecnología para la automatización de tecnologías muy avanzadas, como la industria de las instalaciones de energía nuclear, la industria química, la aviación civil, la tecnología espacial, etc., ha provocado accidentes con grandes pérdidas de vidas y de bienes. Básicamente, esos accidentes fueron resultado de incompatibilidades entre el ser humano y la máquina. Como se disponía fácilmente de tecnología, se aplicaron soluciones al error humano basadas en la ingeniería, sin tener debidamente en cuenta las capacidades y limitaciones humanas. Una automatización centrada en la tecnología puede basarse en la opinión del proyectista de que el operador humano no es fiable ni eficiente y por lo tanto debería ser eliminado del sistema. Sin embargo, se han reconocido dos ironías en este enfoque[9]: una es que los errores del proyectista pueden ser una fuente importante de problemas en el funcionamiento; la otra es que el proyectista que trata de eliminar al operador sigue dejando que el operador ejecute las tareas que el proyectista no sabe cómo automatizar. A esto se puede agregar el hecho de que la automatización no es, a fin de cuentas, infalible y que habitualmente falla de manera misteriosa e imprevisible. Por esta razón se reclama cada vez más un enfoque

centrado en el ser humano, que tenga debidamente en cuenta todos los elementos y especialmente el elemento humano. Se han recibido en el pasado lecciones muy duras sobre la automatización de los sistemas de aviación. Por ejemplo, la automatización del puesto de pilotaje. Sin embargo, en cuanto a la automatización del puesto de pilotaje podemos decir ahora — aunque con notorias excepciones — que hay una vuelta a la automatización concebida en función del ser humano, que constituye una tendencia positiva y alentadora, firmemente respaldada por la OACI. Se espera que las lecciones recibidas en el pasado se apliquen a todos los nuevos sistemas de tecnología avanzada, para que no vuelvan a cometerse errores notorios.

3.3.27 Un nuevo aspecto más de la introducción de la tecnología CNS/ATM que puede tener especial importancia para las autoridades reguladoras es la interacción entre los sistemas de tierra y de a bordo. Tradicionalmente, se consideraba que esos sistemas eran autónomos, pero en un entorno tecnológico de avanzada existe cada vez más un intercambio automático de información entre los sistemas basado en cuáles son las medidas relativas a la seguridad que pueden adoptar o no los respectivos operadores. Esto puede tener repercusiones sobre los requisitos de certificación para los componentes del sistema con base en tierra en diferentes Estados.

3.4 LA TECNOLOGÍA CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

Un 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 automáticos destinados a asistir a los operadores humanos, controladores o administradores, a cumplir con sus cometidos. La calidad y la eficacia del sistema de automatización centrado en el ser humano está en función del grado en que el sistema combinado aprovecha las cualidades y compensa las debilidades de ambos elementos. Para comprender mejor el concepto de 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 crítico una vez que ha sido diseñado y se ha puesto en funcionamiento. A la inversa, la automatización no desempeña ningún papel en un sistema totalmente manual.

3.4.2 Ninguno de los complejos sistemas ser humano-máquina actuales se sitúa en uno u otro extremo. Casi todos los sistemas proporcionan dispositivos automáticos para ayudar al ser humano a realizar 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 el elemento humano en su funcionamiento. Tampoco se prevé que se hagan funcionar sin ayuda de algún tipo de automatización. En realidad, incluso hoy, la responsabilidad del funcionamiento seguro del sistema aeronáutico incumbe tanto al ser humano como a la máquina. Se ha propuesto la siguiente clasificación (Billings, 1991) para determinar grados crecientes de automatización:

- Mando manual directo
- Mando manual asistido
- Mando compartido
- Gestión por delegación
- Gestión por consentimiento
- Gestión por excepción, y
- Funcionamiento autónomo.

Como se explicó en el capítulo anterior, el futuro crecimiento del sistema aeronáutico exigirá un mayor grado de automatización. El adelanto tecnológico en el sistema podrá basarse en el modo en que manejemos la información y utilicemos la automatización. La tecnología de la información en los sistemas aeronáuticos fomentará cambios profundos en esferas tales como las comunicaciones (aire/tierra, aire/aire, tierra/tierra), las pantallas de presentación visual (planas, de proyección en el parabrisas, monitores en el tablero de mandos), técnicas interactivas orales, enlace de datos, etc. La tecnología de la automatización fomentará también importantes avances en esferas como el control de vuelo, el control de tránsito aéreo, los sistemas de control digitales, los de mando de vuelo, etc.

3.4.3 La tendencia hacia una mayor información, una mayor complejidad y un funcionamiento más automatizado ofrece la posibilidad de aislar a los operadores humanos del funcionamiento y disminuir su percepción del estado y de la situación del sistema que se está haciendo funcionar. Hay muchas razones, varias de las cuales ya hemos examinado, por las que los proyectistas de sistemas deberían tener en cuenta los factores humanos desde el principio mismo del proceso de diseño. Las investigaciones de todos los accidentes graves que ocurrieron en las dos últimas décadas del siglo XX en organizaciones que utilizan tecnología muy avanzada (Three Mile Island y Chernobyl — tecnología de la energía nuclear, Tenerife — aviación civil, Bhopal — industria química, Challenger — tecnología espacial) demostraron que algunos de los factores causantes fueron las interfaces incorrectas o defectuosas entre los operadores humanos y la tecnología. 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 es inducido por factores que pueden evitarse en la etapa apropiada.[10] El diseño de sistemas que podrían inducir en

error al ser humano puede evitarse mediante la decisión de utilizar mejores diseños teniendo en cuenta los factores humanos desde el comienzo mismo de la concepción 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, para que las capacidades 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 considere las cuestiones relativas a los factores humanos no puede dar por resultado un sistema óptimo que aumente la productividad, la seguridad y la satisfacción en el empleo. La falta de reconocimiento de las ventajas extraordinarias que se derivan de la automatización concebida en función del ser humano puede ser acaso la principal razón por la cual rara vez la tecnología de factores humanos se ha aplicado desde el comienzo o se ha integrado regularmente en el proceso de diseño de sistemas. Sin embargo, la inversión inicial en factores humanos reserva varias recompensas muy importantes.[11]

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

3.4.5 El error humano o del operador ha sido identificado como el principal factor causante de accidentes e incidentes, si bien es discutible. Hablando de sistemas en general, de un 60 a un 80% de los accidentes se atribuyen a un error del operador.[12] Sin embargo, los resultados de investigaciones recientes arrojan dudas sobre esas cifras, demostrando que en la mayoría de los casos en que se dice que los operadores humanos fueron el principal factor causante del accidente, los mismos afrontaban interacciones tecnológicas inesperadas e inusitadamente opacas que habían ocasionado fallas imprevistas. El análisis de varios accidentes de alta tecnología, atribuidos inicialmente a error del operador, revela que la mayoría de los errores humanos identificados es inducida por otros factores. Por lo tanto, es indispensable diferenciar los errores humanos inducidos por el sistema de los que son verdaderamente consecuencia de un desempeño deficiente del operador. Entre los factores que contribuyen a que se produzca un accidente se cuentan el mal diseño de los equipos materiales, la mala integración del ser humano con la máquina, la capacitación insuficiente, los malos métodos de gestión y la mala concepción de la organización. Si se incluyen en el cuadro más amplio los seres humanos que participan en el diseño, la fabricación, la instrucción y la gestión, podría sostenerse que el "error humano" desempeña algún papel en casi todo accidente o incidente. Sin embargo, a los fines del análisis, es necesario distinguir entre condiciones latentes (atribuibles a los proyectistas, fabricantes, instructores y gestores) y fallas activas (de los operadores), y es importante advertir que las fallas activas que provocan resultados (casi) catastróficos sólo pueden producirse por una serie de fallas latentes que ya estaban presentes en el sistema (véase también 3.6.1 y 3.6.2).

3.4.6 Nunca podrá exagerarse el costo que representan las pérdidas de vidas y las lesiones sufridas por la falta de la debida consideración de los factores humanos durante el diseño y la fabricación. Algunas investigaciones han demostrado claramente que los problemas suscitados por la tecnología no se eliminarán con más tecnología, especialmente en sistemas muy avanzados, donde se espera que los operadores humanos asuman plena responsabilidad de sus propios actos y de las acciones de los sistemas automáticos.

> ... La mayoría de nosotros decide considerar que el papel del ser humano en nuestra compleja sociedad tecnológica constituye un término menor de la ecuación. Aceptamos un papel secundario en el mundo moderno y dejamos la conducción a las máquinas, a los sistemas. Repetidamente, al borde de la catástrofe, buscamos soluciones para "corregirla", no para "corregirnos". Pero ninguna máquina es más fiable que los seres humanos que la construyeron y la hacen funcionar. De modo que estamos atascados. Atascados aquí en este mundo de alto riesgo con nuestra propia especie de baja tecnología, nos guste o no. Ningún sistema mecánico podrá nunca ser más perfecto que la suma de sus factores humanos.[14]

3.4.7 La tecnología (automatización) concebida en función del ser humano, al integrar en el proceso de diseño de sistemas consideraciones relativas a los factores humanos, puede resolver cuestiones relacionadas con el error humano en sistemas automatizados muy avanzados, adelantándose así 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 bajos los costos, a menudo se eliminan de las consideraciones iniciales del diseño las consideraciones relacionadas con los factores humanos (con la esperanza de que la formación del personal colmará las deficiencias del diseño). El resultado ha sido la multiplicación de los costos posteriores (capacitación, funcionamiento y mantenimiento) en un nivel muy superior al de las economías iniciales. Los cambios para garantizar que el personal capacitado pueda hacer funcionar el sistema después de haber establecido el diseño del mismo son más difíciles y más costosos.[15] Esto se ilustra en el gráfico de la Figura 3-2.

3.4.9 Hay un costo inicial relacionado con la tecnología (automatización) concebida en función del ser humano en las etapas conceptuales, pero es insignificante si se compara con los costos de explotación cotidianos que provoca un diseño inadecuado.

Hay una "ley inexorable" que no debería ignorarse nunca. Considerar debidamente los aspectos de los factores humanos en

la etapa de diseño y certificación es costoso, pero ese costo se paga una sola vez. Si el operador debe efectuar ajustes por el diseño incorrecto en su programa de formación, 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 aún mayor relacionado con el deterioro diario del desempeño general del sistema. Debido a una consideración insuficiente del papel del ser humano 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 integran en su diseño las capacidades, limitaciones y expectativas del ser humano, son más fáciles de aprender y de utilizar, reduciendo así considerablemente la inversión última en costos de formación y de funcionamiento. El diseño de la automatización centrado en el ser humano constituye una inversión por única vez; se convierte en parte permanente del sistema general. En cambio, la inversión en personal, mano de obra y formación son gastos recurrentes. De modo que incluir consideraciones sobre los factores humanos en el diseño inicial de un sistema es un medio seguro de evitar costos posteriores.

3.4.12 En general, la falta de consideraciones sobre factores humanos en el diseño y el funcionamiento de los sistemas ocasionará inevitablemente ineficiencias, problemas, accidentes y la pérdida de bienes y de vidas.

3.4.13 La capacidad del ser humano para reconocer y definir lo esperado, afrontar lo inesperado, innovar y razonar por analogía cuando la experiencia previa no cubre un problema nuevo, es lo que ha hecho que el sistema aeronáutico sea tan robusto, porque todavía quedan muchas circunstancias que no son ni directamente controlables ni totalmente previsibles. Cada uno de esos atributos exclusivamente humanos, además de las consideraciones subculturales, es una razón apremiante 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 a la población de usuarios y al ambiente en que se emplea. Por ello, debería estar ceñida dentro de ciertos principios: *Los principios de la automatización concebida en función del ser humano.*[17]

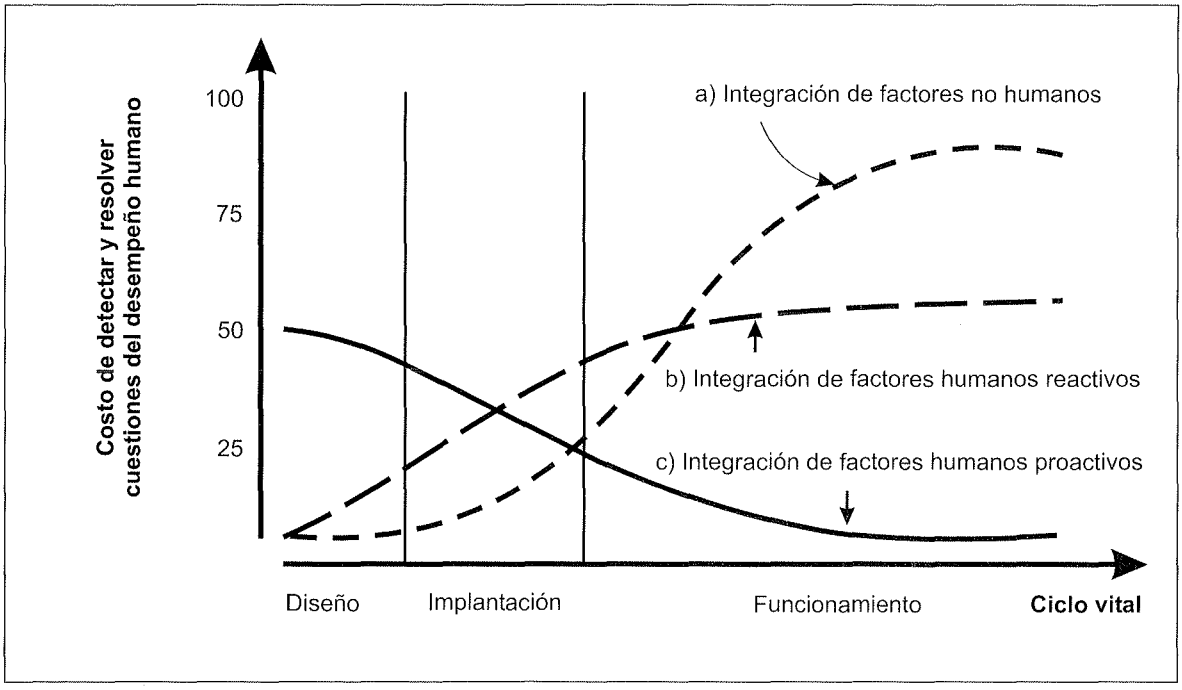


Figura 3-2. Comparación de la evolución de los costos asociados con la introducción de nueva tecnología, con o sin integración de consideraciones sobre factores humanos

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. También hemos mostrado que el ser humano, principalmente en pro de la seguridad y de las ventajas económicas, debería seguir siendo la figura central en su diseño. Las cuestiones relativas a los principios de la automatización tendrán que guardar relación, necesariamente, con las respectivas funciones del ser humano y de la máquina. Se acepta que los seres humanos mantendrán la responsabilidad por la seguridad del sistema. Por esta simple pero muy importante razón, también tendrán que conservar el pleno mando de los sistemas automáticos que están bajo su responsabilidad.

3.5.2 Como ya se ha dicho, Billings (1997) propone los diversos grados de automatización que pueden estar a disposición de los controladores de tránsito aéreo, como un continuo (véase la Figura 3-3).

3.5.3 Con respecto a cuál es el nivel de automatización apropiado para el ATC, el Grupo de expertos de la FAA sobre factores humanos en la automatización del control de tránsito aéreo (1998) formuló (entre otras) la siguiente recomendación:

El grupo recomienda la implantación de altos niveles de automatización de la decisión y la selección de medidas para las tareas sistémicas que suponen un nivel relativamente escaso de incertidumbre y de riesgo. Pero para las tareas sistémicas asociadas con mayor incertidumbre y riesgo, la automatización de las decisiones y la selección de medidas no debería extenderse más allá del nivel de sugerir una alternativa de decisión/medida preferida. Toda consideración de automatización por encima de ese nivel debe estar destinada a evitar la pérdida de vigilancia, la falta de conciencia de la situación, la degradación de las aptitudes operacionales y la degradación del trabajo en equipo y las comunicaciones. Esos diseños deberían garantizar asimismo la capacidad de superar o contrarrestar la complacencia, recuperarse de las fallas y brindar un medio de resolución de conflictos en caso de producirse una pérdida de separación.

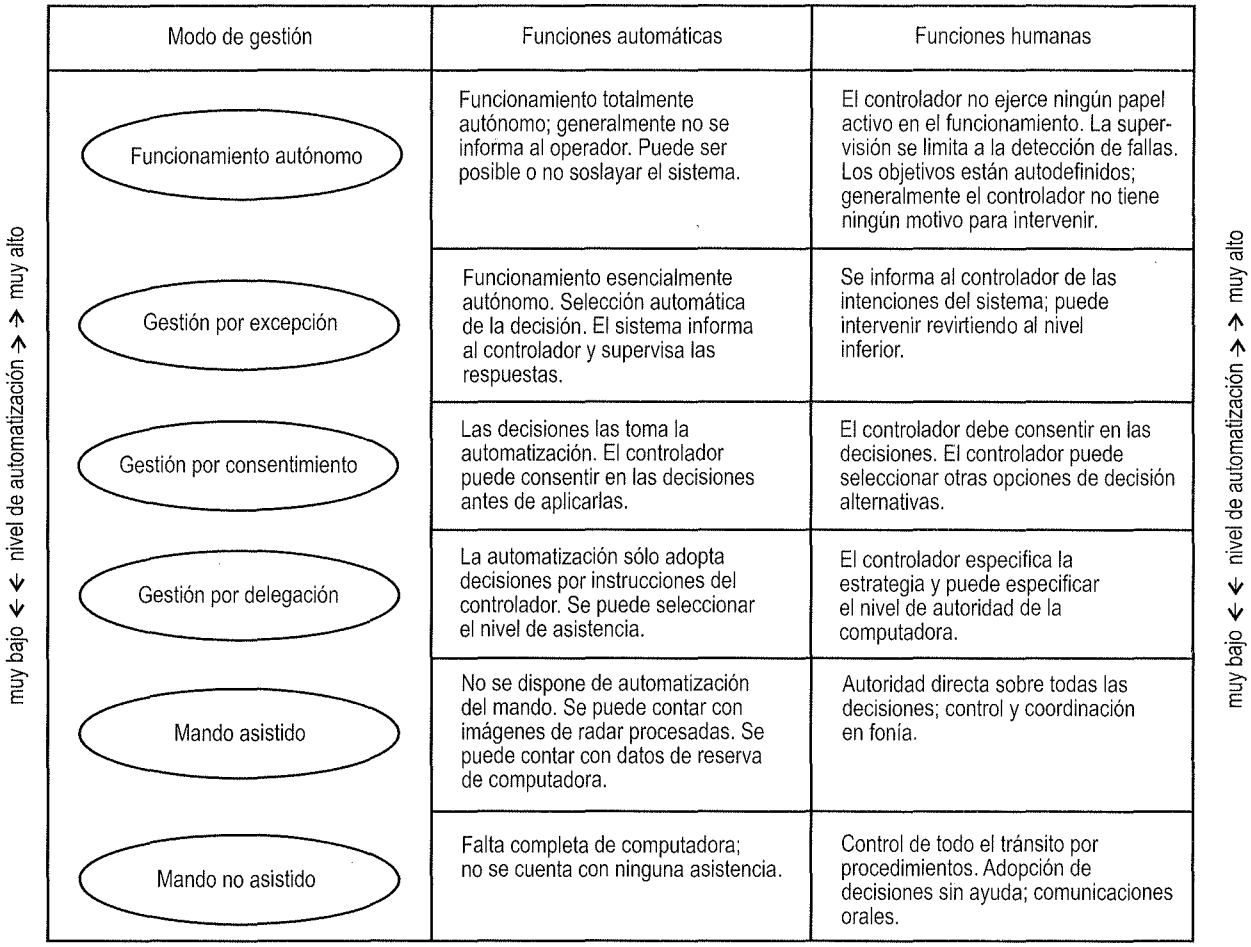
3.5.4 Mientras se exija que los operadores humanos tengan la plena responsabilidad del funcionamiento seguro del sistema, los instrumentos (la automatización o de otro tipo) destinados a ayudarlos a asumir su responsabilidad deberían estar diseñados teniendo en cuenta al operador humano. A estos efectos, los encargados de establecer las normas, los proyectistas, los explotadores y los usuarios deberían aplicar pautas o principios para el diseño y la utilización de los sistemas automáticos destinados a ser empleados en el sistema, de modo de asistir a los operadores humanos en el cumplimiento satisfactorio de sus responsabilidades.

3.5.5 La aplicación de estos principios es esencial en los procesos preliminares y finales del diseño de sistemas automatizados con tecnologías muy avanzadas. El nudo de la cuestión es que *la automatización se emplee para ayudar a los operadores humanos a asumir sus responsabilidades de la manera más segura, eficiente, efectiva y económica.* Nunca debería ser de otro modo. A las preguntas planteadas en los capítulos anteriores acerca de cuánta autoridad debería tener la automatización, cómo interactuará con el operador humano y qué papel debería reservarse al ser humano, sólo puede responderse aplicando una serie de principios durante el diseño, la elaboración y el funcionamiento de un sistema automatizado. La observación de Antoine de Saint-Exupéry de que "la máquina no aísla al hombre de los grandes problemas de la naturaleza, sino que lo precipita en ellos más profundamente" sigue siendo más cierta hoy que cuando fue formulada, a fines de la década de 1930.

3.5.6 Con el paso del tiempo, los progresos en la seguridad aeronáutica se han visto obstruidos por los enfoques parciales. Pilotos, controladores, proyectistas, ingenieros, investigadores, instructores y otros miembros de la comunidad aeronáutica interesados en la seguridad del vuelo han preconizado soluciones para las deficiencias en materia de seguridad influenciadas, sin lugar a dudas, por su experiencia profesional. En esas soluciones se ha omitido ver el cuadro general de la seguridad del sistema aeronáutico, y por lo tanto se han formulado soluciones parciales para las deficiencias observadas y se ha trasmitido la noción de que las diferentes actividades dentro de la aviación se realizan aisladamente. Como ya se ha señalado en este documento, los principios de una automatización concebida en función del ser humano requieren que la industria adopte un enfoque sistémico para el diseño de los sistemas de automatización. No es exagerado insistir en las ventajas de incorporar desde el principio consideraciones sobre los factores humanos en el diseño de los sistemas.

- **El ser humano tiene la responsabilidad fundamental en la seguridad del sistema aeronáutico.** La historia nos ha demostrado repetidamente que en un sistema complejo, por más automatizado que esté, es el ser humano quien tiene la última decisión en una cuestión crítica y es la última línea de defensa en caso de colapso del sistema. La importancia de las personas en una sociedad tecnológica se refleja además en el concepto de *personas esenciales*. Pfeiffer (1989) hace hincapié en que las personas esenciales son irremplazables en entornos llenos de tensión, como los de las operaciones de vuelo, el control de tránsito aéreo y el control de la red pública de energía eléctrica.[19] De modo que al debatir la automatización en el sistema aeronáutico, habría que tener siempre presente que para que las personas funcionen con eficiencia, eficacia y seguridad, las consideraciones de factores humanos deben integrarse en el sistema desde el principio en la etapa conceptual y no agregarse más tarde como parte de una decisión para subsanar deficiencias.

- **El operador humano debe estar al mando.** Para que el ser humano asuma la responsabilidad en última instancia de la seguridad del sistema, debería conferírsele una autoridad esencialmente ilimitada, para permitirle cumplir con esa responsabilidad definitiva. Se ha indicado de



Modo de gestión	Funciones automáticas	Funciones humanas
Funcionamiento autónomo	Funcionamiento totalmente autónomo; generalmente no se informa al operador. Puede ser posible o no soslayar el sistema.	El controlador no ejerce ningún papel activo en el funcionamiento. La supervisión se limita a la detección de fallas. Los objetivos están autodefinidos; generalmente el controlador no tiene ningún motivo para intervenir.
Gestión por excepción	Funcionamiento esencialmente autónomo. Selección automática de la decisión. El sistema informa al controlador y supervisa las respuestas.	Se informa al controlador de las intenciones del sistema; puede intervenir revirtiendo al nivel inferior.
Gestión por consentimiento	Las decisiones las toma la automatización. El controlador puede consentir en las decisiones antes de aplicarlas.	El controlador debe consentir en las decisiones. El controlador puede seleccionar otras opciones de decisión alternativas.
Gestión por delegación	La automatización sólo adopta decisiones por instrucciones del controlador. Se puede seleccionar el nivel de asistencia.	El controlador especifica la estrategia y puede especificar el nivel de autoridad de la computadora.
Mando asistido	No se dispone de automatización del mando. Se puede contar con imágenes de radar procesadas. Se puede contar con datos de reserva de computadora.	Autoridad directa sobre todas las decisiones; control y coordinación en fonía.
Mando no asistido	Falta completa de computadora; no se cuenta con ninguna asistencia.	Control de todo el tránsito por procedimientos. Adopción de decisiones sin ayuda; comunicaciones orales.

Figura 3-3. Grados de automatización disponibles para los controladores de tránsito aéreo

manera inequívoca que aun cuando el sistema automatizado está en pleno funcionamiento, "la responsabilidad de la utilización segura de una aeronave recae en el piloto al mando" y "la responsabilidad por la separación entre las aeronaves controladas recae en el controlador". Si a ellos incumbe la *responsabilidad* por el funcionamiento y por la separación de las aeronaves, los pilotos y los controladores deben conservar la *autoridad* del mando y del control de dichas operaciones. El principio fundamental del concepto de automatización concebida en función del ser humano es que la automatización de los sistemas de aviación (aeronaves y ATC) existe para asistir a los operadores humanos (pilotos y controladores) en el desempeño de sus responsabilidades, como ya se ha dicho. Si no se observa estrictamente este principio y si las decisiones son adoptadas por los sistemas automáticos y no por los operadores humanos, pueden surgir cuestiones complicadas e inevitables de responsabilidad. Esto conducirá obviamente a considerar la parte de responsabilidad que tiene el operador humano, lo cual afectará negativamente, a su vez, el desempeño del ser humano. De ese modo, una cuestión de responsabilidad se convierte en una cuestión de factores humanos por omisión. Los operadores humanos nunca deberían ser considerados responsables por fallas o decisiones erróneas, salvo que tengan pleno control y mando del sistema. Las razones son muy sencillas: como cualquier otra máquina, la automatización está sujeta a fallas. Además, los dispositivos digitales fallan de modo imprevisible y producen manifestaciones de fallas imprevisibles. Entre las responsabilidades del ser humano está la de detectar esas fallas, corregir sus manifestaciones y continuar la operación de manera segura hasta que los sistemas automáticos puedan volver a cumplir sus funciones normales. Como la automatización no puede ser a prueba de fallas, tampoco debe ser diseñada de modo tal que pueda afectar el ejercicio de las responsabilidades del operador humano.

- **Para ejercer el mando eficazmente, el operador humano debe participar.** Para asumir la responsabilidad definitiva y mantenerse al mando de la situación, los operadores humanos deben participar en la operación. Deben desempeñar un papel activo, ya sea el de controlar activamente el sistema o el de administrar los recursos humanos o mecánicos a los que se ha delegado el control. Si los seres humanos no participan activamente, es probable que sean menos eficientes al reaccionar ante situaciones críticas del sistema. La automatización del sistema aeronáutico centrado en el ser humano debe proyectarse y hacerse funcionar de modo 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 todas las operaciones.

- **Para poder participar, el ser humano debe estar informado.** A falta de información acerca del desarrollo de las operaciones, la participación resulta imprevisible y las decisiones, si se adoptan, resultan aleatorias. Para mantener una participación que tenga sentido, el operador humano debe contar con una corriente continua de información esencial con respecto al estado y la marcha del sistema controlado y de la automatización que lo controla. 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 en el 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 cuidado de no recargarlos con más información que la necesaria.

- **Las funciones deben automatizarse únicamente si hay una buena razón.** Cada vez es mayor la tentación de incorporar algún modelo destacado de nueva tecnología en un proyecto sólo porque puede hacerse y no porque sea necesario. En otras palabras, el diseño puede estar dictado por la viabilidad tecnológica más que por la necesidad de los usuarios que deben utilizar y mantener los productos de tales diseños. La automatización de las funciones sin más motivo que el hecho de que sea tecnológicamente posible puede tener por consecuencia la imposibilidad del usuario de emplearla eficazmente en beneficio de todo el sistema. La cuestión aquí debería ser "no si una función puede automatizarse, sino si es necesario automatizarla, teniendo en cuenta las diversas cuestiones de factores humanos que pueden plantearse".[20]

- **El ser humano debe poder supervisar el sistema automatizado.** La posibilidad de supervisar los sistemas automatizados es necesaria para permitir al operador humano mantenerse al tanto de la situación y porque los sistemas automatizados son falibles. El ser humano sólo puede ejercer una supervisión eficaz si se proporciona apoyo cognitivo en el puesto de control. El apoyo cognitivo se refiere a la necesidad humana de contar con información disponible para tomar las medidas o decisiones que se requieran. En los sistemas automatizados de la aviación, un elemento de información indispensable es lo que se refiere a la automatización. El operador humano debe poder determinar, basándose en la información disponible, que el desempeño de la automatización es, y probablemente seguirá siendo, apropiado para la situación del sistema deseada. Hasta ahora, en la mayoría de los sistemas aeronáuticos sólo se informa al operador si hay una discrepancia entre las unidades responsables de una función determinada o una falla de esas unidades suficiente para perturbar o impedir el desempeño de esa

PRINCIPIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN CONCEBIDA EN FUNCIÓN DEL SER HUMANO

El ser humano tiene la responsabilidad definitiva por la seguridad del sistema aeronáutico.
Por lo tanto:

- El ser humano debe estar al mando.
- Para tener efectivamente el mando, el ser humano debe participar.
- Para participar, el ser humano debe estar informado.
- Las funciones sólo deben automatizarse si existe una buena razón para hacerlo.
- El ser humano debe poder supervisar el sistema automatizado.
- Por lo tanto, los sistemas automatizados deben ser previsibles.
- Los sistemas automatizados deben poder supervisar al operador humano.
- Cada elemento del sistema debe tener conocimiento de las intenciones de los demás.
- La automatización debe estar diseñada de modo que sea fácil de aprender y de utilizar.

función. En tales casos, se da instrucciones al operador de que se haga cargo de dicha función. Para poder hacerlo sin demora, es necesario que el operador reciba información relativa a las operaciones en curso hasta ese momento, si éstas no pueden deducirse 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 las desviaciones con respecto al comportamiento normal y reconocer así las fallas en los sistemas automáticos. Al establecerlo, es importante que no sólo se conozca el comportamiento nominal, sino también la gama de variantes admisibles en el comportamiento. Todo comportamiento imprevisto del sistema debe tratarse como anormal. Para reconocer un comportamiento así, el operador humano debe saber exactamente lo que puede esperar de la automatización cuando funciona correctamente.

- **Los sistemas automatizados deben poder supervisar también al operador humano.** Los seres humanos, por supuesto, tampoco son infalibles y sus fallas pueden igualmente ser imprevisibles. Dado que los operadores humanos son propensos 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 supervisar continuamente el desempeño del ser humano tanto como el de la máquina. Debe proyectarse dentro del sistema una automatización de la supervisión capaz de objetar ciertas clases de acciones del operador que puedan comprometer potencialmente la seguridad.

- **Cada elemento del sistema debe tener conocimiento de las intenciones de los demás.** En las operaciones muy automatizadas, un medio de mantener activamente involucrado al operador humano consiste en brindarle información relativa a la *intención* del sistema automatizado. Es decir, a partir de las decisiones que los sistemas automatizados han tomado o están por tomar en un momento determinado, cuál podrá ser la situación en el futuro. Fundamentalmente, el sistema no sólo debería identificar un problema potencial, sino también sugerir soluciones alternativas y mostrar las implicaciones de las medidas adoptadas. La supervisión mutua sólo puede ser eficaz si el supervisor comprende lo que está tratando de hacer el operador del sistema supervisado. Para lograr las ventajas de una supervisión eficaz, deben ser conocidas las intenciones del operador humano o de los sistemas automatizados. La comunicación de las intenciones permite que todos los interesados actúen en colaboración para resolver todo problema que pueda surgir. Por ejemplo, muchos problemas de control de tránsito aéreo se producen simplemente porque los pilotos no comprenden lo que está tratando de hacer el controlador, y también ocurre lo contrario. La automatización del sistema ATC no puede supervisar eficazmente el desempeño humano si no entiende las intenciones del operador y esto es sumamente importante cuando la operación se aparta de lo normal.

- **La automatización debe ser diseñada de modo que sea fácil 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 lo bastante sencillos (y este debería ser siempre un objetivo del diseño), quizá no sea necesaria la automatización. Si las tareas no pueden simplificarse o si el factor tiempo es tan crítico que los seres humanos no pueden cumplirlas eficazmente, la automatización puede ser la solución. Aun en tal caso, una automatización simple permitirá interfaces simples y una mejor comprensión por el ser humano de los sistemas automatizados. Hasta la fecha, la automatización de sistemas no siempre ha sido diseñada para que los hagan funcionar en condiciones difíciles, en un ambiente desfavorable, operadores humanos abrumados por el exceso de trabajo, distraídos o de competencia inferior al término medio. Sin embargo, esas son precisamente las condiciones en que puede ser más necesaria la ayuda del sistema automático. La simplicidad, la claridad y el carácter intuitivo deben ser las piedras angulares del diseño de la automatización, ya que la convertirán en un instrumento mejor y más eficaz. Aunque la capacitación, estrictamente, no es materia propia de los proyectistas, 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 teniendo en cuenta los factores humanos (HFE) se caracteriza por la ausencia de problemas en el uso de un sistema por los seres humanos y por lo tanto sus efectos son invisibles en el sistema operacional definitivo. Sus aportes se convierten en parte integrante de cada componente o subsistema y no pueden separarse fácilmente del funcionamiento general del sistema ni atribuirse a la contribución de la HFE.[21]

3.5.7 Al establecer las directrices básicas para los principios de la automatización concebida en función del ser humano, cabe señalar que no se ha tratado de abarcar los aspectos de ingeniería de los factores humanos. Sólo se ha tratado de elaborar 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 entorno aeronáutico seguro, ordenado y económico, integrando lo mejor del ser humano y de la máquina.

3.5.8 Los principios de la automatización concebida en función del ser humano están destinados a servir de guía para que cada vez que se proyecte e introduzca la automatización, pueda cotejarse con ese modelo, en vez de tener que 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 causante de la mayoría de los accidentes de aviación. La percepción más generalizada en personas de toda condición es que el ser humano causante del error en esos accidentes es el "operador de primera línea", o dicho más simplemente, el piloto, el controlador de tránsito aéreo, el técnico de mantenimiento de aeronaves, etc. Esta percepción, exacerbada por los medios de difusión y ampliamente aceptada por el público, ha ocasionado mucha angustia, porque oculta el hecho de que la evolución de la tecnología moderna ha hecho prácticamente imposible que un individuo — el operador de primera línea — provoque *por sí solo* un accidente. En aquellos accidentes en que se ha determinado inicialmente un error del operador como factor causal, los investigadores pudieron demostrar que el operador sólo había desencadenado una serie de fallas latentes, incrustadas desde tiempo atrás en el sistema, que no habían sido detectadas o habían sido ignoradas, por una u otra razón. En la tecnología moderna se ha erigido una línea de defensa 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 demostrado que las deficiencias de diseño, las limitaciones de la organización o la administración y muchas otras fallas latentes eran las causas fundamentales de muchos accidentes atribuidos a los operadores de primera línea, quienes en la mayoría de los casos no sobreviven a los accidentes para defender sus decisiones.[22]

3.6.2 Se ha constatado que otros accidentes, también atribuidos a los operadores de primera línea, habían sido causados por la interacción de los seres humanos con sistemas automáticos (un desajuste de los elementos humano y mecánico en el sistema). Los sistemas de automatización son hechos por seres humanos. Por ello pueden también contener errores no planificados desde el comienzo 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 sólo han logrado que las máquinas no puedan usarse porque no se habían incluido en el concepto básico consideraciones relativas a los factores humanos. Los investigadores y especialistas en 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 podrán resolver la mayoría de los problemas vinculados con el error humano. Aún más importante, creen que la automatización puede proyectarse y utilizarse de modo que el sistema, en su totalidad, sea más resistente y tolerante 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 poseer también varias cualidades o características. Al definir los atributos de la automatización concebida en función del ser humano, se espera que el sistema sea intrínseca y netamente útil para el operador humano, que, al fin y al cabo, es quien carga con la plena responsabilidad por la seguridad de dicho sistema, tanto humana como no humana. Al definir los atributos que debería poseer un sistema automático, el propósito, una vez más, es fomentar el diálogo sobre ese tema, haciendo avanzar así el funcionamiento ordenado y seguro de todo el sistema de transporte aéreo.

3.6.3 Al analizar los atributos de la automatización concebida en función del ser humano, debería quedar en claro que no son mutuamente excluyentes. Un sistema automático que posea algunas, e incluso muchas de esas cualidades, puede todavía no ser totalmente eficiente si se las considera aisladamente durante el diseño, porque varias están interrelacionadas. Como en cualquier empresa de ingeniería, es necesario encontrar una buena solución de compromiso entre los atributos. Para asegurarse de que se ha alcanzado una solución de compromiso eficaz, todo el sistema debe ser evaluado en funcionamiento real o simulado por diversos operadores humanos con diferentes niveles de pericia y experiencia. Esa verificación puede exigir mucho tiempo y ser costosa, y a menudo podría practicarse en una etapa avanzada de desarrollo del sistema; sin embargo, es el único medio de comprobar la seguridad y eficacia del concepto automatizado. De modo que la primera pauta en cuanto a los atributos de la automatización concebida en función del ser humano podría simplemente ser que *la automatización concebida en función del ser humano debería poseer esas cualidades en la medida apropiada.*

3.6.4 Muchos de esos atributos tienen, en cierto grado, un carácter bipolar, aunque en verdad no son opuestos,[23] y si se insiste sobre ciertas cualidades tal vez sea necesario acentuar menos otras. Del modo sugerido, la automatización concebida en función del ser humano debe ser:

Responsable	<---------->	Subordinada
Previsible	<---------->	Adaptable
Comprensible	<---------->	Flexible
Fiable	<---------->	Informativa
Resistente al error	<---------->	Tolerante del error

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser responsable.** 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 especial en la aviación, ya 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 anticipada (como pretende hacerlo el sistema TCAS, proporcionando avisos de tránsito antes de exigir una decisión para evitar un peligro inminente) o bien sus normas de funcionamiento en una circunstancia especial anunciada, que el operador humano debe entender cabalmente. Es especialmente

importante 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, "responsable" significa obligado a brindar un análisis o explicación justificativo. El atributo bipolar de la responsabilidad es la subordinación. Debe tenerse mucho cuidado en asegurar que esto nunca pueda convertirse en insubordinación.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser subordinada**. Salvo en situaciones definidas de antemano, la automatización no debería nunca asumir el mando, y en tales situaciones sus decisiones deben poder revocarse fácilmente. La automatización, aunque es un instrumento importante, debe mantenerse subordinada al operador humano. Existen situaciones en las que se acepta que la automatización debería ejecutar tareas en forma autónoma y se prevé que en el sistema CNS/ATM se implementarán más de esas tareas. A medida que la automatización se hace más autosuficiente, capaz y compleja, será cada vez más difícil para los operadores humanos mantenerse al tanto de todas las decisiones que se están tomando en forma autónoma, y por lo tanto cada vez más difícil para ellos saber exactamente qué está haciendo la automatización y por qué. Ese tipo de situación tenderá a comprometer la autoridad de mando y la responsabilidad de los operadores humanos; más importante aún, puede colocarlos en una posición de extrema desconfianza del sistema automático, lo cual podría comprometer la integridad de todo el sistema ser humano-máquina. Es importante hacer que resulten innecesarias preguntas tales como "¿Qué está haciendo?" y "¿Por qué está haciendo eso?"

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser previsible**. Algunos sucesos en los cuales la automatización no parecía haberse comportado de modo previsible han tenido en el pasado grandes repercusiones, debido en parte a la desconfianza intrínseca de los operadores humanos acerca de las cosas sobre las que no tienen control. Aquí también, el nivel de abstracción con que se explica la automatización o con el cual ésta ofrece explicaciones es crítico para establecer o mantener la confianza en ella. La tercera pregunta que más frecuentemente se hacen los operadores humanos sobre la automatización es "¿Qué va a hacer ahora?" Esta pregunta, como las dos anteriores, también debería llegar a ser innecesaria. A medida que la automatización se hace más adaptable e inteligente, adquirirá un repertorio más amplio de comportamientos en una variedad más amplia de circunstancias. Esto hará que su comportamiento resulte más difícil de comprender y de prever para los operadores humanos, aun cuando pueda estar funcionando de conformidad con sus especificaciones de diseño. Será igualmente más difícil para los operadores humanos detectar cuándo no esté funcionando correctamente. La automatización avanzada debe ser diseñada de manera que sea y parezca previsible para sus operadores humanos y la diferencia entre el comportamiento defectuoso y el 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. En cierto sentido, la adaptabilidad y la previsibilidad son términos opuestos, ya que un comportamiento muy 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 en una variedad más amplia de circunstancias. Esto hará que su comportamiento sea más difícil de comprender y de prever para los operadores humanos, aun cuando pueda estar funcionando de conformidad con sus especificaciones de diseño. Será igualmente más difícil para los operadores humanos detectar cuándo no esté funcionando normalmente. Esto sugiere la necesidad de poner limitaciones a la adaptabilidad de la automatización, para que el ser humano pueda supervisar la automatización y detectar las deficiencias o fallas con el fin de compensarlas. "Adaptable" quiere decir aquí que puede 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 serie de opciones para el mando y la gestión de sus aeronaves. Deberían ofrecerse opciones semejantes en la automatización de los 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 función de la fatiga y la distracción. En este sentido, la automatización actúa verdaderamente como otro miembro más del equipo de mando y gestión, ayudando o haciéndose cargo totalmente de ciertas funciones cuando se le indique. La adaptabilidad aumenta la evidente complejidad y se muestra aquí en contraste con la previsibilidad, para insistir en que la automatización extremadamente adaptable puede ser relativamente imprevisible en determinadas circunstancias. Si un sistema así no es previsible, o si no le brinda al operador humano suficientes indicaciones sobre 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 va acompañado de mayor complejidad. Muchas funciones críticas de la automatización son ahora sumamente complejas, con varias capas de redundancia

para asegurar que puedan admitir fallas. Se ha observado que la capacitación para los sistemas automáticos avanzados insume mucho tiempo y es costosa, y que gran parte del tiempo adicional se dedica a aprender lo relacionado con la automatización. Deberían elaborarse modelos más sencillos que permitan la reversión en caso de fallas. Eso aportará ventajas para la instrucción. Aunque la automatización puede usarse de modo que funciones complejas parezcan más sencillas para el operador humano, las consecuencias de los modos en falla pueden resultar muy imprevisibles para ese operador, salvo que dichos modos se hayan estudiado a fondo en la etapa de diseño. La sencillez no ha sido incluida como un atributo necesario para la automatización concebida en función del ser humano, pero realmente podría haberse incluido. Es fundamental o bien que los sistemas sean lo bastante sencillos como para que los entiendan los operadores humanos o bien que se disponga de un modelo simplificado que ellos puedan utilizar. Si no se puede lograr que un sistema se le presente en forma razonablemente sencilla al operador humano, aumenta considerablemente la probabilidad de que sea mal comprendido y utilizado incorrectamente. Los proyectistas y fabricantes de automatización para los sistemas CNS/ATM deberían hacer un esfuerzo considerable para que sus productos resulten lo bastante simples como para ser comprendidos por operadores humanos de niveles de pericia muy diferentes.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser flexible.** Debería disponerse de una gama apropiada de opciones en materia de mando y gestión. El término "flexible" se utiliza aquí para caracterizar una automatización que pueda adaptarse a diversas variables ambientales, operacionales y humanas. Debe disponerse de una amplia gama de opciones de automatización, con el fin de proporcionar flexibilidad a una gran diversidad de operadores humanos, con niveles de experiencia que varían entre muy escasa y muy abundante y estilos cognitivos que varían de modo igualmente amplio. Dada la tendencia a una relación inversa entre posibilidad de comprensión y flexibilidad, la primera no debe sacrificarse en favor de la segunda, porque la capacidad de los seres humanos para entender sus dispositivos de automatización 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 ordene hacer, nunca debería hacer lo que se le ordenó no hacer y nunca debe empeorar la situación. Los seres humanos no utilizarán, o mirarán con aprensión, todo sistema o función automatizados que no se comporten de manera fiable o que parezcan comportarse caprichosamente. Esa desconfianza puede estar tan arraigada que podría anular la finalidad prevista por el proyectista. La fiabilidad es de especial importancia con respecto a los sistemas de alerta y advertencia. La desconfianza ante advertencias legítimas señaladas por sistemas que tendían a dar advertencias falsas (como ocurría con los modelos iniciales de GPWS, MSAW y STCA) ha tenido en el pasado consecuencias trágicas. En realidad, quizás sea más prudente omitir una función por completo, incluso una función muy conveniente, que proporcionarla o activarla 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 mantener el control sobre ella. Si un sistema fuese perfectamente fiable en su funcionamiento, no habría necesidad de informarle al operador humano acerca de su funcionamiento. Pero la perfección es imposible de lograr y la información suministrada debe ser lo más infalible que se pueda, teniendo presente que cada incremento en 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 "para participar, el ser humano *debe* estar informado". Pero, ¿qué cantidad de información es suficiente? ¿Cuánta es demasiada? 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 sencillos; en síntesis, que se proporcione una organización *activa*, más que *pasiva*, de la información, que se ayude al ser humano a asignar prioridades para garantizar que se prestará atención en primer término a las cosas más importantes. Una vez más, la propia automatización puede generar 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 se le puede prestar atención o no y debería ser tenida en cuenta durante el desarrollo de cualquier sistema de información CNS/ATM.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser resistente al 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. Quizás esto no sea realista, pero un sistema puede y debe estar diseñado para ser a prueba de errores en el mayor grado posible. La resistencia al error en la automatización propiamente dicha puede entrañar la verificación interna para determinar que el sistema está 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 al mínimo la probabilidad de errores.

La automatización de procedimientos inevitablemente complejos es necesaria y totalmente apropiada, siempre que el ser humano se mantenga dentro del ciclo de operaciones para poder entender lo que está pasando. El sistema debe poder ser utilizado por el ser humano si falla la automatización y debe suministrar una indicación sin ambigüedad de que está funcionando correctamente. También es 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 suministrarse con tiempo suficiente para permitir a los operadores humanos determinar el error y deben proporcionarse los medios que permitan corregir el error una vez localizado. Cuando sea imposible, deben indagarse las consecuencias de una medida antes de que se permita adoptarla.

- **La automatización concebida en función del ser humano debe ser tolerante del error.** Aun en un sistema muy resistente a los errores, se producirán algunos; por lo tanto, la automatización debe poder detectar y atenuar el efecto de esos errores. Dado que la resistencia al error es relativa más que absoluta, se requiere una "defensa por capas" contra los errores humanos. Además de construir sistemas que resistan lo más posible a los errores, es necesario y muy conveniente construir sistemas que los toleren. En este sentido, "tolerancia" significa el acto de permitir algo; esto cubre toda la panoplia de medios que pueden usarse para garantizar que cuando se cometa un error, no se permitirá que eso ponga en riesgo la seguridad. El sistema de la aviación ya posee un alto nivel de tolerancia de los errores, principalmente mediante la supervisión de los demás miembros del equipo. Pero quizás algunos errores posibles en un equipo automatizado, tales como los errores en la entrada de datos, sólo resulten evidentes mucho después de haberse cometido. Tal vez sean necesarios nuevos programas de soporte lógico, pantallas de presentación visual y dispositivos de supervisión para descubrir los errores más ocultos. En tales casos, puede ser apropiado verificar las decisiones utilizando criterios de razonabilidad. Dado que es imposible evitar o descubrir todos los errores humanos posibles, puede ser útil recurrir a los datos sobre sucesos y en especial incidentes previos en la aviación, para señalar los tipos de errores que se producen con cierta frecuencia.

3.6.5 Los atributos expuestos de una automatización concebida en función del ser humano no son mutuamente excluyentes; existe entre ellos cierta superposición. Los primeros principios sugieren el establecimiento de prioridades generales cuando se requiere un compromiso. Se indica que si los seres humanos deben estar al mando, tienen que estar informados. La *responsabilidad* es una faceta importante de la información al operador humano, así como un medio importante por el cual el operador puede supervisar el funcionamiento de la automatización. La *comprensibilidad* es otro rasgo crítico si el ser humano debe mantenerse informado; la persona debe poder entender lo que está haciendo la automatización. Cada una de estas características es un aspecto de la *informatividad.* En todo momento, el operador humano debe estar efectivamente informado con un mínimo de información, e informado de tal manera que exista una probabilidad muy elevada de que la información sea asimilada. En los casos en que un sistema automático actúa de manera imprevisible, debería contarse rápidamente con una explicación, si ya no se sabe o es claramente obvia.

3.6.6 Con las excepciones inevitables, los encargados de establecer normas y el público en general coinciden en que los seres humanos son quienes asumen en última instancia la responsabilidad por la seguridad del sistema de la aviación civil. Esto sugiere que los seres humanos deben mantenerse plenamente al mando de todo el sistema. Sin embargo, a pesar de esta afirmación, se cree que quizás la independencia de la automatización tienda a soslayar el operador humano a medida que se automaticen cada vez más elementos terrestres del sistema de transporte aéreo. La automatización que deje de lado a los operadores humanos reducirá necesariamente su participación en el sistema aeronáutico y su capacidad de controlarlo, lo cual disminuirá a su vez su capacidad de recuperarse de las fallas o de compensar las insuficiencias de los subsistemas automáticos. Los proyectistas de la automatización deberían probar de manera concluyente que tales insuficiencias no existirán o que tales fallas no ocurrirán antes de que la comunidad aeronáutica pueda contemplar la posibilidad de sistemas de automatización que puedan soslayar al operador humano. Es importante encontrar un equilibrio; cuando se requieran soluciones de compromiso, éstas deben inclinarse por mantener al operador en el ciclo, de modo que pueda encontrarse allí cuando sea necesario. En esto insiste también Billings (1997):

Los pilotos y los controladores de tránsito aéreo son indispensables, porque pueden tomar buenas decisiones y adoptar medidas apropiadas en situaciones difíciles. Todavía no hemos concebido una computadora que pueda hacerse cargo de la variabilidad inherente en el entorno del vuelo y del tránsito aéreo.

3.6.7 A pesar de los espectaculares adelantos tecnológicos en la automatización, la eficacia de los sistemas automáticos y computadorizados se mantiene inseparablemente ligada a las posibilidades de desempeño de los operadores humanos. La automatización de la ATM impondrá drásticos cambios en el papel del operador humano; puede también provocar cambios importantes en el proceso mediante el cual los controladores de tránsito aéreo y los pilotos colaboran para cumplir con su misión del modo más seguro posible. Si un sistema ATM automático inhibe la posibilidad de que los controladores y los pilotos trabajen en cooperación para resolver los problemas, limitará gravemente la flexibilidad del sistema y la pérdida de esa flexibilidad podría desbaratar gran parte de las ventajas que se esperan de un sistema más automatizado. En este contexto, deberían proyectarse sistemas automáticos o computadorizados de avanzada en el sistema CNS/ATM para ayudar a los seres humanos a desempeñar nuevas y difíciles tareas y responder con seguridad a las necesidades y requisitos del futuro. A través del

tiempo, la tecnología destinada a aumentar los márgenes de seguridad se ha empleado para aumentar la producción, dejando los márgenes de seguridad relativamente intactos. Si los seres humanos van a seguir siendo totalmente responsables de la seguridad del sistema, 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 una falla de automatización del sistema. Al proyectar los diversos componentes del sistema CNS/ATM, los proyectistas y fabricantes, así como los encargados de establecer las normas, deberían recordar que la faceta más importante de todo el sistema es el ser humano que hace funcionar, controla u organiza todo el sistema en procura de objetivos humanos y sociales.

3.6.8 En general, la evolución de la automatización hasta la fecha ha sido impulsada en gran medida por la tecnología. No obstante, los proyectistas de nuevas aeronaves y de otros sistemas aeronáuticos en los últimos años han intentado decididamente ayudar a los seres humanos a hacer lo que quizás no puedan hacer bien por el apremio de las operaciones cotidianas. De este modo, han contribuido a eliminar algunas causas de error humano, capacitando a otros directamente vinculados con la nueva tecnología.

3.6.9 El sistema CNS/ATM permite un uso más flexible y eficiente del espacio aéreo y aumenta la seguridad del tránsito. Las mejoras previstas en la gestión del tránsito aéreo incluyen:

- mejor manejo y transferencia de la información entre los explotadores, las aeronaves y las dependencias ATS;
- mejores comunicaciones entre los controladores y los pilotos utilizando tecnología de enlace de datos (CPDLC);
- 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, mejoras en la detección y resolución de conflictos, la generación y la trasmisión automáticas de autorizaciones sin conflicto 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 sistemas de aviación avanzados, junto con una mejor planificación, aumenten la seguridad y permitan un uso más dinámico del espacio aéreo y de la gestión del tránsito aéreo. Al hacer esto, es obvio que se necesitará y utilizará más automatización. El desafío consiste en elaborar un sistema basado en los principios de la automatización concebida en función del ser humano, que tiene en cuenta las capacidades y limitaciones del ser humano, y en síntesis, propone que:

- **Los seres humanos deben continuar al mando de las operaciones de vuelo y de tránsito aéreo.** La automatización puede ayudar proporcionando una serie de opciones de gestión.
- **Los operadores humanos deben seguir participando.** La automatización puede ayudar proporcionando mejor información y más oportuna.
- **Los operadores humanos deben estar mejor informados.** La automatización puede ayudar proporcionando explicaciones de sus medidas e intenciones.
- **Los operadores humanos deben hacer un mejor trabajo en la previsión de problemas.** La automatización puede ayudar supervisando las tendencias, haciendo previsiones y proporcionando apoyo para las decisiones.
- **Los operadores humanos deben comprender la automatización que se les proporciona.** Los proyectistas pueden ayudar diseñando una automatización más sencilla y más intuitiva.
- **Los operadores humanos deben administrar todos sus recursos eficazmente.** Si ha sido proyectada y utilizada correctamente, la automatización puede ser 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 para que se tengan en cuenta las capacidades 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/IEA Conference.* G. Johannsen y J.E. Rijnsdorp (eds.). Pergamon Press, Nueva York, 1982, págs. 129-135.

Billings, C.E. *"Aviation Automation – The Search for a Human-Centered Approach."* Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah (NJ), Estados Unidos, 1997.

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.

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

Davis, B. "Costly bugs: As Complexity Rises Tiny Flaws in Software Pose a Growing Threat". *Wall Street Journal,* 1987.

Dekker, S. y Hollnagel, E. *"Coping with Computers in the Cockpit",* Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, Hants, Reino Unido, 1999.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), "Too Much, Too Soon: Information Overload". *Spectrum,* Nueva York, junio de 1987, págs. 51-55.

Isaac, A. R. "Mental Imagery in Air Traffic Control", *The Journal of Air Traffic Control,* Vol. 34, Núm. 1, 1992, págs. 22-25.

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

Margulies, F. y H. Zemanek. "Man's Role in Man-machine Systems". En *Analysis, Design, and Evaluation of Man-machine Systems,* Proceedings of the IFAC/IFIP/FFORS/IEA Conference. G. Johannsen y J.E.Rijnsdorp (eds.). Pergamon Press, New York, 1982.

OACI. Anexo 11 — *Servicios de tránsito aéreo* (13a. edición), Montreal, 2001.

OACI. Doc 9583 — *Informe de la Décima Conferencia de Navegación Aérea,* Montreal, 1991.

OACI. Doc 9758 — *Directrices sobre factores humanos para los sistemas de gestión del tránsito aéreo (ATM),* Montreal, 2000.

Orlady, H.W. "Advanced Technology Aircraft Safety Issues". Informe inédito de la Battelle ASRS Office. Mountain View, California, 1989.

Palmer, E., C.M. Mitchell y 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.

Panel on Human Factors in Air Traffic Control Automation. *"The Future of Air Traffic Control: Human Operators and Automation".* National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1998.

Patterson, W. P. "The Costs of Complexity". *Industry Week,* 6 de junio de 1988, págs. 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, 1989, págs. 38-48.

Price, H. E. "The Allocation of Functions in Systems". *Human Factors*, Vol. 27, Núm. 1, 1985.

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

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

Ruitenberg, B. *"Certification of ATC equipment — an oversight in oversight?"* Ponencia presentada en el Fifth Australian Aviation Psychology Symposium, Manly, Australia, 2000.

Schwalm, H. D. y M. G. Samet. "Hypermedia: Are We in for "Future Shock"?" *Human Factors Bulletin,* Vol. 32, Núm. 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. y A. Debons (eds.). NATO ASI Series, Vol. F-32, Springer-Verlag, Berlín, 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

4.1.1 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 carga 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. Sería 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 ERGONOMÍA

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 acti-vidades 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 tratará 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.

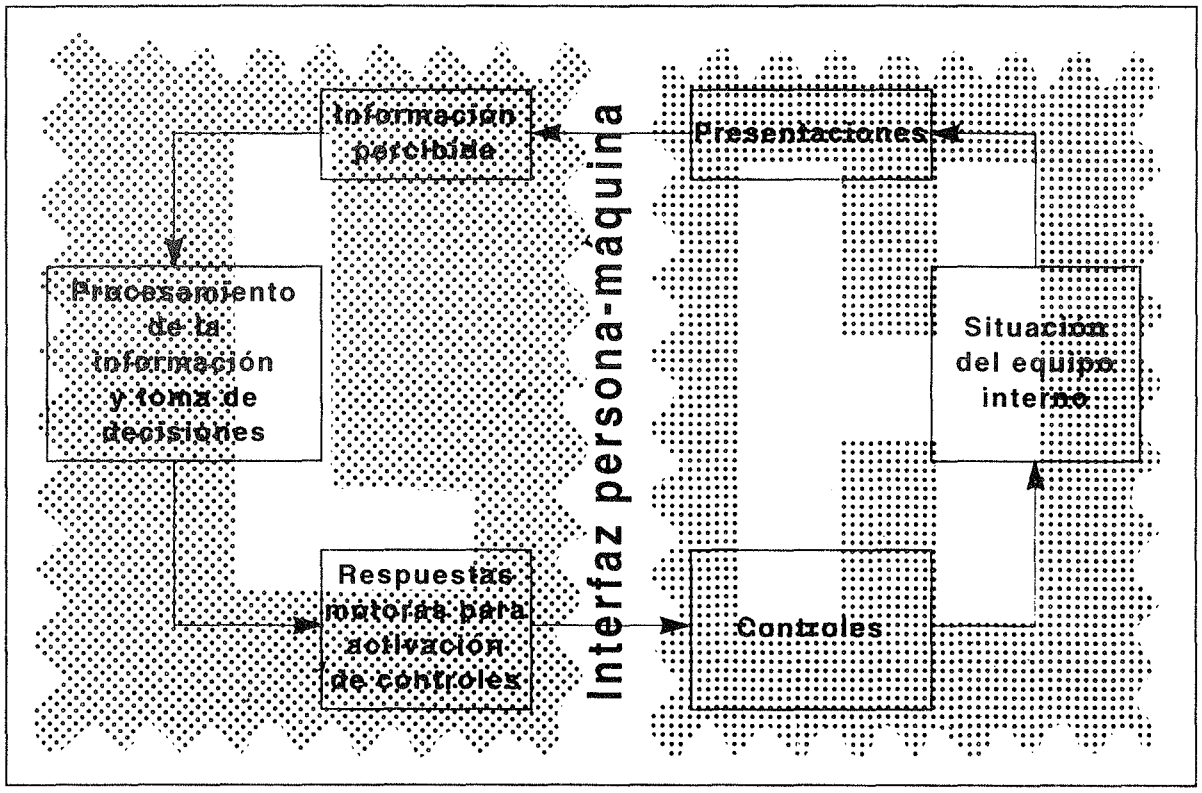


Figura 4-1. Representación de un sistema persona-máquina
(adaptado de Meister, 1979)

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 las 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 máquina, en términos de funciones que los seres humanos pueden realizar mejor que las máquinas y aquellas funciones en que las máquinas 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.

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.

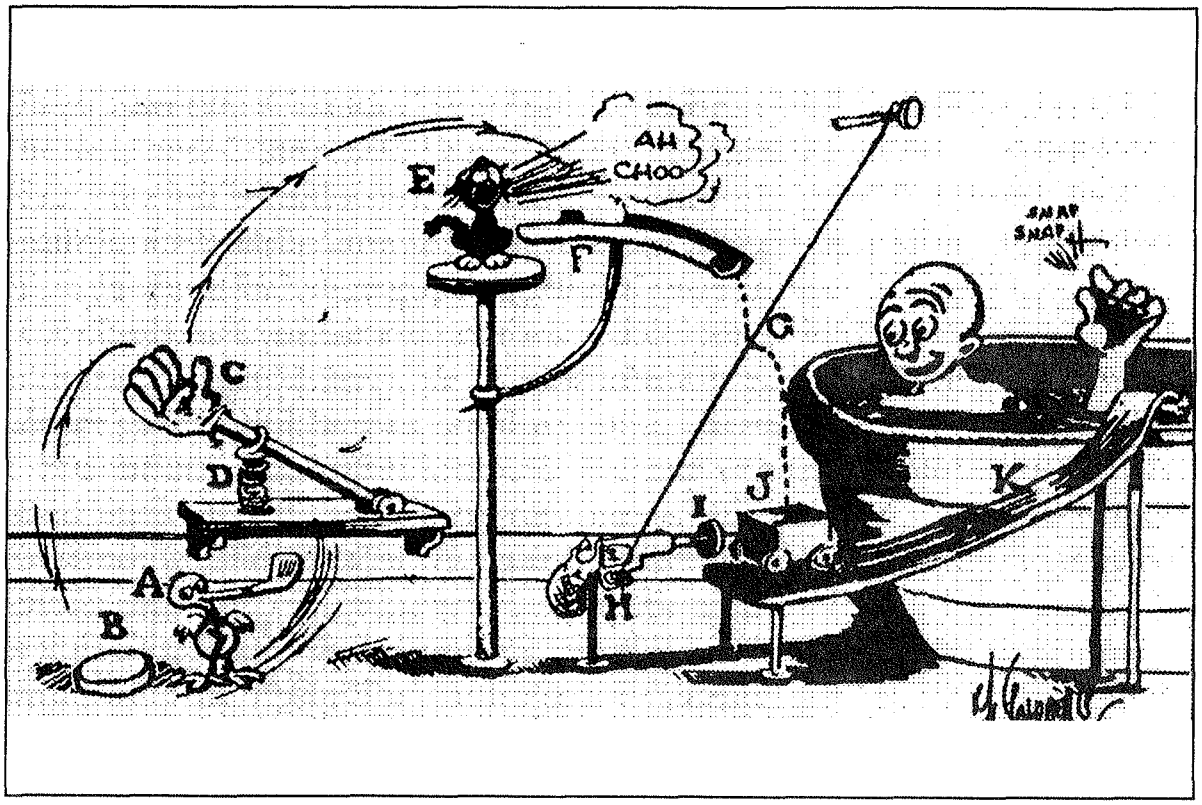


Figura 4-2. Si el jabón se cae de la bañera, éste es el modo de recuperarlo
(adaptado de *Los mejores chistes de Rube Goldberg*, recopilado por Charles Keller, Prentice-Hall, 1979)

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 está 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 sí para determinar la agudeza y velocidad de la performance visual humana. 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) está 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 estrelló 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 desvió 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 espacial 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.

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: "El [comandante] estaba acostumbrado a utilizar pistas de 2 000 a 3 000 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 árboles 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,

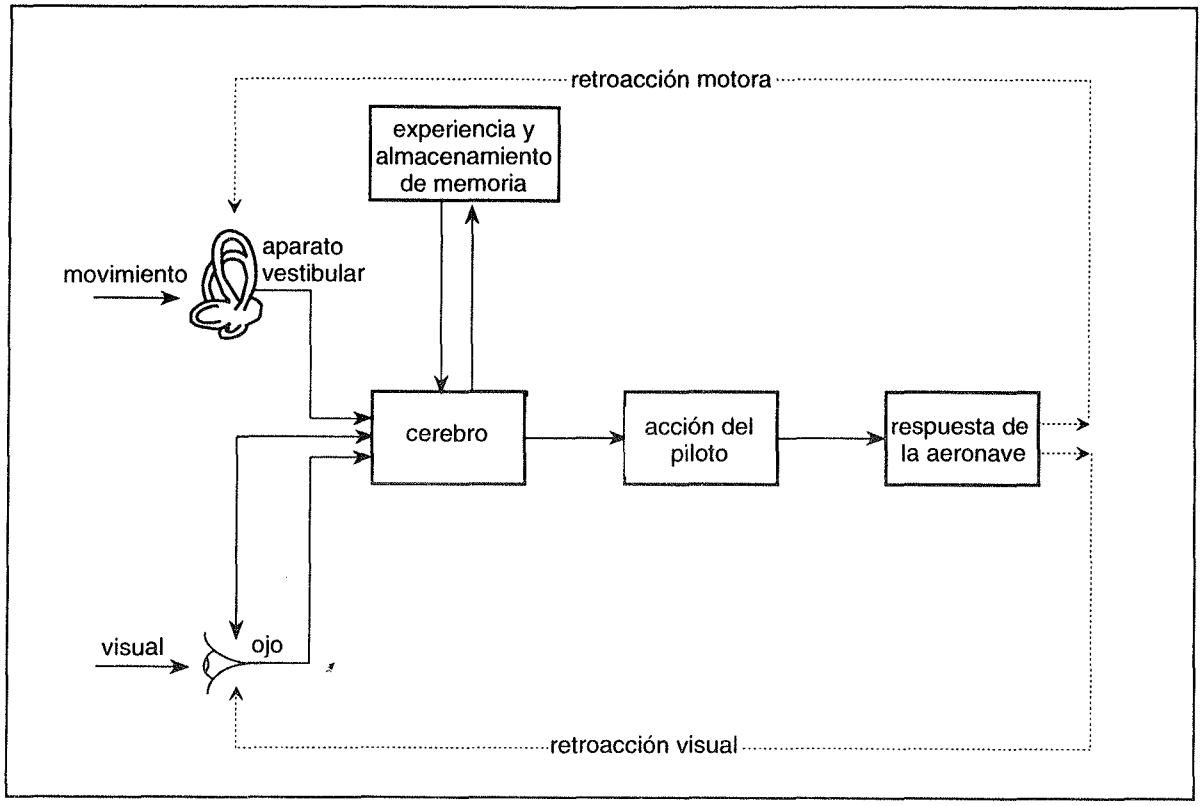


Figura 4-3. Modelo simplificado que ilustra algunos de los componentes involucrados en la percepción visual (adaptado de Hawkins, 1987)

o con las expectativas. Estos factores están incluidos en el propio marco mental, y eso se ejemplifica con el dicho popular "uno ve lo que quiere ver". Así pues, a título de ejemplo, digamos que se puede percibir correctamente una luz de aviso indicativo que hay falla en el sistema, pero si el piloto ha tenido experiencias anteriores en las que ha habido avisos erróneos acaso lo considere una falla de la señal y por lo tanto hacer caso omiso de la misma.

4.3.7 La falta de respuesta a un estímulo 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 éste 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 Concession 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, baste 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 Stornoway, 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 está 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/naríz (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 líquido 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 está vinculada con la capacidad auditiva y por último 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 "sí". Unos cinco segundos después, mientras el primer oficial encargado de las operaciones de vuelo todavía estaba repitiendo el permiso ATC, el comandante 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 expresión 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 estaban "despegando", y que el controlador decía "de acuerdo" y efectuaba una pausa, el primer oficial de Pan Am transmitió: "Nosotros todavía estamos efectuando el rodaje por la misma pista — aquí Jumbo 1736". Fue esta transmisión la que ocasionó 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 está libre", a lo que "Jumbo" respondió. "De acuerdo, notificaremos cuando hayamos abandonado la pista". Durante estas transmisiones, el avión KLM 4805 (también un Jumbo 747) continuó acelarando en su recorrido de despegue.

En el avión de KLM, el mecánico de a bordo preguntó: "Así pues, ¿la pista no está libre?" y el comandante dijo: "¿qué has dicho?". A lo que el mecánico de a bordo contestó: ¿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: "Sí".

Alrededor de siete segundo 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 completa 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 4-4. 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 sólo 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.

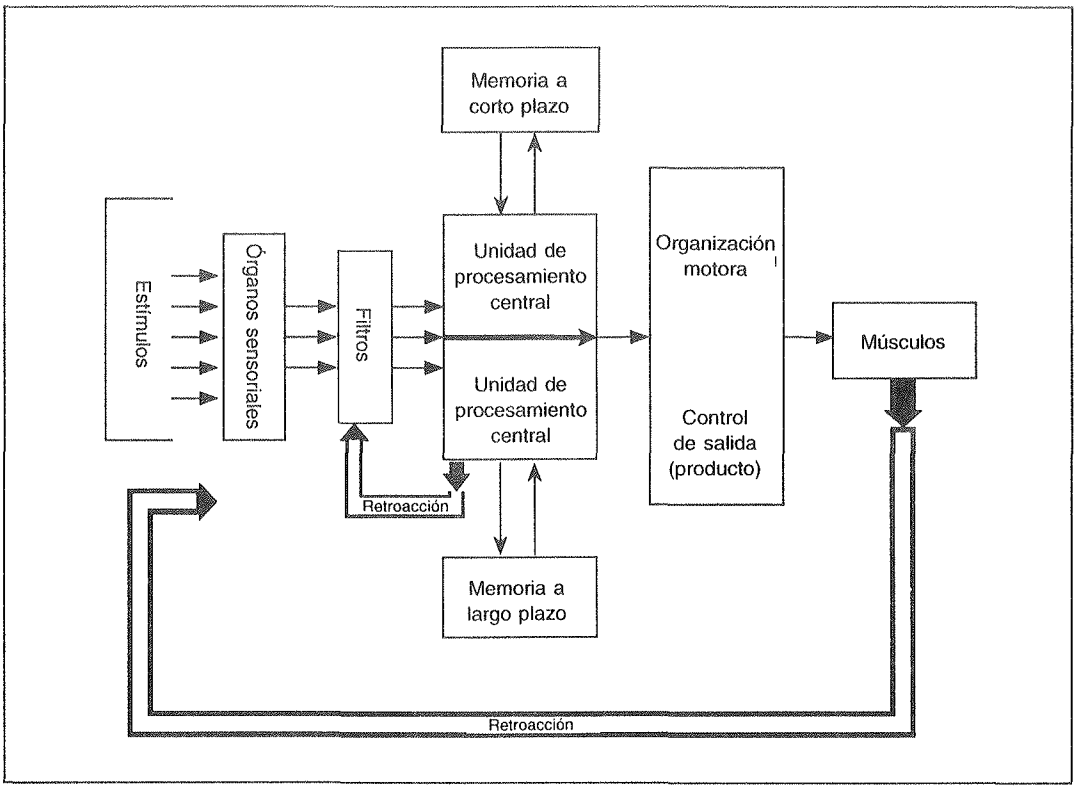


Figura 4-4. Modelo de sistema de procesamiento de la información del ser humano
(adaptado de Hawkins, 1987)

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 sicológicas. 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 está relacionada con la retención y con la recuperación de la información durante un largo período 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 más 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 sí en el marco de la experiencia de la persona en cuestión. Por ejemplo, el término BAJA PRESIÓN cuenta con once palabras sin relación entre sí, 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 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 llamaramos 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 límites 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 tramos 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 contro 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 cuánta 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

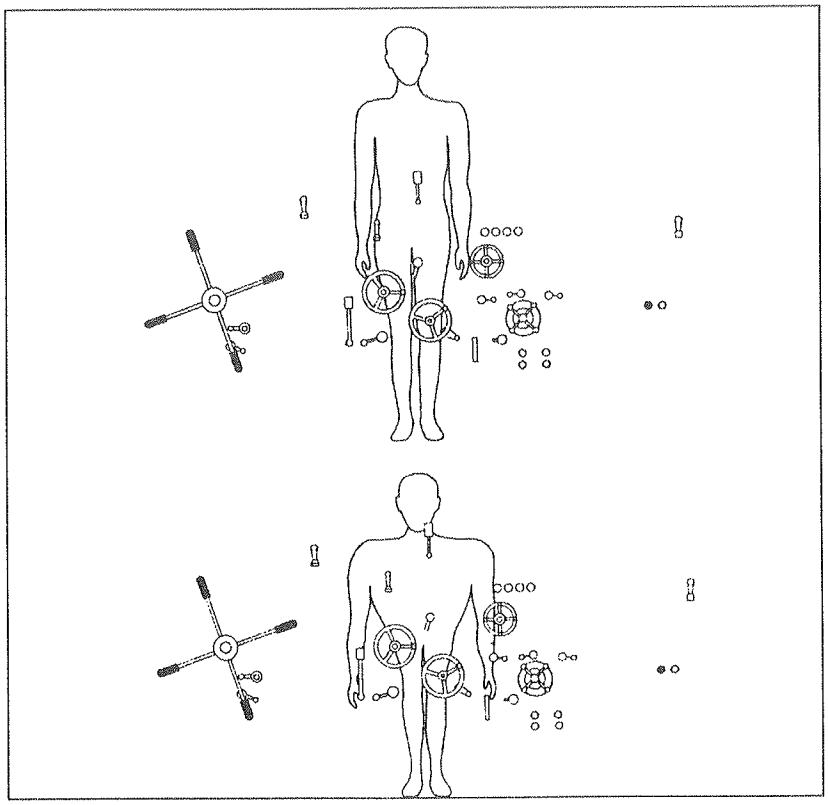


Figura 4-5. Los mandos de un torno de telar utilizado en la actualidad no están fácilmente al alcance de una persona "media"
(tomado de *Applied Ergonomics* (Ergonomía aplicada) IPC; 1969; Vol. 1)

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.

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. Sería 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 visuales 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 períodos 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

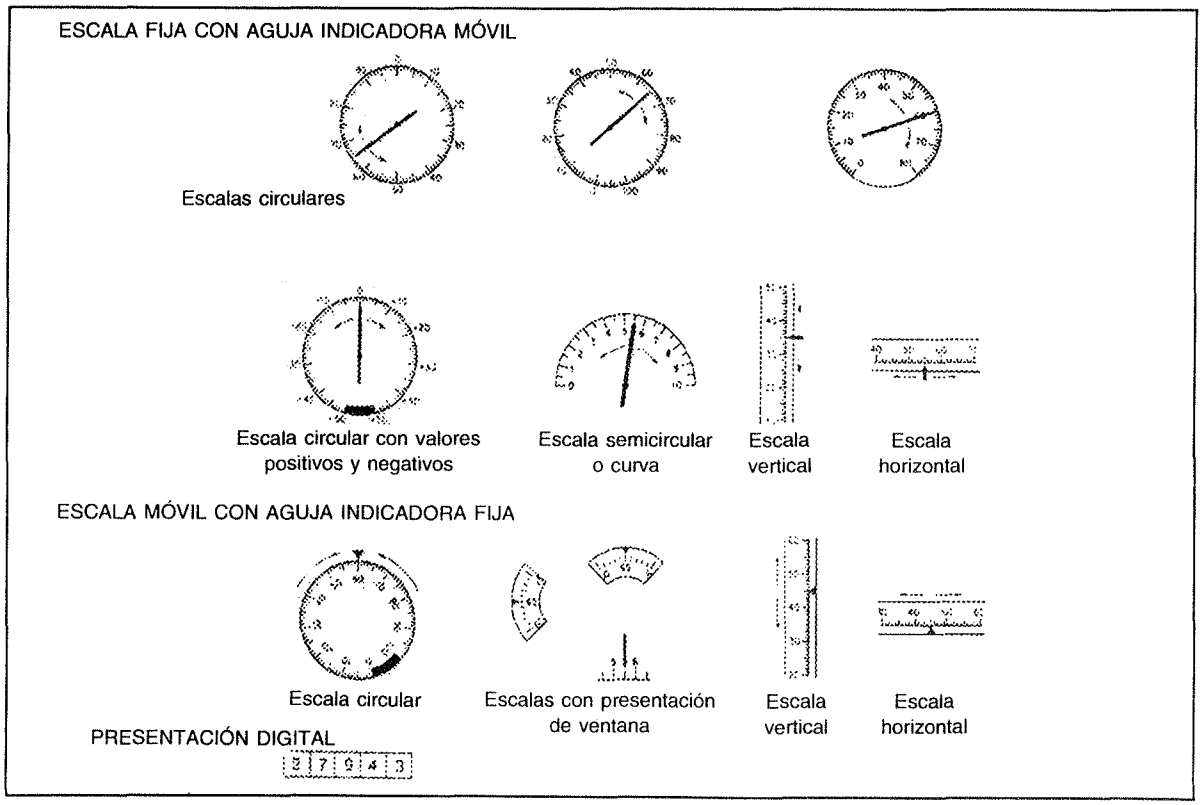


Figura 4-6. Ejemplo de presentaciones utilizadas para ofrecer información cuantitativa
(adaptado de McCormich *et al*, 1983)

sobre papel. Por otra parte, las presentaciones electrónicas son en general rentables (relación coste-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.

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 tenía 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 último, cuando se cuenta con múltiples avisos auditivos (es decir, se utiliza el mismo sonido para alertar acerca de más 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;

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 activó 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.

- 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).

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 emplearán.

Mandos

4.6.15 Los mandos son el medio con que cuenta el operador humano para transmitir mensajes o para dar órdenes a la máquina. El mensaje debería transmitirse dentro de márgenes de precisión especificados y dentro de determinados períodos 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 desconectó 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 está oscuro. La segunda bombilla, si funciona, confirma a la tripulación que el tren de aterrizaje está 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 del 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 los aviones y estabamos realizando la lista de verificación correspondiente, llegamos a la "selección de flaps". El comandante confirmó que debían colocarse los flaps en posición de despegue, de manera que agarré la palanca y la empujé hacia abajo. Como la palanca se accionó con mucha suavidad, miré para comprobar si en realidad no hubiera accionado equivocadamente la palanca de alta presión (HP) del motor núm. 2 que está situado a estribor y éste 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 Aerospace (BAe) tomó los informes muy en serio y publicó un boletín mundial ("British Aerospace Policy Letter") alertando a todos los explotadores 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 para 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 diseño de mandos, cabe 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 sistemas, 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 correspondientes 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 produjeran errores en ese 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 cuál 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.

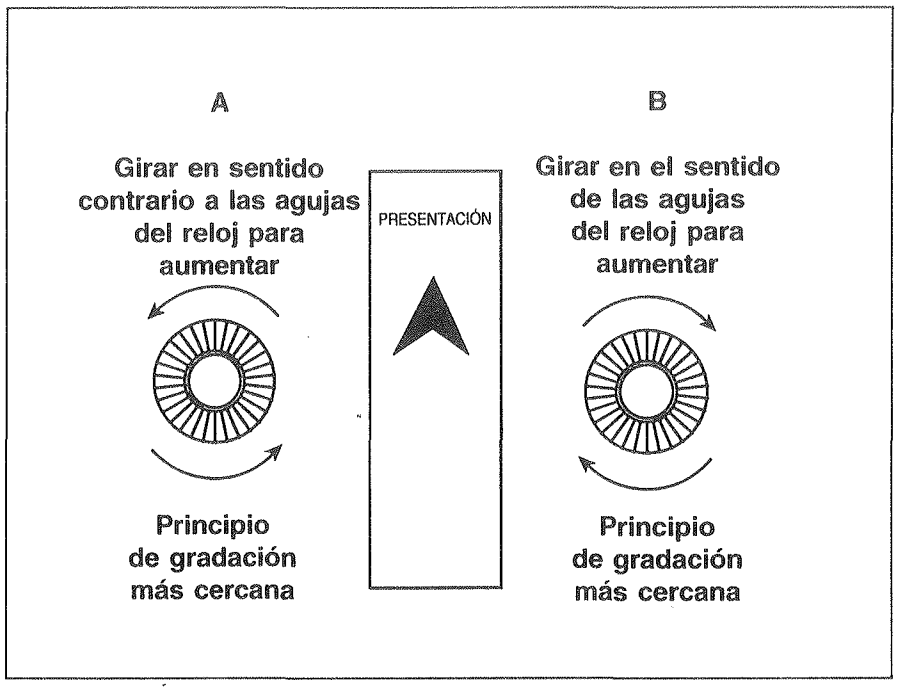


Figura 4-7. Dos estereotipos generalizados de este mando y su presentación visual

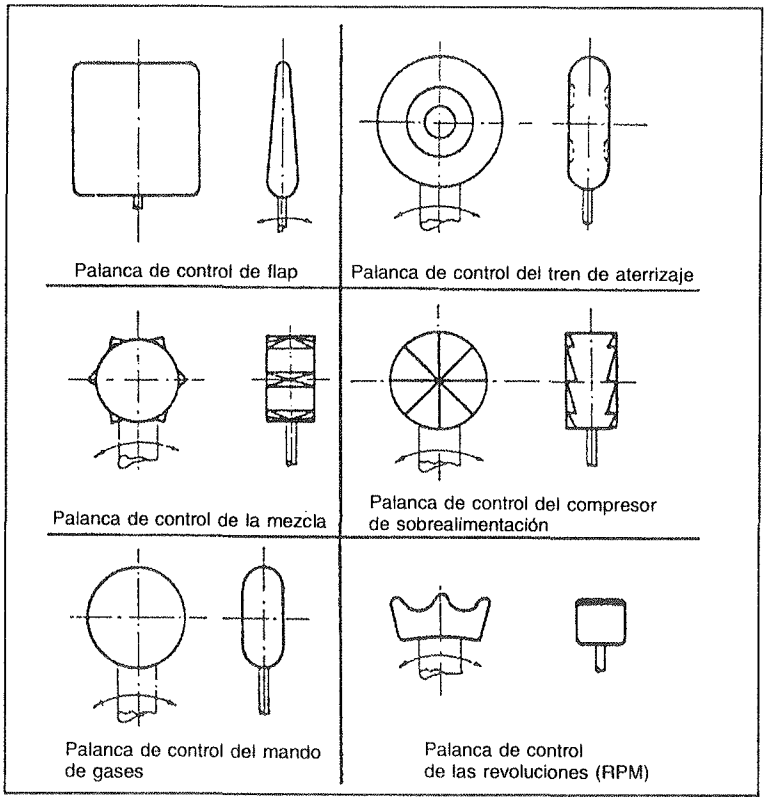


Figura 4-8. Requisitos FAA en materia de palancas de mando del puesto de pilotaje
(adaptado de 14CFR, Capítulo 1, Sección 25.781)

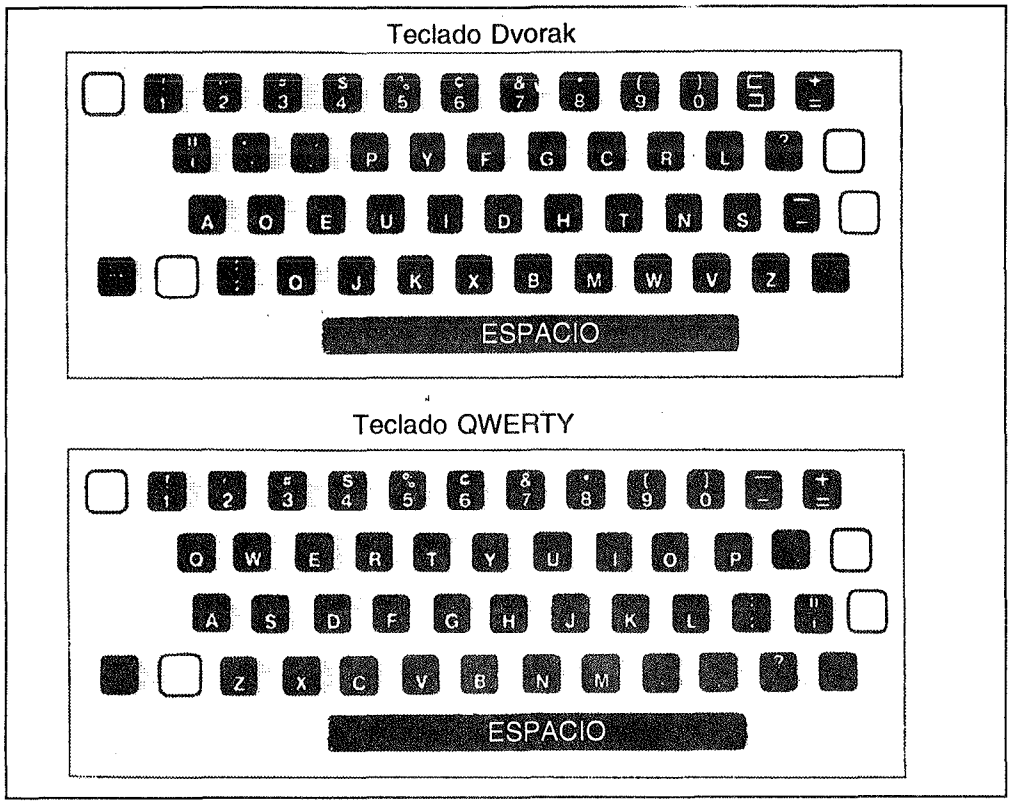


Figura 4-9. El teclado tradicional QWERTY y la versión Dvorak, más eficiente

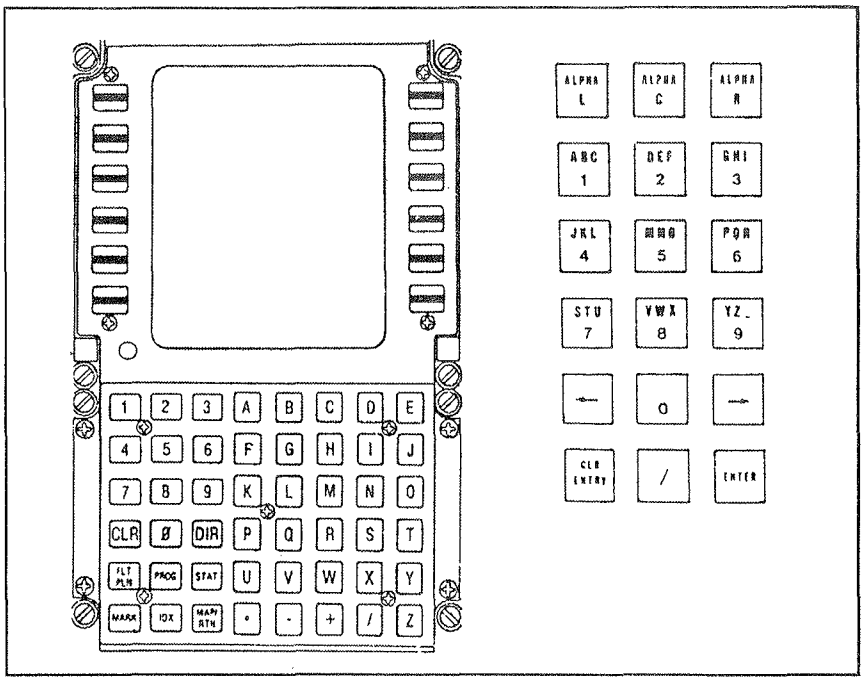


Figura 4-10. Ejemplo de teclado para un sistema de gestión de vuelo o de navegación (izquierda) y disposición sugerida
(adaptado de *Human Factors* (Factores humanos), L.C. Butterbaugh y T.H. Rockwell, 1982)

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.

En julio de 1987, un Lockheed L-1011 voló a menos 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 aún 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 sí 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 tenía pues ante sí 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 accessorios (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 a cabo el diseño del puesto de pilotaje está 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 compara 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.

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 4-12). 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".

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,

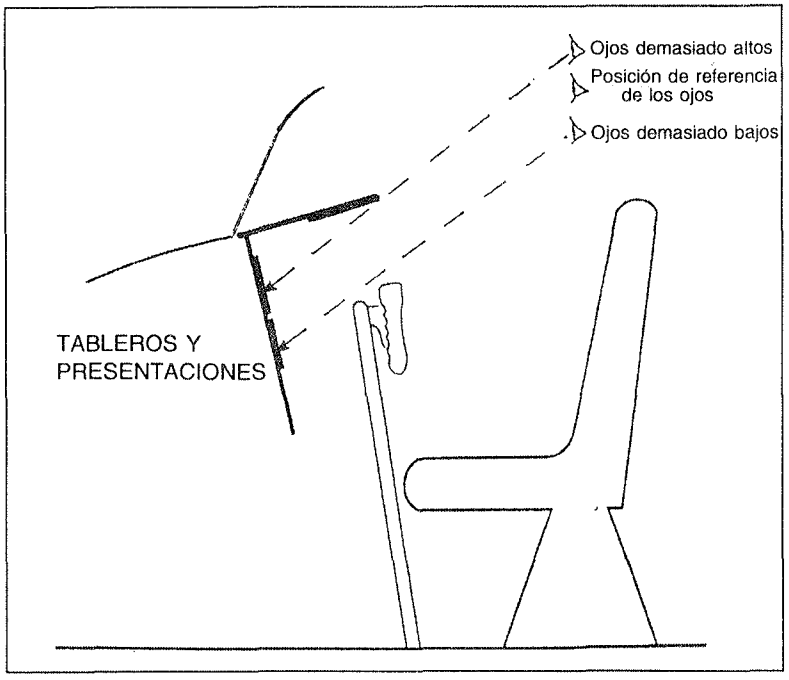


Figura 4-11. Posición de referencia de los ojos
[adaptado de *Human Factors in Flight* (Factores humanos en vuelo), F.H. Hawkins, 1987]

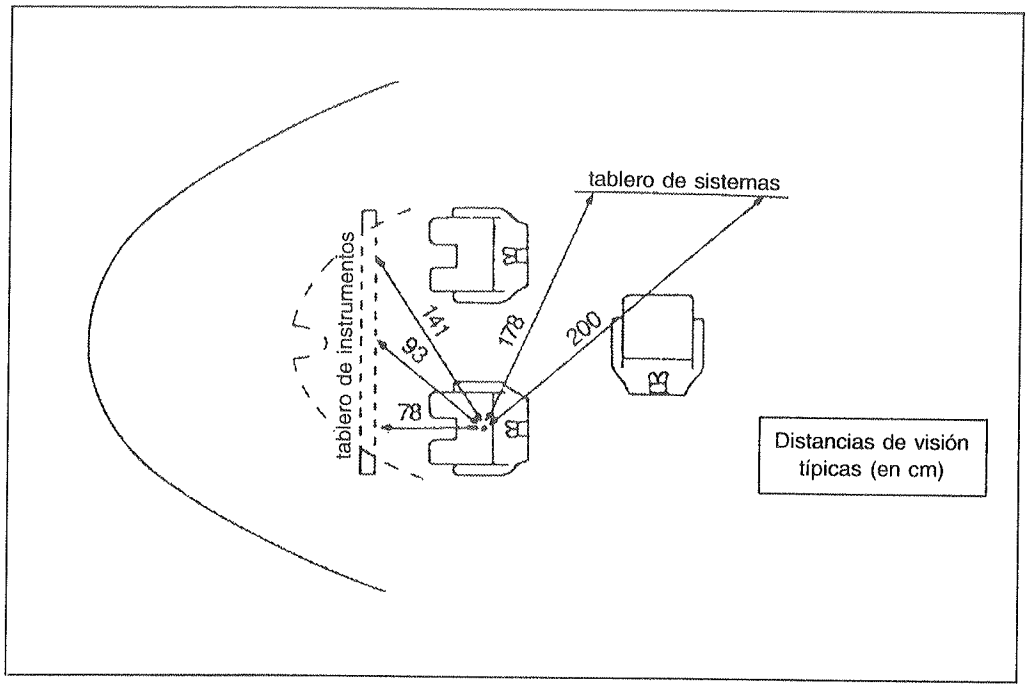


Figura 4-12. En un gran reactor, distancias típicas desde los ojos del piloto hasta los distintos tableros del puesto de pilotaje
(adaptado de Human Factors in Flight, F. H. Hawkins, 1987)

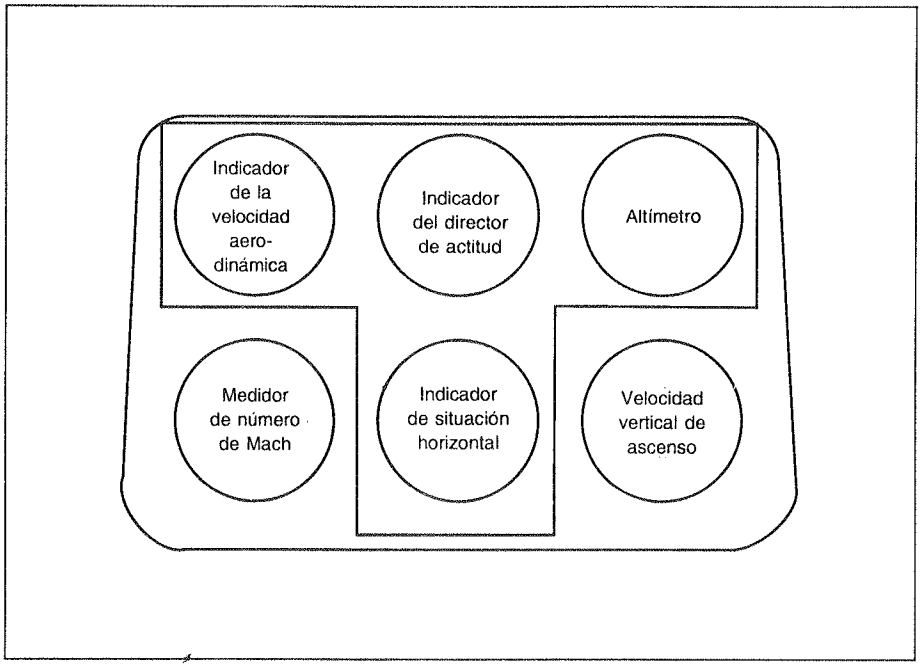


Figura 4-13. "Tablero básico en T", forma habitual de instalar los modernos tableros de instrumentos de vuelo
(adaptado de HFIF, F.H. Hawkins, 1987)

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 estrelló.

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.

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 4-15 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.

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 menor frecuencia deberían estar ubicados en la parte posterior, porque resulta relativamente incómodo 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 (IMC). Entre los factores contribuyentes se mencionó que la aeronave se había arrendado de otra compañía y que sus controles eran algo distintos de los otros A300 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.

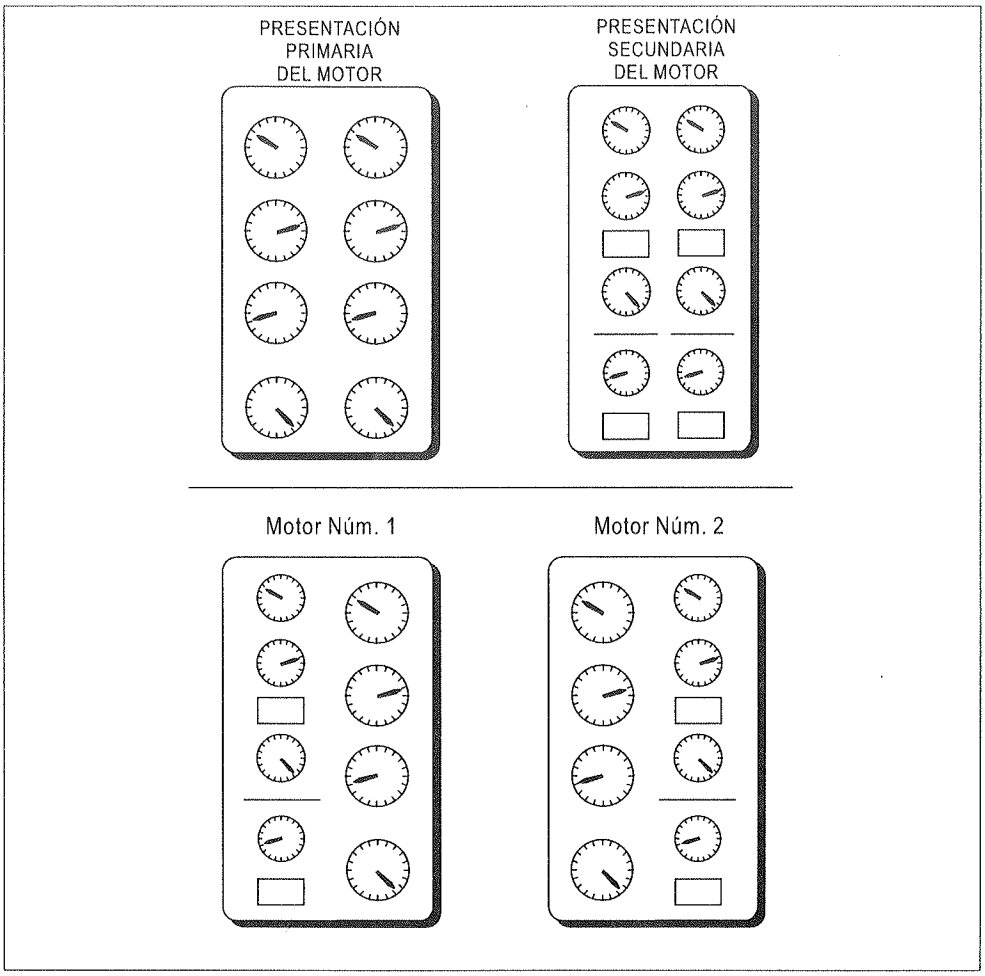
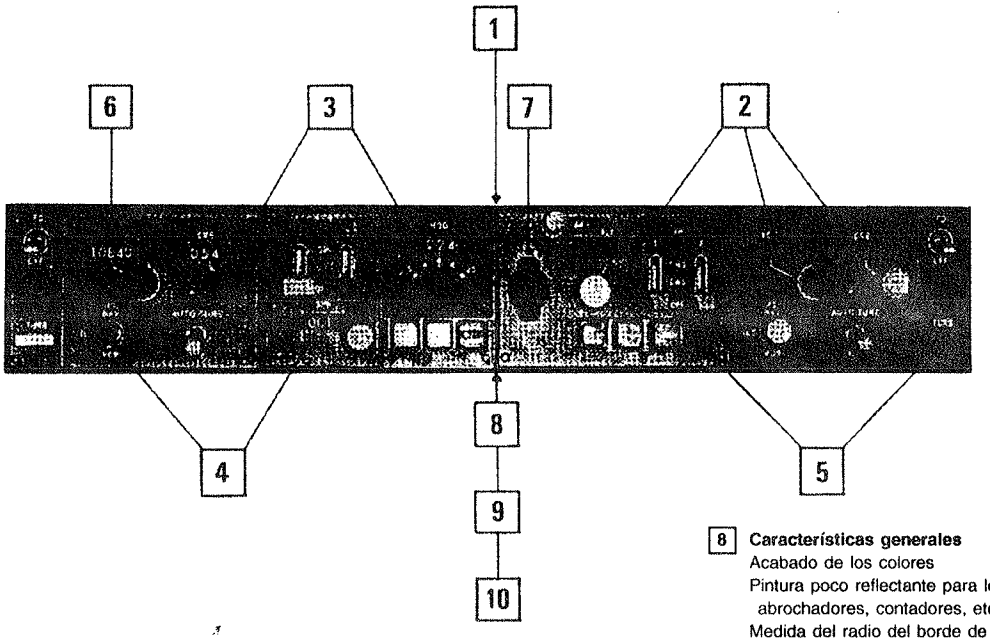


Figura 4-14. Ejemplos de puestos de pilotaje muy automatizados



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

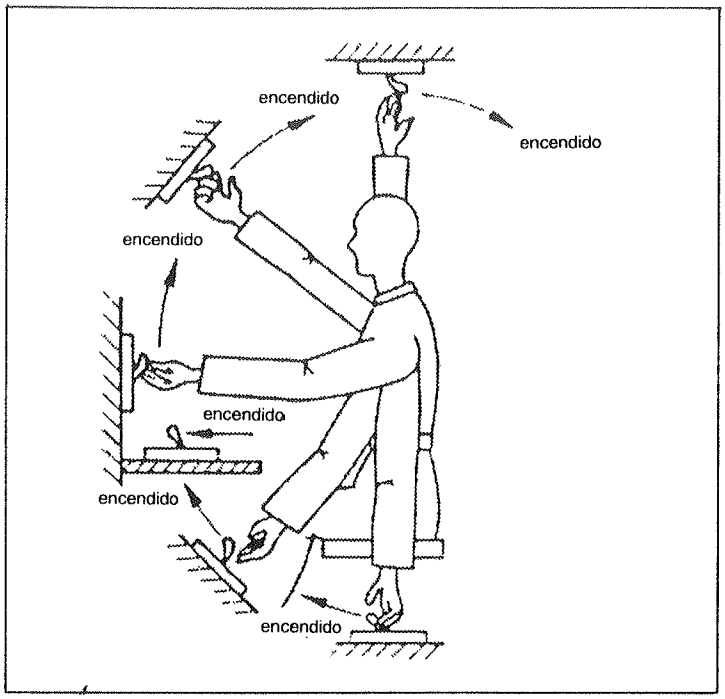


Figura 4-16. El concepto de posición de los conmutadores por "barrido" que está remplazando lentamente la disposición previa de "hacia adelante"
(adaptado de *Human Factors in Flight*, F.H. Hawkins, 1987)

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 específica del cuerpo a determinadas circunstancias que se le presentan a la persona.[1] Este concepto supone que existe un estado "normal" u "óptimo" 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 más 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 tradicionalmente 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 menoscabará 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.

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 mejorará 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 sicológicos 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.

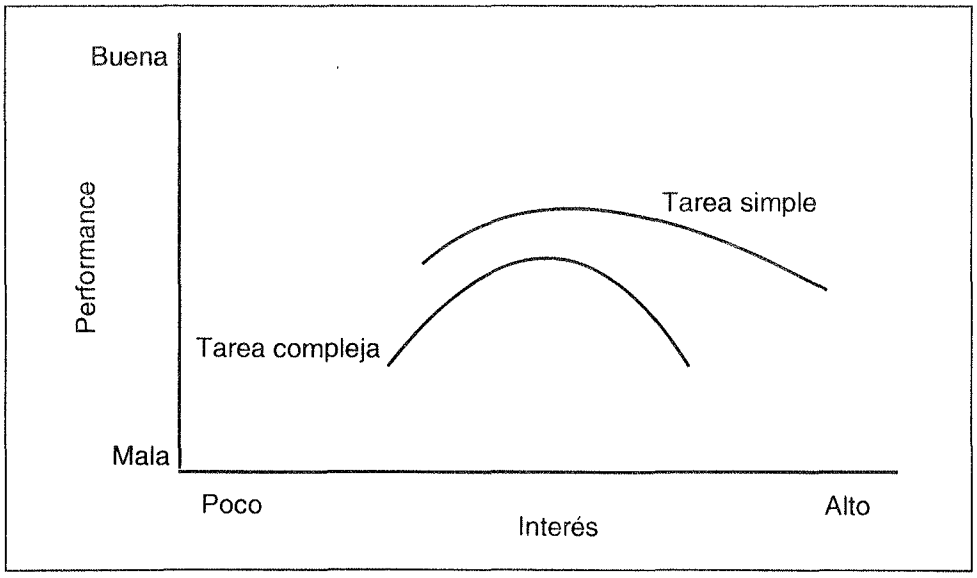


Figura 4-17. La ley Yerkes-Dodson sobre performance e interés

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 límite. 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 serían 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 úlceras. En el pasado, las tareas monitoras de emisiones de radio de alta frecuencia (HF) durante períodos 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 — proporcionarán 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 períodos de tiempo pueden fácilmente esperar que sufrirán una cierta pérdida de su capacidad auditiva además 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 sicológicas 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 calor 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 tardará en manifestarse la disminución de la performance debido al calor. El ser humano puede soportar la exposición a temperaturas extremas sólo 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 inconciencia a alrededor de los 30° C, manifestándose habitualmente irregularidad cardíaca 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 más el factor de enfriamiento a causa del viento. (El enfriamiento a causa del viento no es algo sicológico, 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 período 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 variará 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 oxígeno complementario para los miembros de la tripulación.

4.7.15 La fiabilidad técnica de los sistemas automáticos de suministro de oxígeno, 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 óptimo. Habría que tener en cuenta que los sistemas de oxígeno 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 está disminuida para percibir objetos importantes, o ambas cosas a la vez, debido a una distribución inapropriada 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 Aircraft Cabin* Gower Technical Press.

Ernsting & King, *Aviation Medicine* Butterworths.

Grandjean, E., 1980 *Fitting the Task to the Man: An Ergonomic Approach* 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, *Flightdeck Performance: The Human Factor* Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.

Roscoe, S. (Ed.), 1980 *Aviation psychology* Iowa State University Press, Ames. Iowa, 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 ergonomics Handbook* 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

5.1.1 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 mostrar cómo pueden influir las capacidades y limitaciones humanas en el desempeño de las tareas y en la seguridad del ATC. También se identifican las fuentes de los conocimientos en materia de factores humanos. En este capítulo:

- se describe cómo considerar los factores humanos dentro de un sistema;
- se explican las cuestiones de factores humanos que plantea la introducción de automatización en el ATC;
- se describen criterios para seleccionar a los controladores y se analizan cuestiones relativas a la instrucción del controlador de tránsito aéreo, comprendidas la instrucción sobre gestión de los recursos en equipo (TRM) y sobre gestión de amenazas y errores (TEM);
- se examinan determinados atributos humanos pertinentes para los sistemas ATC; y
- se proporciona una lista de referencias.

5.2 LOS FACTORES HUMANOS DENTRO DE LOS SISTEMAS

5.2.1 A fin de describirlos de manera conveniente, se analizan por separado en este capítulo diversos temas relativos a los factores humanos. En la práctica, estos temas nunca están separados, sino que siempre están relacionados entre sí de modo 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 SHEL[1] puede utilizarse para identificar aspectos que adolecen de problemas, rastrear los orígenes de determinados problemas y definir tareas apropiadas de recopilación de datos. El modelo SHEL comprende las principales interacciones entre el ser humano y los demás aspectos del sistema, pero también puede haber un segundo y un tercer orden de interacciones. Por ejemplo, lo que un controlador (elemento humano) ve realmente en una pantalla puede depender de qué información se presenta (soporte físico), cuán apropiada es para la tarea (soporte lógico), si está oscurecida por el resplandor (medio ambiente) y qué es lo que espera ver el controlador después de conversar con el piloto (elemento humano).

5.2.2 La finalidad de un sistema ATC es mantener una afluencia del tránsito aéreo que sea segura, ordenada y ágil y constituya un ejemplo de un gran sistema ser humano-máquina[2]. En sistemas de este tipo, los seres humanos interactúan con las máquinas para ejecutar las funciones del sistema. Pero habitualmente los seres humanos no tienen todos las mismas tareas, empleos, equipos ni funciones, aun cuando puedan tener una formación y calificaciones profesionales semejantes. Un sistema ATC seguro y eficiente debe incluir la tecnología apropiada. Debe también contar con controladores de tránsito aéreo profesionales dotados de instrucción y conocimientos convenientes, que puedan entender y utilizar todas las instalaciones 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 de combustible; atenuación del ruido; perturbación mínima del medio ambiente; rentabilidad (que resulta cada vez más importante, debido al carácter empresarial que asume el ATC); imparcialidad respecto a todos los usuarios dentro de las normas y reglamentaciones; y la satisfacción de los pedidos de los usuarios siempre que sea posible. Un objetivo accesorio 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 equipos existentes o nuevos. Esto implica que se dedique considerable esfuerzo en una organización ATC a capacitar controladores de tránsito aéreo y desarrollar sistemas ATC, para lo cual es indispensable el aporte y la participación de los controladores de tránsito aéreo en ejercicio. Esto debería manifestarse en la magnitud de la dotación de personal de controladores.

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

Ejemplos de interfaces 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 suelen ser más cómodas que las sillas rígidas con patas ordinarias;
	* Que los auriculares proporcionados 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, la posición de la torre de manera que se evite estar al sol la mayor parte del día;
Elemento humano-elemento humano:	* Todos los aspectos de la coordinación y la comunicación;
	* Relaciones empleado-empleador.

consecuencia de las capacidades 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 máquina, de modo que el ser humano no retrase el progreso técnico debido a que se le hayan asignado tareas que superan su capacidad. El objetivo de los factores humanos en el ATC consiste en 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, cuya 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 cómo 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 al ATC de los principios relativos a los factores humanos son el mejoramiento de la seguridad y la prevención de los accidentes, aumentando a la vez la eficiencia del sistema.

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 número creciente de aeronaves pequeñas ha exigido que el ATC atienda a una mayor variedad de tipos de aeronaves. A pesar de los equipos más eficientes a bordo y en tierra y del empleo más intensivo y productivo del sistema ATC, se han hecho más comunes y más persistentes los períodos de mayor intensidad en el tránsito aéreo, a la capacidad máxima o casi máxima del sistema ATC.

5.2.7 Se prevé que en muchas partes del mundo la demanda futura de servicios de tránsito aéreo supere la capacidad de los sistemas ATC actuales, los cuales deberán, por lo tanto, transformarse o ser remplazados para atender de manera segura y eficiente esa demanda acrecentada. Una mayor sectorización del espacio aéreo resulta, en última instancia, una solución contraproducente, debido al trabajo adicional de coordinación y enlace que entraña. Tienen que imaginarse, probarse y aplicarse otras soluciones que incluyan:

- el suministro de mejores datos al controlador;
- la sustitución de las funciones manuales por modos automatizados;

- el tratamiento y la presentación automatizados de datos;
- la ayuda automatizada para las tareas cognitivas humanas como, por ejemplo, la resolución de problemas y la toma de decisiones;
- la utilización flexible del espacio aéreo, basada en las necesidades operacionales, más que en los límites geográficos;
- pasar, de las intervenciones tácticas de corto plazo que resuelven los problemas a medida que surgen a la planificación estratégica anticipada de una afluencia de tránsito eficiente, para evitar que se planteen problemas.

5.2.8 A veces los sistemas resultan recargados y hay que imponer controles a la afluencia: la organización de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM) es actualmente un proceso normal 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 evitar el recargo de los sistemas de control de tránsito aéreo, se necesitan la experiencia del controlador de tránsito aéreo y un conocimiento profundo del área para planificar la afluencia del tránsito. El objetivo del ATFM tal como se aplica en Europa no es controlar las aeronaves en vuelo, sino minimizar las demoras asignando turnos de salida 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, p. ej., hacia un destino determinado o evitando ciertas condiciones meteorológicas.

5.2.9 Otros factores pueden agravar las difíciles circunstancias que enfrenta el ATC. La magnitud de la dotación de controladores puede mantenerse aproximadamente igual, aun cuando se necesiten más controladores debido al aumento del tráfico. También pueden necesitarse más controladores si la nueva tecnología permite disminuir los criterios de 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 en caso de no mantenerse los criterios de separación. Quizás no puedan utilizarse la pista, la ruta de salida o el circuito de aproximación preferidos por el controlador y por el piloto, debido a restricciones para la atenuación del 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 radar y del tratamiento de datos, se están creando y aplicando sistemas anticolisión, se está explorando la posibilidad de rutas directas entre los aeropuertos de salida y de llegada de las aeronaves en vez de usar aerovías y se están investigando las posibilidades de sistemas de navegación aérea avanzados. Asimismo, hay que considerar las nuevas opciones que ofrecen esos adelantos tecnológicos en términos de seguridad, eficiencia, rentabilidad y compatibilidad, teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones humanas. Esos adelantos cambian los procedimientos y prácticas del ATC, el ámbito 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 en el ATC, sino que debe 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. Cómo puede lograrse esto depende de muchos factores, entre ellos:

- las características de cada aeronave y de sus equipos;
- 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, pericia y experiencia del piloto;
- los conocimientos, pericia y 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, el nivel de vuelo, la velocidad, el rumbo y las maniobras — generalmente puede expresarse y comunicarse digitalmente y presentarse en pantallas. La información cualitativa — por ejemplo, sobre la fiabilidad, la validez y la seguridad de los datos, no se presenta por lo general visualmente, 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 hasta qué punto pueden aproximarse las aeronaves de manera segura y de ese modo establece la capacidad del sistema ATC en la mayoría de las circunstancias, aun cuando otros factores como los mínimos de estela turbulenta o la cantidad y disponibilidad de pistas puedan incidir sobre la capacidad. La separación admisible entre aeronaves puede generalmente ser más reducida en un ambiente radar (cuando la información sobre las mismas es de alta calidad y actualizada frecuentemente) que cuando están fuera de la cobertura radar y se aplican criterios de

separación reglamentarios. Puede considerarse también que las aptitudes mejoradas de navegación de alta precisión que ofrecen las aeronaves de la última generación permiten la aplicación de normas de separación reducida.

El espacio de trabajo del controlador[3]

5.2.14 Los espacios de trabajo del control de tránsito aéreo deben seguir siendo seguros y eficientes bajo las condiciones más desfavorables admisibles. Esto se aplica a los atributos del elemento humano (tales como 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, los espacios de trabajo deben verificarse y validarse para dichas condiciones y no para condiciones ordinarias u óptimas. Cada espacio de trabajo debe tener en cuenta la información que debe presentarse, los tipos de controles necesarios para cada tarea y su disposición entre sí y con relación a las pantallas y, por último, el diseño de los muebles. Esto exige la estricta aplicación de pruebas ergonómicas comprobadas en lo que atañe a la posición, distribución, separación y codificación de los controles y de la información presentada. Hacer concesiones sobre estos principios puede dar lugar a un funcionamiento menos eficiente, que insumirá más tiempo, será más propenso a errores y 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 tarde o 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

5.2.16 Las instalaciones disponibles en materia de comunicaciones en el espacio de trabajo tienen que ser evidentes. El componente principal de las comunicaciones consiste en el soporte lógico, al que se tiene acceso en un equipo de soporte físico. Las instalaciones de comunicaciones deben formar parte integrante del espacio de trabajo 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, gran parte de la información transmitida de un controlador a otro y 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 formal de que cada mensaje ha sido recibido y entendido. En el futuro, se transmitirá más información 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 tiene conocimiento de esa información, a menos que se haya incluido específicamente la disposición de comunicársela. El papel que desempeñan los grupos y los equipos de personas a menudo disminuye cuando las comunicaciones se automatizan, dado que el enlace humano con la máquina a través de la interfaz elemento humano-máquina suele ser accesible para uno de los controladores, pero no para un equipo.

> Ejemplo: En un entorno ATC tradicional con comunicaciones orales, no es infrecuente que un controlador que se halla en un puesto de trabajo contiguo oiga una instrucción errónea o un error de confirmación en una transmisión del controlador de otro puesto, o detecte un error de confirmación del piloto a otro controlador. En un medio más automatizado (p. ej., con el sistema de comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto (CPDLC) como método principal de comunicación) esta defensa adicional 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 distintos tipos de aeronaves cuyos equipos de comunicaciones de a bordo puede ser muy diferentes. 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 sólo pueden combinarse y adaptarse de manera que resulte práctica en el diseño de interfaz elemento humano-máquina que se haya establecido.

5.2.18 Para evitar ambigüedades y posibles fuentes de error, se han normalizado lo más posible el contenido, la estructura, los diálogos, el vocabulario y las secuencias de los mensajes ATC orales. Gran parte de esto ya se ha hecho hace muchos años. El alfabeto fonético de la OACI es el resultado de un amplio estudio cuyo objetivo era seleccionar un conjunto de palabras que sonaran lo más distintas entre sí que fuese posible, aun cuando fuesen pronunciadas a través de canales de comunicaciones con ruido y perturbaciones por 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 logren algún perfeccionamiento de importancia. (No obstante, el hecho de que sea apropiado para que lo reconozcan los seres humanos no implica que sea apto para que lo reconozcan las máquinas.)

5.2.19 Las principales fuentes de las confusiones y analogías fonéticas están bien establecidas. Las aeronaves con distintivos de llamada semejantes dentro del mismo espacio aéreo deben ser inevitablemente una causa potencial de error humano y es mejor evitar tales circunstancias en la planificación

previa. Cada vez que esas aeronaves tengan que volar en la misma zona durante alguna etapa de su vuelo, se les deberían 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 tome 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 si no se observan los procedimientos normalizados es muy grande la posibilidad de ambigüedad.

5.2.20 Las comunicaciones pueden mejorarse con una buena disciplina de los controladores y pilotos. Es importante hablar siempre despacio y claramente, en especial cuando el idioma utilizado no es el idioma nativo ni de quien habla ni de quien escucha. Hacia el final de un turno o de un vuelo prolongado, el controlador o el piloto pueden estar cansados y habría que hablar de manera muy lenta y clara. Es común familiarizarse con las voces y puede ser causa de confusión para un piloto que le conteste un controlador que no es el previsto, como puede ser causa de confusión para el controlador si en el diálogo con la tripulación de una aeronave intervienen diferentes miembros de la misma. Las transmisiones en que se interrumpe el principio o el fin del mensaje pueden ser potencialmente peligrosas, especialmente si el controlador está ocupado, que es cuando es más probable que suceda eso. La confirmación habitual de los mensajes y el pedido de repetirlos en caso de duda puede ayudar a evitar los errores. Hay que tener especial cuidado en contrarrestar la propensión humana a oír lo que se espera 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 "number one" (número uno). Muy a menudo, en ese caso, el piloto confirmará "cleared to land" (autorizado para aterrizar), pues 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 las comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto (CPDLC). Antes de implantar las CPDLC, 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 DE 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 En esta sección se trata principalmente de una forma diferente de automatización en el ATC, en la que la automatización de una función es parcial o incompleta y cuya finalidad es ayudar al controlador. Las consecuencias de dichas formas de automatización desde el punto de vista de los factores humanos son directas e inmediatas. Plantean problemas de relaciones ser humano-máquina que han de ser identificados y resueltos durante el proceso de diseño del sistema, con la confirmación subsiguiente de que se han alcanzado los objetivos operacionales de la automatización. Se refieren principalmente a la interfaz elemento humano-soporte lógico.

Razones para la automatización

5.3.3 Existen varias 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. la ADS), así como de adelantos en la asistencia automatizada para la resolución de problemas, las previsiones y la 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 está aumentando en todo el mundo. La información concerniente a las aeronaves está mejorando en cantidad y calidad y así debe ser para permitir 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 para tratarla, y a pesar de ello deben mantenerse la seguridad y la eficiencia. Los

problemas no siempre pueden resolverse sectorizando aún más el espacio aéreo y empleando más controladores, debido a que en cierta etapa el recargo que entrañan el enlace, la coordinación y las comunicaciones adicionales contrarresta, en última instancia, las demás ventajas. Las tendencias a largo plazo son que haya más información sobre cada aeronave, menos demoras admisibles para transmitir la información debido a que las aeronaves están más próximas unas de otras, y que los controladores dediquen menos tiempo a cada aeronave.

5.3.5 La información ATC y los instrumentos del controlador están evolucionando del medio impreso (o sea, las fichas de progreso de vuelo), pasando por las pantallas electrónicas, al tratamiento de datos (ayuda de computadoras) y a la automatización (ejecución por computadora). Este proceso evolutivo ha alcanzado etapas muy diferentes en diferentes Estados. Se ha llegado a la conclusión[4] de que es inevitable una mayor automatización del ATC. Las cuestiones que se plantean, por lo tanto, se refieren a cuándo, dónde y cómo se debería introducir la automatización y no a si debería introducirse.

Ejemplos de automatización aplicables al ATC: el ATIS (que elimina la necesidad de leer continuamente 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 de llegada o de vuelo de salida 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 coordinaciones orales frecuentes); los enlaces de datos tierra-tierra entre las dependencias o centros ATC (que también eliminan la necesidad de comunicaciones orales frecuentes).

Objetivos de la automatización

5.3.6 Cuando se utiliza debidamente, la automatización puede aportar un enorme beneficio. Puede contribuir a la eficiencia, mejorar la seguridad, ayudar a prevenir errores y aumentar la fiabilidad. La tarea consiste en garantizar que ese 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 de las relativas virtudes de uno y otra. Según el tipo de tránsito (densidad del tránsito, tipo de aeronave) y el equipo terrestre (medios de comunicación y vigilancia), pueden elaborarse diferentes tipos de herramientas para lograr estas metas:

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

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

3) instrumentos que proporcionen información que introduce un cambio radical en los métodos de trabajo, p. ej., radar o vigilancia dependiente automática (ADS);

4) automatización de las tareas especializadas, utilizando sistemas especializados o instrumentos que pueden calcular y tramitar trayectorias libres de conflicto en 4D dentro de un sistema integrado aire-tierra, p. ej., 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 las herramientas aumenta del tipo 1 al tipo 4. Muchos servicios ATC en todo el mundo ya están equipados con herramientas de tipos 1 a 3 y tienen cierta experiencia en las cuestiones de factores humanos que suponen, pero es necesario considerar cuidadosamente las cuestiones que plantean las herramientas 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 herramienta; de no ser así, puede suceder que la misma no se emplee del modo proyectado o que no se emplee en absoluto, lo cual puede perjudicar la eficiencia o la seguridad del sistema[5].

Limitaciones

5.3.8 Las funciones humanas dentro del sistema ATC deben describirse claramente. Deben superarse diversas limitaciones, entre ellas las siguientes:

- Debe mantenerse el nivel de competencia humana. Aun los sistemas muy 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 máquina, aun si esto entraña un recargo de trabajo muy elevado. Si el sistema automatizado queda interrumpido, el controlador humano debe poder ocuparse todavía del tránsito, al menos hasta que todas las aeronaves presentes en el sector hayan aterrizado o salido del área de responsabilidad, de ser necesario sin las relaciones normales piloto-controlador.

  Siempre que sea posible que las funciones automatizadas vuelvan a recaer en las funciones humanas en caso de falla, también debe ser posible, mientras el sistema está funcionando manualmente, restablecer las funciones automatizadas cuando la falla haya sido subsanada. La competencia humana es de particular importancia al automatizar las tareas expertas, como la resolución de conflictos. La competencia puede mantenerse únicamente

mediante la práctica habitual, que se pierde gradualmente si nunca hay oportunidad de ejercerla. Esto introduce lo que podría llamarse "la paradoja de la automatización": otra razón para automatizar las tareas humanas suele ser la de reducir o afrontar la reducción de la cantidad de operadores humanos. Si, en cambio (como se indicó más arriba), se pretende que el ser humano se haga cargo de la situación en caso de falla de un equipo, es evidente que el número de operadores debería ser por lo menos igual al de una situación sin automatización. Análogamente, podría sostenerse que la cantidad de tránsito 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 sólo se dan unas pocas fallas, resulta muy elevada la necesidad de capacitar a los operadores para que se hagan cargo de un caso tan raro, lo cual habitualmente se realiza en simulador, y eso exigirá recursos humanos adicionales.

- La imagen mental del tránsito que se hace el controlador debería mantenerse. Esa imagen puede volverse menos detallada y más vaga si el controlador participa cada vez menos activamente en los procesos de control y no necesita tener una comprensión tan detallada del tránsito aéreo para controlarlo.

- La carga de trabajo del controlador debe mantenerse dentro de un umbral de valores mínimo y máximo. Demasiado poco trabajo induce al aburrimiento, la falta de atención y la pérdida de pericia, y esto puede ser peligroso en períodos de baja densidad de tránsito. Por encima del umbral de sobrecarga, quizás el controlador no pueda garantizar más la seguridad. La automatización puede entrañar, en ciertas condiciones, tareas adicionales que crean un recargo de trabajo. No existe todavía ninguna manera satisfactoria de cuantificar la carga de trabajo en un proceso tan complejo como el control de tránsito aéreo. La carga de trabajo puede generarse por diferentes parámetros que son difíciles de sumar, entre otros, la cantidad de aeronaves y la complejidad de la situación del tránsito, que no está sólo en función de la 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. Por ejemplo, la reducción de los requisitos para la entrada de datos no implica necesariamente que se dispondrá de más tiempo para tomar decisiones. Las tareas que exigen diferentes pericias y capacidades pueden no ser intercambiables. Algunas funciones que han sido automatizadas tal vez necesiten 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 habilidades. Puede ser que la automatización reduzca el 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 herramientas de tipo 4).

- El controlador debe poder entender el sistema automático y confiar en él. El sistema 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, p. ej., reconocer en qué circunstancias podría existir una falsa alarma. No debería introducirse una herramienta que no sea fiable; si se introduce, puede que se la ignore o que se la emplee mal.

> Ejemplo: En varios de los sistemas ATC automatizados de los años setenta y ochenta, se había incorporado una forma rudimentaria de detección de conflictos. A menudo se trataba de un dispositivo que presentaba visualmente todas las aeronaves a las que se había asignado el mismo nivel de vuelo en la zona. El método de presentación visual podía ser una identificación intermitente o una tabla en que se enumeraban todas esas aeronaves en una lista especial en una pantalla. Ni qué decir que esta información bien intencionada era desdeñada por la mayoría de los controladores de tránsito aéreo que trabajaban con tales sistemas (si no por todos).

- 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 ejecuta totalmente el sistema automatizado, cuáles las que realizan íntegramente los demás controladores con o sin el sistema automatizado y qué tareas se comparten con los demás controladores. Si las funciones de planificación y de control ejecutivo están separadas físicamente, puede ser imposible para cada parte dar cumplimiento a las funciones principales de la otra 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-máquina debe estar cuidadosamente definido. Es necesario asegurarse de que el controlador y el sistema o el piloto tomarán medidas sobre la información transmitida, en el caso, por ejemplo, de un enlace de datos. Además, la coordinación ser humano-máquina no consiste únicamente en el intercambio de información. No debe existir ninguna interferencia entre los procesos de decisión automatizados y las decisiones tomadas por

el controlador. Es sumamente difícil lograr esto cuando las decisiones pueden ponerse en práctica mediante una serie de actos y no con un solo acto en un momento dado.

Ejemplo: En Europa, las restricciones de la ATFM suelen ser causadas por limitaciones en instalaciones distantes de los aeropuertos desde donde salen los vuelos (a los que se aplican dichas restricciones). Resulta difícil tanto para los controladores como para los pilotos en aeropuertos relativamente tranquilos aceptar demoras debido al "tránsito aéreo muy activo" y , en consecuencia, no siempre se observan las restricciones.

- Si bien podría ser sumamente fácil para el controlador utilizar un dispositivo como 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 trasmitir las intenciones del ser humano a la máquina de manera que ésta pueda ayudar al ser humano a darles cumplimiento.

5.3.9 Es un error elaborar primero los sistemas y tratar de idear después la manera en que el ser humano pueda utilizarlos. Es por esto que la participación de los controladores es necesaria durante toda 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 herramientas automatizadas, 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 muy 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 diálogos 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 producía maniobras TCAS con las que la aeronave que supuestamente debía estar a 1 000 pies por encima de otra terminaba, en realidad, pasando por debajo de ella. En las versiones ulteriores del circuito lógico del TCAS este problema quedó resuelto en gran parte.

5.3.10 Una innovación, originada en sistemas a base de conocimiento inteligentes, y en aspectos de la inteligencia artificial y de 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 mayor cantidad de datos más rápidamente, más a menudo y de manera más fiable que el ser humano. Son útiles porque permiten al controlador humano hacer más en menos tiempo. Pero si fallan, 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 que el ser humano puede actuar como reserva en caso de falla. Cuanto más útil es la asistencia automatizada cuando funciona 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 cargo 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 cumple con este requisito, no se puede volver de manera segura a formas más manuales de control en caso de que el sistema falle. El ser humano no puede ser tan eficiente al volverse al modo manual sin ayuda de la computadora, pero debe seguir actuando con seguridad.

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 introduce ninguna información en una computadora. Cuando se utilizan, el controlador debe mantener actualizada la información que contienen anotándola a mano en las mismas, 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 postergarse, aunque entonces se haga cada vez más difícil ponerse al día. La duplicación de tareas actualizando la información en dos formas diferentes parece superflua. Pero quizás realizar la misma tarea en forma doble puede ayudar a evitar 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 modo que eludir la duplicación no provoque otros problemas.

Ejemplo: En un sistema ATC europeo automatizado (diseñado a finales de los años setenta), existen fichas de progreso de vuelo tanto impresas como electrónicas. La filosofía original era que las fichas de papel serían gradualmente eliminadas y sustituidas por 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 ha desarrollado el estilo de trabajo para utilizar uno de los dos como "fuente principal" y sólo actualizan el otro cuando están por dejar el lugar al próximo controlador.)

5.3.14 Actualmente se están ensayando diversas formas de fichas de progreso de vuelo automatizadas. Se trata de remplazar las fichas de progreso del vuelo impresas y así ayudar al controlador a reducir al mínimo la duplicación de tareas, facilitando la incorporación al sistema de las acciones y decisiones del controlador y ayudando a integrar la información radar y la información tabular en las fichas de progreso de vuelo. Las fichas electrónicas de progreso de vuelo constituyen un ejemplo del objetivo de la automatización de reducir las tareas rutinarias y aumentar el tiempo disponible para que cada controlador controle las aeronaves. Se está avanzando bastante en esto, aunque el problema que se está planteando parece más complejo que el previsto originalmente, debido a que las fichas de progreso de vuelo impresas cumplen con una gama 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 que deben desempeñar respectivamente el ser humano y la máquina en las tareas automatizadas. Por ejemplo, si la máquina cumple una función de asesoramiento pueden calcularse y proponerse al controlador soluciones alternativas en 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 le parece correcta imaginar y aplicar otra solución. El controlador puede igualmente definir restricciones adicionales que las soluciones propuestas deben satisfacer; en un proceso de secuencias en un área terminal, por ejemplo, el controlador puede imponer a determinada aeronave una hora de llegada que debe acatar cualquier solución computada. En algunos casos el controlador puede delegar la aplicación de una solución a la máquina. En una función de asesoramiento, la máquina nunca puede tomar una decisión sin el acuerdo del controlador.

5.3.16 Si la máquina resulta adecuada siempre, el controlador puede desarrollar una confianza excesiva en ella y aceptar rutinariamente las soluciones que le propone la máquina sin verificarlas. Pero 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 máquina falla, el controlador puede aceptar una solución inapropiada o llegar a ser incapaz de formular una alternativa satisfactoria.

5.3.17 Esta función de asesoramiento puede ser más apropiada para funciones de planificación, que consisten en su mayor parte en manejar las limitaciones. El controlador que planifica podría definir limitaciones que no han sido tomadas en cuenta por el instrumento y transmitirlas a la máquina. Si la máquina ha sido diseñada correctamente, puede lograrse una verdadera cooperación ser humano-máquina, respetando la competencia humana. Dicha cooperación ser humano-máquina ya se practica, por ejemplo, en ciertos instrumentos de secuencia en las áreas terminales. **Las formas más apropiadas de relación ser humano-máquina dependen del tipo de tarea que se automatiza y especialmente de la interacción entre las funciones de planificación y de ejecución**. Son ejemplos de funciones de planificación la asignación de niveles de vuelo en un sector en ruta y la coordinación entre sectores, así como el establecimiento de secuencias de aeronaves en un área terminal, mientras que la detección/resolución de conflictos, la supervisión y la 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 p. ej., 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 en que intervienen dos aeronaves, pero no aquellos en que intervienen tres. Pueden asignarse tareas ya sea al ser humano, ya sea a la máquina, siempre que la máquina pueda aceptar un problema que se le asigne. El proceso de asignación puede contribuir a evitar extremos en la carga de trabajo del controlador. El cumplimiento satisfactorio de las funciones de las máquinas que puedan resolver problemas en su totalidad exige un minucioso trabajo de desarrollo.

5.3.19 La automatización de los datos puede plantear problemas de factores humanos, dado que puede privar al controlador de información importante con respecto a la fiabilidad y durabilidad de la información. Por ejemplo, debido a que muchas de las informaciones transmitidas verbalmente no pueden expresarse en términos digitales, se omiten en el proceso de automatización; de esta manera, si bien puede contener importantes informaciones *cuantitativas,* quizás no contenga ya el componente *cualitativo* (confianza, dudas, carga de trabajo, urgencia, etc.) necesario al controlador para hacer el mejor uso del mismo. La importancia de dicha información cualitativa debe establecerse antes de eliminarla y tal vez 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 está controlando puede cambiar. El reconocimiento de esto antes de introducir la automatización permite formular ajustes si los cambios resultantes en la comprensión y la memoria no son aceptables. El desempeño de las tareas de rutina de ATC ayuda a la memoria, lo cual no ocurre si el controlador ejecuta las tareas automáticamente. Esto puede ser aceptable siempre que se reconozca por anticipado y cuando 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 del ATC está sujeto a inspección y verificación; un supervisor o un colega puede ver todo lo que hace un controlador, formarse un juicio sobre su competencia, ayudar al controlador que esté sobrecargado de trabajo y señalar a su atención los problemas que puedan haber pasado inadvertidos. Algunas de esas funciones resultan más difíciles cuando hay ayuda automatizada para la resolución de problemas, la toma de decisiones y la previsión, 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 adoptar decisiones relativas a la evolución de la carrera, los ascensos, el reentrenamiento, la asignación de tareas y las 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 máquina que con los colegas o pilotos. Hay menos conversación y más utilización del teclado. Eso afecta la viabilidad y el desarrollo de funciones tradicionales de equipo, como la supervisión, la asistencia, la evaluación y la instrucción en el trabajo. Si todavía se requiere supervisión o confirmación independiente, quizás sea necesario suministrarla en otras formas.

5.3.23 La mayoría de las formas de asistencia por computadora procuran ayudar en las tareas individuales más 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 sacar provecho del trabajo junto a colegas de mayor 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 tal vez sea necesario volver a diseñar los espacios de trabajo y revisar los métodos de selección y de instrucción para restablecer un ajuste óptimo entre el ser humano y la máquina.

5.3.24 Cuando los trabajos son efectuados por miembros de un equipo bien coordinado, el consenso general con respecto a los méritos relativos del desempeño individual puede constituir la base no solamente del respeto y la confianza profesionales, sino también de las promociones o asignaciones de mayores responsabilidades. Pero las pruebas para adoptar tales decisiones pueden modificarse al existir automatización de tareas, y también puede cambiar la evidencia disponible para la evaluación del desempeño individual. Si el ATC consiste en aceptar decisiones de la computadora, esto no basta para confirmar cuán competente es el controlador. Tal vez habrá que encontrar otros medios para verificar si se han mantenido la competencia y los conocimientos profesionales del controlador. Las simulaciones de ATC pueden satisfacer tales necesidades, exactamente como lo hacen los simuladores de vuelo para algunos pilotos.

Nota.— En el Apéndice a este capítulo se presentan Directrices para la preparación de instrucción sobre gestión de recursos en equipo (TRM).

Normalización

5.3.25 Una de las cuestiones que plantea la automatización se refiere a la normalización, especialmente en materia de comunicaciones. Los mensajes entre los controladores y los pilotos poseen formatos, fraseología y secuencias normalizados. Los mensajes para algunas otras 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 sitios de 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 misma 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 confirmaciones normalizadas, 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 cuál es el grado de normalización conveniente para la seguridad.

Ejemplo: En las CPDLC es tecnológicamente factible que cada estación pueda utilizar su propio idioma al entrar los datos y disponer de un dispositivo automático que traduzca eso al idioma de la parte receptora. Pero esto introduce nuevos problemas 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 multinacional o en el entorno del puesto de pilotaje. Esos problemas pueden conducir tal vez a la adopción de un lenguaje común para usar en las CPLDC, a pesar de las posibilidades tecnológicas.

5.3.27 La automatización propone un modo mejor de controlar el tránsito aéreo. Sin embargo, diferentes controladores han tenido tradicionalmente cierta flexibilidad en su selección de técnicas 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, dado que las mismas probablemente den lugar a nuevos tipos de equivocaciones o errores de interpretación por parte del elemento humano. Quizás esto tenga efecto sobre la satisfacción en el trabajo del controlador de tránsito aéreo.

La interfaz ser humano-máquina y el error humano

5.3.28 La interfaz ser humano-máquina consiste principalmente en 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 la información transmitida, por ejemplo, de la palabra humana a la entrada a través del teclado, lo cual a su vez cambia las clases de error humano que pueden producirse al entrar determinados mensajes. Los errores del habla suelen ser provocados 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 se parecen entre sí, renglones de datos que pueden confundirse, bloques de datos que se asemejan, 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. Tal vez no sea posible predecir quién cometerá determinado error en determinadas circunstancias, pero es posible predecir, antes de cambiar el sistema, qué errores humanos ya no podrán volver a suceder y qué nuevas clases de error serán posibles en lo sucesivo y por lo tanto deberán evitarse.

Ejemplo: En un sistema ATC automatizado europeo diseñado en los años ochenta, cuando se oprimía una tecla equivocada durante la entrada de la hora en los datos del plan de vuelo, éste 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 escribían a mano en fichas.

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 TRÁNSITO AÉREO

Selección de los candidatos

5.4.1 El control de tránsito aéreo es una profesión muy exigente; su seguridad y su eficiencia se basan en la selección de quienes resultarán los más capaces de llevar a cabo las tareas propias de esta actividad. Un buen procedimiento de selección elimina los candidatos que no son apropiados en la etapa inicial, con lo cual se economizan gastos de instrucción. La selección y la instrucción tienen que ver principalmente con el elemento humano, aun cuando las demás interfaces que forman parte del modelo SHEL 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 conveniente y atraiga a muchos aspirantes. Puede ser necesaria una publicidad a escala nacional y de carácter positivo 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 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, puede utilizarse el mismo procedimiento de selección para todas las funciones del ATC; si los elementos comunes son escasos, las diferentes funciones pueden exigir 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.

Las pruebas

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 somete a los candidatos a pruebas para evaluar esos atributos. Las pruebas deberían ser normalizadas y el puntaje de los resultados debe aplicarse según un método imparcial. Tal vez no todos los atributos evaluados mediante pruebas específicas sean igualmente importantes para el ATC y por lo tanto los resultados de algunas pruebas pueden ser más importantes que otros. Algunas pruebas pueden medir una capacidad humana general que se considere pertinente para muchos aspectos del ATC. Otras pueden medir una capacidad más específica necesaria para determinadas tareas del ATC.

5.4.5 Numerosas capacidades humanas, que se pueden medir mediante pruebas normalizadas, parecen tener cierto valor de predicción en la selección de los controladores. Entre ellas, la inteligencia general, el razonamiento espacial, el razonamiento abstracto, el razonamiento aritmético, la capacidad para compartir tareas, la facilidad de palabra y la destreza manual. Todas ellas forman parte de algunos procedimientos de selección, pero ninguna goza de aceptación universal. Ninguna prueba en particular se aproxima a los niveles de predicción que serían necesarios para justificar una confianza total en la misma 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 más elementos de evaluación acerca del candidato.

5.4.6 El puntaje en algunas pruebas puede ser más importante que los puntajes en otras. Se pueden utilizar procedimientos de confirmación de las pruebas con el fin de sugerir una ponderación apropiada para cada una de ellas, de modo de maximizar el valor predictivo de toda la batería de pruebas. Los procesos de presentación y calificación de las pruebas se están volviendo más automatizados y representa una ventaja administrativa (y más objetiva) la posibilidad de utilizar una presentación y un puntaje automatizados e imparciales. Pero los candidatos deben recibir práctica y familiarización con los procedimientos de pruebas automatizados, de modo que su desempeño en las mismas no disminuya por falta de familiaridad con las interfaces ser humano-máquina y con el diálogo entre computadoras.

5.4.7 El proceso de selección no es estático, sino que se transforma a medida que cambian las funciones, las tareas y el equipamiento en el ATC. Pueden introducirse modificaciones apropiadas de los procedimientos de selección cuando en la investigación debidamente llevada a cabo y confirmada se haya demostrado que son pertinentes otras dimensiones humanas verificables.

Otros datos

5.4.8 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, el oído, la estabilidad emocional y los niveles de educación adquiridos son todos pertinentes para poder ser controlador. Incluso pueden formar parte del procedimiento de selección ciertos requisitos antropométricos básicos: por ejemplo, quizás sea imposible aceptar personas de estatura excepcionalmente alta o baja dentro del espacio de trabajo del ATC. Algunos espacios de trabajo del ATC, particularmente en las torres, pueden ser inaccesibles para las personas con impedimentos físicos. Los controladores deben mantener su aptitud psicofísica y por lo tanto acaso no sean seleccionados quienes adolezcan de un mal con un pronóstico potencialmente desfavorable. La dependencia de los estupefacientes o del alcohol constituye habitualmente una condición de descalificación.

5.4.9 Los conocimientos previos de aviación, la enseñanza y la práctica previa de pruebas similares a las utilizadas para seleccionar controladores o la experiencia previa en ATC (p. ej., como controlador militar o como ayudante de control de tránsito aéreo) podrían parecer ventajosos, pero en realidad sus ventajas y su pertinencia a menudo son desalentadoras y los Estados difieren en el valor que le atribuyen a ese tipo de experiencia. Una dificultad es que quienes tienen mayor experiencia probablemente tienen también más edad, y hay menos probabilidades de que personas que hayan cumplido los 30 años lleguen a completar satisfactoriamente la instrucción en ATC. La experiencia pertinente previa puede predecir mejor la motivación para convertirse en controlador que la capacidad para llegar a serlo, y puede ser más aplicable al afrontar emergencias que en la labor ordinaria del ATC.

5.4.10 Una entrevista permitirá confirmar si los candidatos pueden expresarse claramente cuando hablan, un atributo indispensable, dado que buena parte de la actividad del ATC se lleva a cabo oralmente. Una entrevista puede ayudar a revelar de

qué manera se relaciona cada candidato con otras personas, otro atributo indispensable cuando la mayor parte de la labor del ATC no está a cargo de una persona sola, sino en grupos y por equipos. La entrevista debería ser normalizada, estructurada y ser manifiestamente equitativa para todos los candidatos en su desarrollo y puntaje.

La instrucción

5.4.11 El objetivo de la instrucción del controlador de tránsito aéreo es garantizar que los controladores posean los conocimientos, pericia y experiencia necesarios para desempeñar sus obligaciones de manera segura y eficiente y para cumplir con las normas nacionales e internacionales relativas al ATC. El controlador debe poder entender y asignar prioridades a la información pertinente, planificar por anticipado, tomar decisiones oportunas y apropiadas, ponerlas en ejecución y asegurarse de que se les da cumplimiento.

5.4.12 La instrucción entraña aprender, entender y recordar. Establece una relación entre lo que el controlador ya conoce, con la información que le proporciona el sistema sobre el tránsito en curso y pendiente. Relaciona la información que el sistema le presenta automáticamente al controlador con la información que el controlador debe recordar sin ayuda y le proporciona orientación sobre el modo en que la memoria humana 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 ser humano para el tratamiento y la comprensión de información. La finalidad consiste en hacer el mejor uso posible de las aptitudes y las capacidades humanas y superar o soslayar las insuficiencias o limitaciones humanas, en especial 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 dividirla en una serie de cursos o etapas. Los mismos comienzan con los principios y métodos básicos y avanzan al completar satisfactoriamente cada etapa hacia aspectos más complejos del ATC. Este enfoque exige que se dominen primero los principios y métodos básicos, lo cual ayuda a garantizar que las etapas ulteriores de la instrucción se basen en los conocimientos ya adquiridos. Mediante cursos separados y evaluaciones imparciales se proporcionan referencias para determinar el avance de la instrucción y una forma de garantía 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 satisfactorios y ventajosos.

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, sólo para descubrir que eso no se puede enseñar o que los controladores no pueden aprenderlo. Por lo tanto, al introducir cambios en los sistemas por cualquier motivo, es fundamental establecer cuáles son los nuevos conocimientos que debe adquirir el controlador y demostrar que eso puede enseñarse y aprenderse. Las nuevas formas de asistencia automatizada deben poder enseñarse; si no es posible, las ventajas previstas no se materializarán y podrán surgir nuevas formas de error humano debido a que la asistencia automatizada no se entiende completamente.

5.4.15 En la instrucción del ATC pueden emplearse diversos métodos de enseñanza. 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 más activa, en parte a que la pertinencia de la teoría suele ser cuestionada y en parte por efecto de las presiones financieras. La instrucción basada en una simulación en tiempo real, parte de la cual puede ser bastante rudimentaria, tiene gran preferencia como medio práctico para impartir instrucción a grupos de estudiantes y es común observar una confianza fundamental en la instrucción mediante la simulación. En la instrucción en el empleo, un estudiante que ya ha recibido instrucción sobre los principios del ATC aprende sus aspectos prácticos con los otros controladores directamente en los centros y torres. En un futuro próximo, habrá más conjuntos didácticos de autoinstrucción para que el alumno practique determinados procedimientos y pericias en una computadora.

5.4.16 La tarea del encargado del entrenamiento en el empleo 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, enseñándole a esa 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 el nivel 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 esta 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. Es indispensable un conocimiento básico de los métodos y procedimientos ATC aun en sistemas muy avanzados, debido a que la seguridad puede depender de dichos conocimientos en la eventualidad de algunas formas 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 garantizar que el controlador mantenga los conocimientos y pericias 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, del contenido y la presentación de los materiales, de los atributos y la motivación del alumno y de que la instrucción sea suministrada por una persona o por 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 del ensayo de la información ATC que se enseña deberían establecerse en su totalidad según principios didácticos conocidos. El conocimiento de los resultados y de los adelantos es indispensable para un aprendizaje satisfactorio.

5.4.19 El controlador competente necesita saber y entender:

- cómo funciona el ATC;
- el sentido de toda la información presentada;
- las tareas que deben llevarse a cabo;
- las reglas, procedimientos e instrucciones aplicables;
- las formas y métodos de comunicación dentro del sistema;
- cómo y cuándo utilizar cada herramienta suministrada dentro del espacio de trabajo;
- las consideraciones en materia de factores humanos aplicables al ATC;
- los modos en que se acepta la 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;
- las características de performance de las aeronaves y las 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 sí solo. El espacio de trabajo típico del ATC no contiene ninguna instrucción ni orientación sobre su finalidad, cuáles son las tareas, cuáles las instalaciones y servicios, qué significa en realidad la información presentada visualmente, para qué sirven los mandos y demás dispositivos de entrada de datos, qué es lo que se considera satisfactorio o deficiente o qué debería hacerse después de haber completado cada tarea. Aun en sistemas muy 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 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 oportuno. Ésos 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 poder elegir las ayudas más apropiadas en su espacio de trabajo con el fin de mejorar el desempeño de sus tareas y su eficiencia, 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 ofrece. Esto significa saber cuáles son las decisiones y procedimientos correctos en toda circunstancia, y aplicarlos debidamente. El controlador necesita también ser capaz de aprender cómo programar su trabajo de manera eficiente. Los objetivos de la instrucción son enseñar al controlador cómo planificar el ATC y enfrentar de manera satisfactoria toda situación inesperada. Los importantes objetivos de la instrucción son inspirar buenas destrezas, conocimientos y hábitos y reforzarlos de manera que resulten perdurables y se conserven. Deben ser mantenidos activamente, porque la pericia disminuye, los conocimientos se olvidan y los hábitos se quebrantan si no se emplean con frecuencia. El perfeccionamiento puede ser útil en forma de instrucción y prácticas adicionales destinadas deliberadamente a reforzar lo que ya se ha aprendido.

5.4.23 La instrucción no debería solamente fomentar ciertas decisiones, sino también disuadir o evitar que se tomen otras. Una parte importante de la instrucción es corregir los malos hábitos o evitar que surjan. Por ejemplo, el controlador debe dar prioridad a una emergencia y desentenderse de otras tareas. Sin embargo, el controlador nunca debe quedar tan totalmente absorbido por un solo problema que no se dé cuenta de todo lo otro que está sucediendo. Esto podría implicar la necesidad de romper el hábito de concentrarse en una sola tarea hasta haberla completado y crear 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 le resulten excesivamente absorbentes o pesadas. La instrucción debe guardar relación con la capacidad máxima de atención al sistema para el cual el controlador está siendo entrenado. La intervención positiva del controlador para anticiparse a una condición de sobrecarga es tan importante como su capacidad de mantener separadas las aeronaves. La instrucción debería preparar asimismo al controlador para condiciones de escasa actividad, en las que hay poco tránsito pero aun así los puestos de control deben seguir ocupados y el controlador debe estar alerta y ser capaz de detectar inmediatamente cualquier hecho inesperado.

5.4.25 La instrucción engendra confianza en sí 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 resulte ineficiente o 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 cuando atraviesen circunstancias que podrían provocar tensión en otros que no hayan 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 necesita saber, como por ejemplo una nueva forma de asistencia automatizada, debería estar asociado normalmente con una redefinición cuidadosa de todos los cambios consiguientes en los conocimientos, pericia y procedimientos del controlador. Debería brindársele un reentrenamiento apropiado **antes** de que el controlador deba hacer frente a los cambios mientras está controlando el tránsito aéreo real. Las ventajas de todo cambio en el sistema ATC que afecte al controlador se obtendrán únicamente si se han introducido los cambios correspondientes en los conocimientos y pericia del controlador mediante un reentrenamiento apropiado. Debería ser normal que los controladores reciban cursos regulares de repaso durante los cuales se pongan en práctica y se verifiquen sus conocimientos y su pericia y se introduzcan los cambios necesarios.

5.4.27 El controlador debe poder planificar el control de tránsito aéreo, aplicar 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 cuáles son las formas de asistencia disponibles y saber cuándo es apropiado invocarlas. El controlador debe conocer la serie de medidas correcta en cada circunstancia. El estudio de los factores humanos se ocupa de los procesos de pensamiento que debe seguir el controlador y de 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 de pensamiento no cambien demasiado ni muy rápidamente. Siempre que los procesos de 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 del reentrenamiento puede ser transferir lo que ya se sabía. Si los procedimientos de control anteriores fuesen totalmente inapropiados en el nuevo contexto, uno de los objetivos del reentrenamiento es aprender lo nuevo y eliminar toda analogía entre lo viejo y lo nuevo, de manera que nunca el controlador, guiado por la costumbre, transfiera medidas antiguas e inapropiadas al nuevo sistema. Los Estados que introduzcan nuevos sistemas pueden aprender acerca del reentrenamiento apropiado remitiéndose a la experiencia de otros Estados que ya han introducido sistemas similares. Otra consecuencia de un cambio que supone un reentrenamiento de importancia es que tendrá que revisarse el plan de estudios de la instrucción inicial de los estudiantes de ATC.

5.4.29 La instrucción inicial del nuevo controlador y el reentrenamiento de los controladores calificados después de introducirse 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 puede suponer no sólo el aprendizaje de nuevos conceptos y métodos adecuados para el nuevo sistema, sino también olvidar y descartar conocimientos familiares y métodos inapropiados.

Instrucción en factores humanos

5.4.30 Las cuestiones que deberían tenerse en cuenta en la instrucción específica de los controladores en materia de factores humanos comprenden:

- el aprender y entender todas las normas, reglamentos, procedimientos, instrucciones, horarios, planificación y métodos pertinentes para una gestión eficaz del ATC;
- los procedimientos de enlace y coordinación con los colegas y pilotos;
- reconocer y prevenir el error humano;
- la gestión de amenazas y errores (TEM);
- armonizar la máquina con el controlador de manera que se pueda observar, evitar y subsanar todo error humano;
- la verificación de la marcha de la instrucción de cada estudiante mediante evaluaciones imparciales que todos consideren equitativas;
- identificar los puntos débiles de cada persona que requieran instrucción o experiencia práctica adicional, e impartir la instrucción complementaria apropiada y

brindar apoyo para ayudar a superar esos puntos débiles y subsanar fallas y fuentes de error;

- la adquisición de los conocimientos en materia de actitudes y métodos profesionales en el ATC que constituyen el sello de la competencia profesional;

- la aceptación de las normas profesionales imperantes y la motivación personal de alcanzar y superar siempre dichas normas.

5.4.31 Un aspecto de la instrucción para controladores que tradicionalmente ha recibido poca atención es la formación de los controladores para actuar en 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). Por lo tanto, se recomienda incluir procesos en equipo en los planes de estudio para la formación en ATC. Una denominación corrientemente aceptada para los programas de instrucción en equipo para ATC es la de instrucción en gestión de los recursos en equipo (TRM).

Nota.— En el Apéndice de este capítulo se ofrece orientación sobre la preparación de un programa de instrucción TRM.

5.5 EL ELEMENTO HUMANO — ATRIBUTOS ESPECÍFICOS

Reconocimiento de su significado

5.5.1 Los factores humanos en los que se hace más hincapié tradicionalmente, y tal vez los que aún 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 sobre la seguridad y la eficiencia del desempeño (elemento humano-entorno). Estas características incluyen las instalaciones e instrumentos 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-máquina. En el control del tránsito aéreo, no obstante, también hay que considerar muchas otras cuestiones de factores humanos.

5.5.2 Algunos atributos humanos (elemento humano) no tienen equivalente aparente en las máquinas. Aun cuando son sumamente pertinentes, dichos atributos pueden parecer no serlo debido a que no se pueden aplicar a ellos las comparaciones elemento humano-máquina, y por lo tanto pueden omitirse al asignar responsabilidades cuando se considera la asignación de responsabilidades al ser humano o a la máquina. En los primeros estudios en materia de factores humanos a menudo se descuidaban esos atributos humanos, porque no se reconocía su importancia o porque se sabía demasiado poco acerca de ellos como para que pudieran ser de algún valor práctico. Pero ahora se reconoce su importancia y se sabe mucho más al respecto. Ya no es posible ignorarlos. Constituyen dos amplias categorías, según sus orígenes y el modo en que pueden modificarse.

5.5.3 Una categoría de atributos humanos se refiere a los efectos del ATC sobre quienes trabajan en el mismo. Esta categoría abarca, pues, cuestiones en las que pueden influir los cambios de procedimientos, entornos y condiciones del ATC. Comprende temas tales como la tensión, el tedio, la complacencia y el error humano, que pueden considerarse como efectos sobre el controlador a los que predisponen ciertas influencias que se ejercen dentro del sistema ATC y que por lo tanto pueden cambiarse modificando el sistema.

5.5.4 La segunda categoría se refiere a los atributos humanos fundamentales y universales que son relativamente independientes de los aspectos concretos del ambiente ATC y a los cuales éste 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, sino que debe adaptarse a los mismos utilizando sus ventajas y soslayando sus limitaciones. Es importante darse cuenta, al resolver problemas relativos a los factores humanos, que la dirección de la causalidad 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 quizás tenga que resolverse mediante cambios en uno o en otro, o en ambos. La solución preferida depende de la categoría.

La primera categoría

Las tensiones (el estrés)

5.5.5 Las tensiones constituyen principalmente un problema del elemento humano, aun cuando cualquiera de las interfaces SHEL pueden ser pertinentes para las mismas. La incidencia de males relacionados con las tensiones entre los controladores en comparación con grupos más generales de población varía en diferentes contextos y puede no ser igual 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 tradicionalmente a aspectos de las funciones ATC, como las elevadas exigencias de las tareas, las urgencias o las responsabilidades, o los equipos inadecuados. Más recientemente, se ha atribuido a influencias de la organización o a las interfaces elemento humano-elemento humano, tales como las condiciones de empleo, las malas relaciones entre la administración y los controladores, el equipo inadecuado, el insuficiente reconocimiento de la pericia de los controladores, la imputación de culpa por fallas, las excesivas horas de trabajo, la instrucción insuficiente, las esperanzas frustradas de carrera o el menosprecio público injustificado o debido a una mala información sobre el ATC.

5.5.6 Otros dos factores pueden contribuir a la tensión. Uno es la labor por turnos, los cuales pueden perturbar los ciclos de sueño y afectar 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 del trabajo que realicen. Un controlador con síntomas indicadores de tensión tal vez tenga que ser retirado de las funciones activas. Esto puede constituir un remedio costoso pero indispensable, dado que la seguridad y la eficiencia del ATC no deben verse comprometidas y que los problemas de tensiones pueden ser difíciles de resolver. Es mucho mejor prevenirlos mediante buenos espacios de trabajo, equipos y planificación de las tareas, horarios y estilos de trabajo razonables, una administración que apoye y entienda al personal y la preocupación por la salud y el bienestar de las personas. Dado que las tensiones pueden derivar de muchas causas diferentes, una prevención o reducción satisfactorias de la tensión en cualquier circunstancia 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 ejecutan, las demandas deben reducirse volviendo a planificar 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, esa persona debería ser transferida a un trabajo con menos exigencias. Si son las condiciones de empleo, como por ejemplo las horas de trabajo o los períodos de trabajo-descanso, más que el ATC propiamente dicho, las que imponen una tensión inevitable a diferentes controladores, la solución es ajustar los horarios de trabajo, los ciclos de trabajo-descanso u otras condiciones de empleo que provoquen tensión. Si la dotación de personal y la distribución 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 Se requiere prudencia en cuanto a los efectos que se esperan de la disminución de la tensión. Puede haber urgentes razones médicas o humanitarias para hacerlo y pueden aumentar los beneficios con respecto a los costos, al reducirse los índices de rotación del personal y, por consiguiente, los costos de contratación y de instrucción. Puede haber beneficios desde el punto de vista de la seguridad o del desempeño, pero las condiciones de tensión no siempre están estrechamente relacionadas con los incidentes o accidentes, y las razones para atenuar 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 todavía no se ha resuelto totalmente.[7]

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 envueltos o haber sido testigos de incidentes o accidentes de tránsito aéreo mortales (o casi). A este tipo de estrés se le denomina a menudo estrés postraumático o estrés de incidente crítico, y puede dar lugar a desórdenes graves en la vida corriente y en el comportamiento de la persona o personas involucradas, que podrían determinar en última instancia que esa persona o personas abandonen la profesión de controlador. En la Parte 2 del presente manual figura 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. Aunque suele constituir 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. Puede producirse tedio cuando hay poca actividad: la solución es proporcionar más trabajo. Puede producirse tedio cuando existe considerable actividad, pero toda se ha transformado en una rutina que exige poco esfuerzo y carece de estímulo e interés: el remedio es mantener una participación directa y activa en la secuencia de control. El tedio tiende a aumentar a medida que aumenta la pericia y la experiencia: el remedio es concebir tareas que requieran una jerarquía de pericias, dado que las oportunidades de ejercer pericias de un nivel superior pueden ayudar a prevenir el tedio.

5.5.11 A menos que haya una excesiva reiteración del contenido de la instrucción, no se genera demasiado tedio durante la instrucción debido a que la carga de trabajo puede ser controlada ajustando el nivel de exigencia de las tareas a la capacidad del controlador. La ejecución de tareas que exigen gran pericia no es inmune al tedio si puede lograrse un desempeño competente sin prestar demasiada atención, pero los intentos de aliviar el tedio en tales circunstancias pueden deteriorar a la vez ese desempeño muy competente. El tedio no está siempre relacionado con la seguridad, aunque el sentido común sugiere que así debe ser.

> Ejemplo: Muchos controladores pueden haber experimentado que cuando sólo había unas pocas aeronaves en su espacio aéreo, después de un período de muy intensa actividad, se producía (o casi) una pérdida de separación entre esas pocas aeronaves, mientras que durante el período precedente de gran actividad no se planteaba ningún problema en absoluto.

5.5.12 A la gente no le gusta estar aburrida. El tiempo se arrastra y el ser humano puede inventar tareas, procedimientos o alternativas para hacer pasar el tiempo más rápidamente. Esto va contra los intereses fundamentales del ATC en materia de eficiencia. Un factor pertinente es el grado en que el ser humano es dirigido por el sistema, lo cual puede producir tedio, o tiene cierto control sobre el mismo y puede ejercer iniciativas, en especial en lo que atañe a las exigencias 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 evitar o mitigar el tedio:

- permitir a los controladores la mayor libertad 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 por realizar;
- diseñar los espacios de trabajo, equipos y tareas de modo que fomenten una jerarquía de pericias y brinden oportunidades para emplear dichas pericias;
- permitir a los controladores seleccionar el nivel apropiado de asistencia automática;
- 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 estando 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 problemas y en la toma de decisiones, la confianza en la propia capacidad 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 de una persona, toda dificultad puede parecerle familiar y todo problema previsible: esto puede inducir a la complacencia. La complacencia puede reducirse en parte mediante niveles de trabajo razonablemente elevados (aunque no excesivos), por el control de la programación de las tareas y por la instrucción y la evaluación mediante la presentación de problemas difíciles y estimulantes, al margen de la actividad práctica real.

Prevención de errores

5.5.15 Se hacen todos los esfuerzos posibles — al diseñar los sistemas, los espacios de trabajo, las interfaces ser humano-máquina y las tareas y funciones; al prever las exigencias de las tareas; al ajustar la pericia y los conocimientos con las funciones; y al especificar las condiciones de empleo — para asegurarse de que el controlador prestará atención a sus tareas continuamente y cometerá la menor cantidad posible de errores. El éxito con que se logra esto depende de las contribuciones adecuadas de los factores humanos durante las etapas formativas de la planificación y el diseño de los sistemas. De esta manera, las fuentes potenciales de errores y falta de atención se detectan con suficiente anticipación como para eliminarlas. La mayoría de las clases de error humano que son posibles y que ocurrirán está determinada por los aspectos del diseño del sistema (equipo, soporte lógico, entorno), que es la razón por la cual suele ser previsible su carácter general. 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, por más experimentados y competentes que sean. Aunque debería hacerse todo lo posible para evitar el error humano, no tiene sentido plantear la seguridad del sistema ATC basándose en el supuesto de que todo error humano puede prevenirse. Algunos errores se producirán y el sistema debe seguir siendo seguro cuando eso ocurra, si se diseña de manera que pueda tolerar errores.

5.5.16 Muchos tipos de error pueden preverse analizando las tareas y las funciones, teniendo en cuenta las características de las presentaciones visuales, de los dispositivos de entrada de datos, de las comunicaciones y de la interfaz ser humano-máquina, así como los requisitos del ATC. A veces los seres humanos pueden detectar errores a medida que los cometen y corregirlos inmediatamente. A veces en un entorno en el que actúa un equipo, los colegas pueden detectar los errores del controlador y señalarlos. A veces las máquinas pueden estar programadas para detectar y prevenir los errores humanos al no aceptar o no ejecutar medidas incorrectas o que no son 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 errónea de lo que se espera oír y el orden no habitual de los elementos. En una información tabular, se pueden tomar por error una línea o un bloque de datos en lugar de otros y pueden identificarse erróneamente los caracteres y las formas que no son lo bastante diferentes. Las leyendas insuficientes, los desajustes entre las presentaciones visuales y los mandos, así como los intervalos entre medidas y respuestas, constituyen algunas de las fuentes de error en las relaciones presentación visual-mandos. Los únicos errores que el controlador puede cometer son los que permite el diseño de la interfaz ser humano-máquina.

5.5.18 Se han recopilado diversas clasificaciones del error humano en el ATC. Entre las más detalladas están las que se basan en los incidentes de tránsito aéreo notificados, dado que muchos informes contienen detalles de errores humanos que han ocurrido en realidad. Otro enfoque empieza con una clasificación de los errores basada en la evidencia general acerca de las características de la información y los procesos de pensamiento humanos, y formula distinciones, por ejemplo, con respecto a errores de planificación o de ejecución, y de errores atribuibles a falta de conocimiento, a la aplicación de reglas equivocadas o a fallas de atención. Las clases de errores que podrían ocurrir en el ATC pueden categorizarse según dichas distinciones, las cuales pueden entonces guiar la formulación de procedimientos apropiados para eliminarlos o para evitar sus consecuencias más graves.

Fatiga

5.5.19 Una cuestión importante relativa al elemento humano es la del cansancio o la fatiga de los controladores, ya que cuando el cansancio es excesivo, puede verse afectada la

capacidad de juicio de las personas y 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 como del de la salud ocupacional y el bienestar. Los controladores no deben cansarse en exceso debido a los horarios de trabajo prolongados o a las exigencias inmoderadas de las tareas, de modo que la prevención de la fatiga en los controladores debe ejercer una influencia importante en las decisiones de la administración. Los remedios incluyen la distribución de funciones, el ajuste de los niveles de dotación de personal, el acortamiento de la duración de los turnos, el mejoramiento de los ciclos de trabajo y descanso, el aporte de más instrucción, el suministro de mayor asistencia por computadora y la instalación de equipos modernos.

5.5.20 Los niveles de dotación deben prever pausas suficientes de descanso durante cada turno. El período máximo recomendado de trabajo continuo sin pausa es normalmente de unas dos horas, especialmente cuando la demanda del tránsito es intensa. El descanso debería tomarse siempre fuera del entorno del ATC: sentarse y tratar de relajarse dentro del ambiente de trabajo no es lo mismo que descansar, ya que el controlador sigue estando de servicio y puede tener que reanudar el 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 hayan sido escasas y el controlador haya tenido menos trabajo y esté aburrido, sigue necesitando pausas para descanso. Una menor actividad no sustituye nunca satisfactoriamente una verdadera pausa de descanso.

5.5.21 Es necesario prever pausas para las comidas dentro de los turnos. La duración máxima del turno depende de las exigencias del tránsito, de que el turno incluya o no períodos de guardia pero sin trabajar realmente, y de diversos factores logísticos. No es prudente finalizar un turno, especialmente un turno nocturno, en un 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 reglamentario de horas, quizás prefieran turnos más prolongados para poder disponer de períodos continuos más largos sin trabajo y suele ser algo sumamente apreciado la formación de listas de disponibilidad que permite varios días francos consecutivos a intervalos regulares, pero eso no debe lograrse a expensas de una grave fatiga por los turnos excesivamente prolongados.

5.5.22 El trabajo del ATC incluye comúnmente algunos turnos nocturnos. Las evidencias pertinentes pueden ser controvertidas, pero en general se prefieren los turnos rotativos en vez del trabajo durante varias noches consecutivas. Los turnos deberían alternarse más tarde; o sea, un turno matutino puede ser seguido de un turno vespertino al día siguiente, 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 tanda de días normales de trabajo. Puede ser aconsejable reducir el trabajo nocturno a medida que los controladores se aproximan a la edad de la jubilación. Aunque no puede aplicarse ninguna recomendación para todos los casos, es aconsejable reasignar a los controladores, de ser necesario, a funciones que se mantengan acordes con sus capacidades, a medida que aumenta su edad. La mayor experiencia puede compensar hasta cierto punto el deterioro causado por la edad en su desempeño, pero los niveles de esfuerzo elevados, sostenidos y continuos pueden resultarles más cansadores.

La segunda categoría

Necesidades en el trabajo

5.5.23 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 máquina puede tolerar una inactividad prolongada, pero no un ser humano. Una máquina puede emplearse indefinidamente en tareas de rutina, sin especialización, sin exigencias, reiteradas, pero eso no es conveniente para el ser humano. Una máquina puede supervisar permanentemente sin fatigarse demasiado, sin aburrirse, distraerse ni 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 el 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. Para los empleos en el ATC actuales y en el futuro deberían reconocerse las aspiraciones humanas en materia de satisfacción por el trabajo. Entre quienes apoyan más eficazmente al ATC como profesión se cuentan los propios controladores, siempre y cuando sus empleos parezcan satisfactorios y satisfagan las necesidades humanas básicas en el trabajo. Para que el ATC tenga éxito 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, de la ética, los principios y las normas profesionales, de la satisfacción por trabajar como miembro de un equipo profesional y de las actitudes de los controladores, todos éstos aspectos del elemento humano. Los controladores adoptan actitudes con respecto:

Ejemplo: En agosto de 1993 ocurrió un incidente sobre un localizador cerca de Tromsø (Noruega), donde se produjo una pérdida de separación entre un Twin Otter y un Boeing 737. El Twin Otter estaba a 5 000 ft y el B737 había 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 del error. Después de unos minutos, el B737 notificó estar sobre el localizador a 5 000 ft. La tripulación del Twin Otter, que también había pasado por dicho localizador poco antes a 5 000 ft, descendió inmediatamente a 4 500 ft mientras el controlador le indicaba al B737 que ascendiera a 6 000 ft. Posteriormente se determinó que la distancia horizontal entre ambas aeronaves había sido de unas 4 NM durante el tiempo en que no se estableció la separación vertical.

En la investigación subsiguiente se registraron 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;
- la semana anterior al incidente, el controlador había trabajado siete turnos; dos de ellos eran de tiempo suplementario y otros dos turnos nocturnos;
- el controlador estaba al final de un período de once días de trabajo sin haber tenido ningún día franco;
- no había 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 en el puesto de trabajo durante los períodos de calma;
- la cabina de torre era demasiado pequeña: diseñada originalmente para un controlador con un asistente, a menudo estaba ocupada por un equipo de tres controladores, un asistente y dos aprendices;
- la planificación de los vuelos y la información previa al vuelo se efectuaban en la torre;
- los controladores de Tromsø se resistían a rechazar las horas suplementarias de trabajo, para no aumentar la carga de trabajo de sus colegas.

La junta investigadora formuló las cinco recomendaciones siguientes a la CAA de Noruega:

- intensificar los esfuerzos para aumentar el personal de modo permanente en TWR/APP de Tromsø;
- tomar medidas para reducir el empleo de horas suplementarias entre los controladores;
- mejorar las condiciones físicas de trabajo del personal en TWR/APP de Tromsø;
- 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 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

- al propio sistema ATC
- a su profesión;
- a aquéllos para quienes trabajan, como la administración o los empleadores;
- a quienes pueden influir en sus condiciones de empleo;
- a sus colegas;
- a los pilotos;
- a quienes diseñan sistemas e instalaciones de ATC;
- a quienes efectúan el servicio y el mantenimiento del sistema;
- al equipo y las instalaciones que se les suministran.

Las actitudes con respecto al equipo dependen de su conveniencia para las tareas, del grado en que esté exento de errores y de su modernidad. A menudo se interpreta el suministro de equipo actualizado como un símbolo del valor y la importancia que se le otorga al ATC.

5.5.26 Algunas otras influencias afectan a toda la comunidad del ATC. Entre ellas, las actitudes hacia los siguientes factores y las relaciones con los mismos:

- la comunidad ATC internacional;
- las autoridades internacionales a cargo de normas y métodos;
- otras profesiones con las que los controladores comparan la suya propia;
- la comunidad de la aviación;
- los pasajeros;
- el público en general;
- quienes ocupan posiciones de poder e influencia;
- los medios de difusión.

5.5.27 Las actitudes de los controladores con respecto a estas otras influencias dependen del modo en que consideren que las mismas apoyan o no al ATC. En lo posible, la administración debería procurar fomentar actitudes favorables hacia los controladores de tránsito aéreo por parte de dichas influencias y viceversa. No es conveniente, por ejemplo, que se culpe al ATC por 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 en los procedimientos de selección. Dichas diferencias incluyen las de orden médico, en la contextura física, la capacidad, las aptitudes y tal vez la personalidad. Es de prever que un grupo de candidatos satisfactorios presentará menos diferencias entre sí que dentro del grupo original de candidatos entre los cuales habían sido elegidos. Los procesos de instrucción procuran reducir aun más las diferencias individuales restantes entre los seleccionados. De este modo, 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 determinado, aunque el modo en que logren esa seguridad y eficiencia pueda diferir considerablemente del que aplique otro grupo de controladores del mismo servicio ("cultura de grupo").

5.5.29 La selección y la instrucción tienen ambas el efecto de reducir las diferencias individuales, pero algunas diferencias subsisten y pueden ser muy ventajosas. Pueden formar la base de la perspectiva de carrera y para asignar los controladores a diferentes funciones. En el futuro, la automatización puede adaptarse más al controlador haciendo el mejor uso de las cualidades de cada individuo y compensando sus flaquezas, mientras que el método actual consiste en descontar las diferencias individuales y basarse en las cualidades humanas en general soslayando las flaquezas también generales. Esta tendencia puede resultar especialmente importante si una escasez de candidatos disponibles obliga a seleccionar candidatos que inicialmente tengan capacidades potenciales y antecedentes más diversificados.

Una perspectiva de los factores humanos en general

5.5.30 El ATC debe tener en cuenta las capacidades básicas cognitivas de las personas, cómo piensan, cómo deciden, cómo entienden y cómo recuerdan. Las funciones y tareas deben proyectarse en el marco de dichas capacidades y la instrucción debe concebirse de manera de aprovecharlas al máximo. Las personas necesitan poder usar bien y con sentido sus capacidades cognitivas, de modos que ellas reconozcan como útiles y que no los disminuyan.

5.5.31 Las condiciones de empleo de los controladores varían. Es necesario examinar periódicamente y formular recomendaciones con respecto al total de horas de trabajo, a la preparación de listas y horarios de turnos, y a los períodos máximos permitidos de trabajo continuo sin descanso. El diseño del espacio de trabajo no debe representar ningún peligro para la salud vinculado con la ocupación, como por ejemplo las dificultades visuales o de posición durante la realización de las tareas del ATC. Debe existir siempre una disposición sobre 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, que está 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 aumentará 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 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 en equipo, las actitudes, las normas y la ética.

BIBLIOGRAFÍA

Obras de referencia sobre factores humanos

Ackermann, D. y Tauber, M.J. (eds) (1990) *Mental Models and Human-Computer Interaction.* Amsterdam: Elsevier.

Adams, J.A. (1989) *Human Factors Engineering.* Nueva York: Macmillan.

Baecker, R.M. y 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.* En: Rasmussen, J., Duncan, K. y Leplat, J. (eds) *New Technology and Human Error.* Chichester, Inglaterra: Wiley. 271-283.

Bainbridge, L. y Ruiz Quintanilla, S.A. (eds) (1989) *Develop-ing Skills with Information Technology.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Boff, K.R. y Lincoln, J.E. (eds) (1988) *Engineering Data Compendium: Human Perception and Performance,* 3 volúmenes y *User's Guide.* Ohio: Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory.

Booth, P. (1989) *An Introduction to Human-Computer Interaction.* Hove, Inglaterra: Erlbaum.

Bradley, G. (1989) *Computers and the Psychosocial Work Environment.* Inglaterra: Taylor and Francis.

Burgess, J.H. (1986) *Designing for Humans: The Human Factor in Engineering.* Princeton, NJ: Petrocelli.

Burgess, J.H. (1989) *Human Factors in Industrial Design: The Designer's Companion.* Blue Ridge Summit, Pennsylvania: TAB.

Card, S.K., Moran, T.P. y Newell, A. (1983) *The Psychology of Human-Computer Interaction.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cooper, C.L. y Payne, R. (eds) (1988) *Causes, Coping and Consequences of Stress at Work.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Costa, G., Cesana, G.C., Kogi, K. y Wedderburn, A. (eds) (1990) *Shiftwork: Health, Sleep and Performance.* Francfort, Alemania: Verlag Peter Lang.

Davies, D.R., Matthews, G. y Wong, C.S.K. (1991) Ageing and Work, En: Cooper, C.L. y Robertson, I.T. (eds) *International Review of Industrial and Organizational Psychology.* 6, 149-212. Chichester, Inglaterra: Wiley.

Damos, D. (ed) (1991) *Multiple Task performance.* Inglaterra: Taylor & Francis.

Diaper, D. (ed) (1989) *Task Analysis for Human-Computer Interaction.* Chichester, Inglaterra: Ellis 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.

Ernsting, J. y 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: Avebury Technical.

Frankenhaeuser, M. y Johansson, G. (1986) Stress at Work: Psychobiological and Psychosocial Aspects. *Applied Psychology: An International Review.* 35, 287-299.

Fraser, T.M. (1989) *The Worker at Work: A Textbook Concerned with Men and Women in the Workplace.* Londres: Taylor and Francis.

Grandjean, E. (1988) *Fitting the Task to the Man.* Londres: Taylor and Francis.

Hancock, P.A. y Warm, J.S. (1989) *A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention.* Human Factors, 31, 519-537.

Hockey, G.R.J. (ed) (1983) *Stress and Fatigue in Human Performance.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Holding, D.H. (ed) (1989) *Human Skills.* Chichester, Inglaterra: Wiley.

Hopkin, V.D. (1982) *Psychology and Aviation.* En: Canter S. y Canter, D. (eds) *Psychology in Practice.* Chichester, Inglaterra: Wiley. 233-248.

Hunt, R.W.G. (1991) *Measuring Colour.* Hemel Hempstead, Inglaterra: Ellis Horwood. (Simon and Schuster International).

Ivergard, T. (1989) *Handbook of Control Room Design and Ergonomics.* Londres: Taylor and Francis.

Jensen, R.S. (ed) (1989) *Aviation Psychology.* Aldershot, Inglaterra: Gower.

Landau K. y Rohmert, W. (eds) (1989) *Recent Developments 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.D. (1991) Ergonomics: Trends and Influences. En: Cooper, C.L.y Robertson, I.T. (eds). *International Review of Industrial and Organizational Psychology,* 6, 109-148.

Monk, T. y Folkard, S. (1992) *Making Shiftwork Tolerable: A Practical Guide.* Londres: Taylor and Francis.

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, D.A. (1988) *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
Norman, D.A. y Draper, 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 with Highrisk Technologies*. Nueva York: Basic Books.
Pheasant, S. (1986) *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design*. Londres: Taylor and Francis.
Rasmussen, J., Duncan, K. y Leplat, J. (eds) (1987) *New Technology and Human Error*. Chichester, Inglaterra: Wiley.
Reason, J.T. (1990) *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
Reason, J.T. (1997) *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, Hants, Reino Unido
Reilly, R. (ed) (1987) *Communication Failure in Dialogue and Discourse: Detection and Repair Processes*. Amsterdam: North-Holland.
Rodahl, K. (1989) *The Physiology of Work*. Londres: Taylor and Francis.
Salvendy, G. (ed) (1987) *Handbook of Human Factors*. Nueva York: Wiley.
Sauter, S.L., Hurrell, J.L. y 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 Developing Countries. *Ergonomics*, 27, 1021-1032.
Senders, J.W. y 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. y Hovden, J. (eds) (1987) *Risk and Decisions*. Chichester, Inglaterra: Wiley.
Spector, P.E., Brannick, M.T. y Coovert, M.D. (1989) *Job Analysis*. En: Cooper, C.L. y 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 Defense (1989) *Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities: Military Standard MIL-STD-1472D*. Filadelfia: Naval Publications and Forms Center.
Weir, G. y Alty, J. (eds) (1990) *Human Computer Interaction and Complex Systems*. Londres: Academic Press.
Wiener, E.L. y 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. y Corlett, E.N. (eds) (1990) *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology*. Londres: Taylor and Francis.
Wise, J.A. y Debons, A. (eds) (1987) *Information Systems: Failure Analysis*. Berlín: 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*. Nueva York: McGraw-Hill.

Obras de referencia sobre el control de tránsito aéreo

Benoit, A. (ed) (1986) *Efficient Conduct of Individual Flights and Air Traffic, or Optimum Utilization of Modern Technology for the Overall Benefit of Civil and Military Airspace Users*. París: NATO AGARD Conference Proceedings Núm. 410.
Brenlove, M.S. (1987) *The Air Traffic System*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
Buck, R.O. (1984) *Aviation: International Air Traffic Control*. Nueva 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. (1985) *International Air Traffic Control — Management of the World's Airspace*. Oxford, Inglaterra: Pergamon.
Graves, D. (1989) *United Kingdom Air Traffic Control*. Shrewsbury, Inglaterra: Airlife Publishing.
National Research Council (1997) *Flight to the Future — Human Factors in Air Traffic Control*. National Academy Press, Washington D.C., Estados Unidos.
National Research Council (1998) *The Future of Air Traffic Control — Human Operators and Automation*. National Academy Press, Washington D.C., Estados Unidos.

Obras de referencia sobre factores humanos en general 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: National Research Council.

Hopkin, V.D. (1988) *Air Traffic Control.* En: Wiener, E.L. y Nagel, D.C. (eds) *Human Factors in Aviation.* San Diego: Academic Press. 639-663.

Hopkin, V.D. (1995) *Human Factors in Air Traffic Control.* Taylor & Francis, Londres, Reino Unido.

Isaac, A. y Ruitenberg, B. (1999) *Air Traffic Control: Human Performance Factors.* Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, Hants, Reino Unido.

Lenorovitz, D.R. y Phillips, M.D. (1987) *Human Factors Requirements Engineering for Air Traffic Control Systems.* En: Salvendy, G. (ed) *Handbook of Human Factors.* Nueva York: Wiley. 1771-1789.

Pozesky, M.T. (Ed) (1989) *Special Issue on Air Traffic Control.* Proceedings of the IEEE, 77, 11, 1603-1775.

Obras de referencia sobre factores humanos específicos en materia de control de tránsito aéreo

Cardosi, K.M. y Murphy, E.D. (Eds) (1995) *Human Factors in the Design and Evaluation of Air Traffic Control Systems.* US Department of Transportation, FAA, Washington D.C., Estados Unidos.

Costa, G. (1991) *Shiftwork and Circadian Variations of Vigilance and Performance.* En: Wise, J.A., Hopkin, V.D. y Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer-Verlag, 267-280.

Costa, G. (1995) *Occupational Stress and Stress Prevention in Air Traffic Control.* CONDI/T/WP.6/1995. International Labour Office, Ginebra, Suiza.

Della Rocco, P.S., Manning, C.A. y 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.

Eurocontrol (1996) *Guidelines for Developing and Implementing Team Resource Management* HUM. ET1.ST10.DEL-01, Eurocontrol, Bruselas, Bélgica. (Consultar www.eurocontrol.int/humanfactors/publ.html)

Hancock, P.A. (1991) *The Aims of Human Factors and their Application to Issues in Automation and Air Traffic Control.* En: Wise, J.A., Hopkin, V.D. y Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer-Verlag, 187-199.

Hopkin, V.D. (1985) *Fitting Machines to People in Air Traffic Control Automation.* En: Proceedings of Seminar on Informatics in Air Traffic Control, Capri, Italia, 147-163.

Hopkin, V.D. (1989) Implications of Automation on Air Traffic Control. En: 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, 1634-1642.

Hopkin, V.D. (1990) Operational Evaluation. En: Life M.A., Narborough-Hall, C.S. y Hamilton, W.I. (eds) *Simulation and the User Interface.* Londres: Taylor and Francis. 73-84.

Hopkin, V.D. (1991) *The Impact of Automation on Air Traffic Control Systems.* In: 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.* En: Wise, J.A., Hopkin, V.D. y Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer-Verlag, 381-393.

Lenorovitz, D.R. y Phillips, M.D. (1987) *Human Factors Requirements Engineering for Air Traffic Control Systems.* En: Salvendy, G. (ed) *Handbook of Human Factors.* Nueva York: Wiley, 1771-1789.

Manning, C.A., Kegg, P.S. y Collins, W.E. (1989) *Selection and Screening Programmes for Air Traffic Control Specialists.* En: 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 FAA-AM-82-17.

OACI (2000) *Directrices sobre factores humanos para los sistemas de gestión del tránsito aéreo.* Doc 9758, OACI, Montreal, Canadá.

Sells, S.B., Dailey, J.T. y Pickrel, E.W. (eds) (1984) *Selection of Air Traffic Controllers.* Washington DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, FAA-AM-84-2.

Stager, P. (1991) *Error Models for Operating Irregularities: Implications for Automation.* En: Wise, J.A., Hopkin, V.D.y Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer-Verlag, 321-338.

Tattersall, A., Farmer, E. y Belyavin, A. (1991) *Stress and Workload Management in Air Traffic Control.* En: Wise, J.A., Hopkin, V.D. y Smith, M.L. (eds) *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control.* Berlín: Springer-Verlag, 255-266.

Whitfield, D. y Jackson, A. (1982) *The Air Traffic Controller's "Picture" as an Example of a Mental Model.* En: Johannsen, G. y Rijnsdorp, J.E. (eds) *Analysis Design and Evaluation of Man-Machine Systems.* Düsseldorf, Alemania: International Federation of Automatic Control, 45-52.

Wing, H. y Manning, C.A. (eds) (1991) *Selection of Air Traffic Controllers: Complexity, Requirements, and Public Interest.* Washington DC: Federal Aviation Administra-tion, Office of Aviation Medicine. DOT/FAA/AM-91/9.

Wise, J.A., Hopkin, V.D. y 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.

Apéndice del Capítulo 5

DIRECTRICES PARA LA PREPARACIÓN DE INSTRUCCIÓN SOBRE GESTIÓN DE LOS RECURSOS EN EQUIPO (TRM)

INTRODUCCIÓN

1. Después de la exitosa introducción de los programas de instrucción sobre gestión de los recursos de la tripulación (CRM) para las tripulaciones aéreas en las dos últimas décadas del siglo XX, se estudió la viabilidad de exportar ese tipo de instrucción a otros sectores de la aviación (p. ej., el mantenimiento, los servicios de tránsito aéreo). En este apéndice se explorará la preparación de programas de instrucción avanzados sobre el desempeño humano para los servicios de tránsito aéreo (ATS).

2. En primer término, se brinda información sobre los antecedentes históricos de los programas de instrucción acerca del desempeño humano en ATS. Se presentan en forma condensada los principales puntos del Capítulo 2 de la Parte 2 del manual. A continuación, se presenta la gestión de los recursos en equipo (TRM) como requisito previo para la gestión de amenazas y errores (TEM) y se ofrecen directrices para introducir la instrucción sobre TRM y TEM en una organización de ATS. Al final del apéndice se suministran referencias a las fuentes de información correspondientes.

3. Para poner en contexto este apéndice, debería mencionarse que la instrucción avanzada que aquí se describe está destinada a personal ATS ya calificado, mientras que la instrucción básica descrita en el Capítulo 1 de la Parte 2 de este manual está destinada al nivel de precalificación (o sea, durante la instrucción inicial). No obstante esta distinción, se alienta a los establecimientos de instrucción a introducir elementos de la sección avanzada en sus programas de instrucción inicial siempre que sea posible, preparando así mejor al personal recién calificado para el entorno donde trabajará finalmente.

ANTECEDENTES

4. A mediados de los años noventa, diversos proveedores de ATS lanzaron varias iniciativas para elaborar un programa de tipo CRM que sería apropiado para usarlo en el ámbito de los ATS. El nombre de esos programas, que ha sido aceptado para distinguirlos de la CRM para las líneas aéreas, es instrucción en gestión de los recursos en equipo (TRM).

5. Al desarrollar e implantar este tipo de instrucción, y al igual que el descubrimiento de las líneas aéreas de que un programa CRM apropiado para una línea aérea no podía ser utilizado sencillamente por otra, pronto se comprobó que los programas de instrucción existentes sobre CRM no podían transferirse sencillamente al entorno ATS. Si bien se encontraba que las filosofías y principios de los programas CRM eran generalmente válidos para el entorno ATS, el formato y contenido de los programas exigiría una adaptación para que tuvieran sentido y resultaran aceptables para la comunidad de los ATS.

6. Aunque se reconoce el valor y la importancia de la labor de desarrollo sobre TRM realizada en otras organizaciones ATS (p. ej., en Australia y Canadá), en este apéndice se recurre sobre todo a la versión de TRM desarrollada por la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (Eurocontrol) como parte del Programa europeo de gestión del tránsito aéreo (EATMP). Sin embargo, en este apéndice se ofrece una perspectiva en la cual la TRM permitirá al personal de operaciones gestionar las amenazas y los errores. Esta perspectiva es semejante a la de la CRM examinada en la primera parte de este capítulo.

Gestión de los recursos de la tripulación (CRM) — resumen

7. En beneficio de quienes no hayan leído el Capítulo 2 de la Parte 2, se presentan aquí en forma condensada los puntos principales. Los números al final de cada párrafo se refieren a los párrafos correspondientes del Capítulo 2 de la Parte 2.

- La CRM es una estrategia ampliamente aplicada en la comunidad aeronáutica que actúa como medida preventiva en la instrucción frente al error humano. Tradicionalmente, la CRM ha sido definida como la utilización de todos los recursos disponibles para que la tripulación haga frente al error humano. Desde el principio, es importante situar a la CRM dentro del alcance de la instrucción sobre factores humanos: la CRM no es sino **una** aplicación práctica de la instrucción sobre factores humanos, en apoyo de las respuestas de la tripulación a las amenazas y errores que se manifiestan en el ámbito de las operaciones. El objetivo de la instrucción sobre CRM es contribuir a la prevención de incidentes y accidentes. (2.1.9-10)

- La CRM ha evolucionado a través de varias "generaciones", cada una de las cuales tiene sus propias

características. Pero una consecuencia involuntaria de la ampliación del alcance de la instrucción sobre CRM es que el enfoque original, o sea la gestión del error humano, ha quedado diluido. (2.1.12-21)

- Parece que, en el proceso de enseñar a la gente *cómo* trabajar juntos, la industria tal vez haya perdido de vista *por qué* es importante trabajar juntos bien. La razón de ser predominante de la CRM — apoyar las respuestas de la tripulación a las amenazas y errores que se manifiestan en el entorno de las operaciones — aparentemente se ha perdido. Lo que debería propugnarse es una justificación definida con mayor precisión, que esté acompañada por un apoyo organizacional proactivo. (2.1.27-32)

- Sustentando la quinta generación de CRM está la premisa de que el error humano es ubicuo e inevitable, y que también es una fuente valiosa de información. Si el error es inevitable, puede verse a la CRM como una serie de medidas preventivas de los errores, con tres líneas de defensa. La primera es evitar el error. La segunda es atrapar los errores incipientes después de que se hayan cometido. La tercera es mitigar las consecuencias de los errores que se producen y que no se han atrapado. A cada situación se aplican las mismas medidas preventivas de los errores en la CRM; la diferencia reside en el momento de la detección. (2.2.33)

- Para obtener aceptación del enfoque sobre gestión de errores, las organizaciones deben comunicar su comprensión formal de que se producirán errores y deberían adoptar un enfoque no punitivo ante los errores. (Esto no implica que una organización debería aceptar las violaciones premeditadas de sus normas de procedimiento.) Además de "aceptar" los errores, es necesario que las organizaciones adopten medidas para identificar la naturaleza y las fuentes de los errores en sus operaciones. (2.1.34)

- La CRM de quinta generación procura presentar los errores como normales y desarrollar estrategias para la gestión de los errores. Su base debería ser la instrucción formal en las limitaciones del desempeño humano. Esto incluye comunicar la naturaleza de los errores, así como los resultados empíricos que demuestran los efectos perniciosos de factores de tensión como la fatiga, el exceso de trabajo y las emergencias. Esos temas, por supuesto, requieren instrucción formal, indicando que la CRM debería seguir teniendo su propio lugar en la instrucción inicial y cíclica. (2.1.35)

- A la vez que la gestión del error se convierte en el enfoque principal de la instrucción CRM, debería introducirse capacitación para los instructores y evaluadores sobre reconocimiento y refuerzo de la gestión de errores. En esa capacitación se debería insistir en el hecho de que una gestión eficaz de los errores es el sello distintivo de un desempeño eficaz de la tripulación y en que los errores bien manejados son indicadores de un desempeño eficaz. (2.1.37)

- La CRM no es y nunca será un instrumento para eliminar errores y garantizar la seguridad en una empresa de alto riesgo como la aviación. El error es un resultado inevitable de las limitaciones naturales del desempeño humano y está en función de sistemas complejos. La CRM es una más entre el conjunto de herramientas que pueden usar las organizaciones para administrar el error humano. (2.1.40)

- El propósito fundamental de la instrucción sobre CRM consiste en mejorar la seguridad de vuelo mediante el empleo efectivo de estrategias de gestión de errores en zonas de influencia tanto individuales como sistémicas. Por lo tanto, no es sino razonable replantear la CRM como una instrucción sobre gestión de las amenazas y los errores (TEM). (2.1.44)

La gestión de los recursos en equipo (TRM) y la gestión de amenazas y errores (TEM)

8. La preparación de programas de instrucción sobre TRM para la ATM coincidió con la ampliación del alcance de la instrucción sobre CRM en lo que se conoce ahora como la tercera generación de CRM. Así como en la retrospectiva se llegó a la conclusión de que al ampliar el alcance de la CRM se diluyó el enfoque sobre el propósito original de la instrucción (es decir, la gestión de errores), parece que los programas de instrucción sobre TRM se han concentrado en el "trabajo en equipo" como un objetivo, más que como un medio de gestión del error. Por lo tanto, es necesario reenfocar la instrucción sobre TRM como un factor que permita la gestión de amenazas y errores (TEM). En la Figura 5-Ap-1 se muestra la relación entre las destrezas en TRM y la TEM.

9. Para comprender mejor los principios de la TEM, se recomienda especialmente leer la sección 2.3 "Instrucción sobre gestión de amenazas y errores (TEM)" en el Capítulo 2 de la Parte 2.

La gestión de amenazas y errores (TEM) en el control de tránsito aéreo (ATC)

10. Una de las premisas en la TEM es que las perspectivas sobre los errores tal como se reflejaban en los puntos de vista tradicionales acerca del error humano no reflejan debidamente las realidades de los contextos operacionales. El personal de operaciones en las industrias ultraseguras, de las cuales la aviación es un ejemplo perfecto, no adopta decisiones eligiendo entre un buen y un mal resultado. El personal de operaciones adopta las decisiones que parecen ser las mejores, a la luz de su capacitación, su experiencia y su comprensión de la situación. Ellos comprenden el contexto operacional en que están inmersos, basándose en señales e indicios que aporta el contexto de la situación. Sólo después, cuando se conoce el resultado de esa evaluación, es posible sugerir — con la ventaja de la visión retrospectiva — que probablemente una evaluación diferente habría producido un resultado más conveniente.

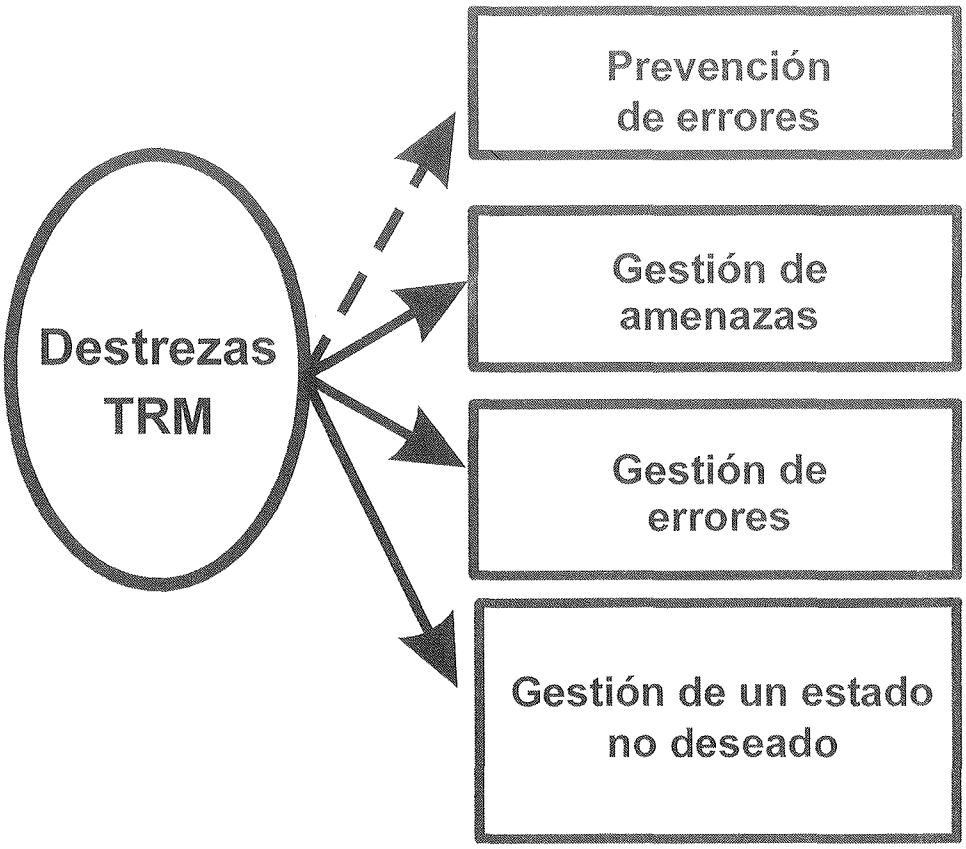


Figura 5-Ap-1. Una herramienta de instrucción para las operaciones

11. En el caso de que el resultado haya sido algo no deseado, la evaluación que condujo a ese resultado suele clasificarse como "error". Esto sólo puede hacerse cuando se conoce el resultado (que no era el caso cuando se hizo la evaluación) y cuando se dispone de información adicional acerca del contexto de la situación (de la que no disponían las personas que trataban de encontrar sentido en las condiciones de operación predominantes), que sugiere otra vía distinta de la adoptada.

12. La pregunta que exige respuesta resulta entonces: "¿por qué la información con que ahora contamos no estaba disponible para esas personas en el momento del suceso?" Entre las diversas respuestas, una que es pertinente para la TEM es "porque quizás no habían sido entrenados para estar a la expectativa de indicios premonitorios de error", es decir, que no estaban activamente dedicados a identificar amenazas. Las amenazas son una parte tan integral del contexto operacional que habitualmente se las deja de lado. Tras estar prolongadamente expuestos a un entorno plagado de amenazas, el personal de operaciones ha aprendido a vivir con las amenazas como componentes normales de los contextos operacionales. Sin embargo, a pesar de la "normalización" existente de las amenazas, las amenazas mal manejadas siguen conservando su pleno potencial de poner en peligro la seguridad.

13. En la TEM, una amenaza no es en sí misma un problema, pero podría llegar a serlo si no se maneja correctamente. Como puede verse en el gráfico de la Figura 5-Ap-2, no toda amenaza conduce a un error y no todo error conduce a un estado no deseado, pero la posibilidad existe y debería ser admitida. Por ejemplo, los visitantes en una sala de operaciones ATC son una "amenaza": su presencia en sí no es una situación peligrosa, pero si los visitantes se traban en discusiones con la tripulación del ATC o los distraen de alguna otra forma, pueden llevar al controlador a cometer un error. Reconocer esta situación como una amenaza les permitirá a los controladores manejarla en consecuencia, minimizando o evitando así toda distracción y no permitiendo de ese modo que se reduzcan los márgenes de seguridad en el contexto operacional.

La gestión de los recursos en equipo (TRM)

14. La TRM es una estrategia de los ATS aplicada como medida de instrucción para contrarrestar los errores humanos. Se

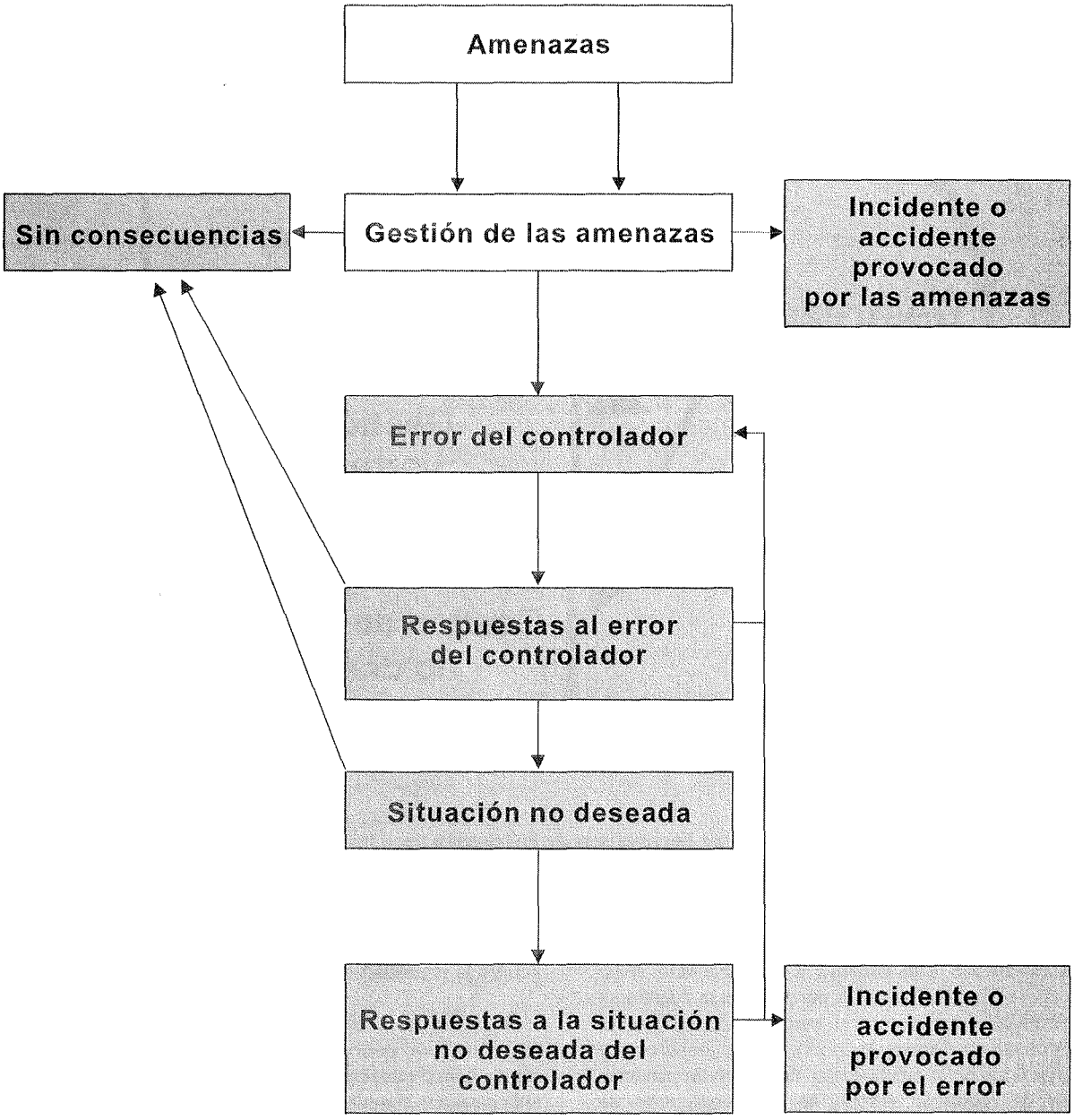


Figura 5-Ap-2. Modelo de gestión de amenazas y error (TEM)

define como: "Hacer un uso óptimo de todos los recursos disponibles — personas, equipos e información — para mejorar la seguridad y la eficiencia de los servicios de tránsito aéreo".

15. Se considera que las principales ventajas de la TRM son:

- mayores posibilidades de gestión de la amenaza y el error;
- mejor continuidad y estabilidad del trabajo en equipo;
- mayor eficiencia en las tareas;
- mayor sensación de trabajar como parte de un equipo más grande y más eficiente,
- mayor satisfacción en el trabajo; y
- mejor uso de los recursos de personal.

Como mínimo, la instrucción en TRM debería abarcar los elementos que se ilustran en la Figura 5-Ap-3.

Presentación de la TRM

Preparación del terreno

16. Nunca podrá sobrestimarse la función del apoyo de la gestión para el éxito de las iniciativas de instrucción en equipo como la TRM. Es importante que no se considere a la TRM como un añadido cosmético y costoso a la instrucción existente, sino como parte integrante de la estructura y la cultura de la instrucción dentro de la organización. Existen varios métodos prácticos y relativamente económicos que permiten integrar la TRM dentro de una empresa. Entre ellos, destacar en cada reunión la importancia de un buen trabajo en equipo; aprovechar a los miembros existentes del personal y adiestrarlos como "entrenadores" y promotores de la instrucción en equipo. En el contexto de la ATC, parecería que los supervisores, los jefes de equipo y los responsables de entrenar aprendices serían candidatos probables para desempeñar ese papel.

17. Otros métodos están utilizando y adaptando los programas existentes para afrontar problemas ante los cuales se ha demostrado que resultan insuficientes las destrezas de un equipo de trabajo; esos métodos se están preparando como respuesta a casos en que se advierte un mal desempeño del equipo, con el mismo nivel de preocupación que se mostraría en cualquier otro caso en que un desempeño inferior al óptimo probablemente afectara la seguridad y la eficiencia.

18. Aunque la seguridad sigue siendo de importancia fundamental, la administración también tiene que tener en cuenta las ventajas y los costos relativos de cualquier innovación. Como ocurre con muchas cuestiones vinculadas con la seguridad, es difícil asignar un valor monetario a las ventajas que se obtendrían de implantar la TRM, salvo quizás si se las compara con el costo potencial, en términos humanos y monetarios, de un incidente o de un accidente provocado por un mal equipo de trabajo.

19. Además de hacer consciente a la administración de las ventajas de un buen trabajo en equipo, es indispensable convencer al personal de operaciones de que la TRM tiene algo que ofrecerles en su labor cotidiana. Los controladores, por ejemplo, se dan cuenta de la importancia de una buena comunicación en una tarea que depende esencialmente para su ejecución segura de la calidad y exactitud de la información que se transfiere y del modo en que se comunican los diversos miembros del equipo. Pero tal vez no se comprenda igualmente bien la necesidad de ser capaz de aceptar sugerencias de los colegas, de hacer y recibir críticas constructivas y de considerar toda la labor como un ejercicio de desempeño en equipo, tanto como una pericia individual.

20. Gran parte del éxito del proceso de implantación depende de la manera en que se trasmiten la información y los conceptos de la TRM. La credibilidad de todo curso dependerá de la pertinencia de la información que se suministre a las vidas de trabajo cotidianas de los participantes. Sin embargo, en el esfuerzo de explicar al personal de operaciones qué es la TRM, también es importante que les quede en claro lo que no es.

21. La TRM no es un sustituto de una instrucción apropiada, ni está destinada a contrarrestar deficiencias en los procedimientos y en la documentación. No compensa estructuras de gestión ineficaces ni funciones organizativas insuficientemente definidas. La TRM no está destinada a remplazar la capacitación técnica, sino que debería complementarla. Es importante mostrar que la TRM es un medio de aumentar la pericia y profesionalismo mediante mejores capacidades de gestión de la amenaza y el error. Una mayor conciencia de que se está ejerciendo una labor más eficiente, sumada a una mayor sensación de trabajar como parte de un equipo más grande y más eficaz, también suscitará una mayor satisfacción en el trabajo, que a su vez mejorará más, probablemente, el profesionalismo y la eficiencia. Esto representa un beneficio para el propio personal y para las organizaciones donde trabajan.

> Guía de introducción a la TRM núm. 1
>
> Los beneficios prácticos de un mejor desempeño de equipo, tanto para la administración como para el personal de operaciones, deberían comunicarse lo antes posible. Eso aumentará el compromiso necesario para desarrollar y reforzar la TRM como herramienta para la TEM en toda la organización.

El objetivo de la TRM

22. Para mejorar las capacidades de la gestión de amenazas y errores (TEM) dentro de los equipos de los ATS, debería

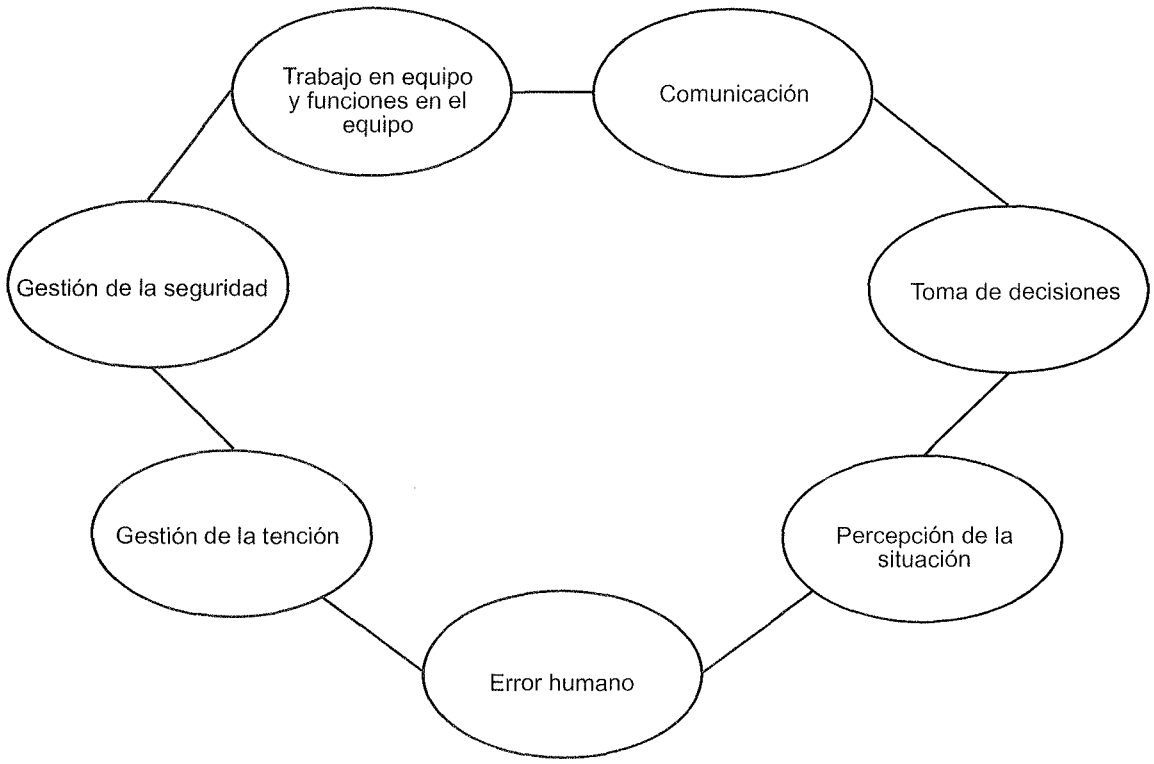


Figura 5-Ap-3. Elementos de la instrucción en TRM

presentarse un curso de TRM para capacitar al personal de operaciones en estrategias de comportamiento. La instrucción en TRM procura asegurar el funcionamiento efectivo del personal de operaciones mediante el empleo oportuno y hábil de todos los recursos disponibles orientados a la afluencia segura y eficiente del tránsito aéreo. Los objetivos clave de la instrucción en TRM consisten en desarrollar actitudes y comportamientos en los miembros del equipo para incrementar las destrezas y el desempeño en la labor de equipo en los servicios de tránsito aéreo.

23. El personal de operaciones está capacitado en destrezas técnicas y de procedimientos, y su competencia para satisfacer los diversos requisitos de la tarea suele someterse a prueba cuidadosamente mediante un procedimiento de selección especialmente diseñado. En este procedimiento, se evalúa al personal de operaciones para juzgar si posee las aptitudes y actitudes requeridas para la tarea de que se trate. La TRM utilizará esas aptitudes y actitudes para ayudar al personal de operaciones a comprender y ser consciente de lo siguiente:

— la labor de equipo y cómo afecta al funcionamiento del equipo

— cómo pueden influir el comportamiento y las actitudes sobre los accidentes y los incidentes.

Una vez que el personal de operaciones haya desarrollado las actitudes y destrezas de comportamiento requeridas, debería tener oportunidad de practicarlas en otro programa de instrucción en un entorno operacional.

Guía de introducción a la TRM núm. 2

El principal objetivo de la TRM para el personal de operaciones debería ser el desarrollo de actitudes y comportamientos que contribuyan a mejorar las destrezas y el desempeño en la labor de equipo, para reducir las fallas en la labor de equipo como factor que contribuye a los incidentes y accidentes vinculados con el ATS.

La labor de equipo en el ATS

24. En el ATS es obvio que el personal de operaciones trabaja en estructuras de equipos, pero es difícil definir exactamente cuántas personas constituyen un equipo o a quién se considera miembro de un equipo, o qué clase de tareas cooperativas y conjuntas se consideran trabajo de equipo. En la Figura 5-Ap-4 se ilustran las posibles relaciones de labor de equipo que un controlador o una controladora podría identificar desde su punto de vista individual.

25. A partir de arriba y en el sentido de las agujas del reloj, la imagen muestra la relación de trabajo de equipo entre un

controlador y los pilotos de la aeronave que está bajo su responsabilidad. La siguiente relación de equipo es con los otros controladores o con los asistentes de datos de vuelo de la misma planta de trabajo. El controlador trabaja también estrechamente con el personal de apoyo de ATM, con el jefe o supervisor del equipo, y con el personal de ATFM (que puede estar dentro de la misma dependencia o fuera de ella). Por último, y no es lo menos importante, existen relaciones de trabajo en equipo con otras dependencias del ATC (TWR, APP o ACC) y otros sectores, dentro del mismo país o incluso en otro país.

26. La labor de equipo en el ATS obviamente tiene que ver con aspectos transculturales. Esto incluye no sólo aspectos culturales entre las dependencias ATS de diferentes países y nacionalidades, sino también entre diferentes dependencias y equipos dentro de una nación. En este sentido, la TRM es una ayuda para comprender y tener en cuenta los aspectos transculturales en un entorno ATS internacional.

Guía de introducción a la TRM núm. 3

La etapa inicial de la TRM debería concentrarse en el trabajo en equipo entre las personas del mismo entorno físico. En una etapa posterior, puede estudiarse la conveniencia de extender la TRM a otras relaciones de trabajo en equipo.

Contenido del programa de instrucción TRM

27. El contenido exacto del programa de instrucción en TRM puede diferir de un curso al siguiente. Depende de la población que va a recibir esa instrucción y también de las necesidades y circunstancias específicas de la organización para la cual se prepara la instrucción. Sin embargo, se sugiere que una instrucción mínima en TRM debería ocuparse de los aspectos representados en la Figura 5-Ap-5.

28. La profundidad con que deberían tratarse los diversos aspectos depende del nivel de familiaridad que tenga con el asunto la población que recibirá la instrucción. El equipo de elabore la TRM debería prestar especial atención a lo que se incluye y a determinar la profundidad apropiada para el estudio de cada uno de los temas del curso.

Guía de introducción a la TRM núm. 4

Un programa de instrucción en TRM debería contener por lo menos las siguientes materias: el equipo de trabajo y las funciones en el equipo, las comunicaciones, la toma de decisiones, el error humano, la conciencia de la situación, la gestión de la tensión y la gestión de la seguridad.

Etapas del programa de instrucción en TRM

29. Al igual que en la instrucción de CRM en las líneas aéreas, hay tres etapas distintas para la instrucción en TRM:

1. una etapa de introducción o conocimiento;

2. un período de práctica utilizando ejercicios prácticos para destacar los conceptos enseñados en la etapa de conocimiento;

3. Una etapa de instrucción de repaso.

30. La etapa de introducción o conocimiento supone instrucción en aula y ejercicios grupales para explicar los conceptos básicos de la TRM. En términos generales, esta instrucción abarca aspectos que incluyen el trabajo en equipo y las funciones en el equipo, la comunicación, la toma de decisiones, el error humano, la conciencia de la situación, la gestión de la tensión y la gestión de la seguridad.

31. Lo ideal es que inmediatamente después de esas aspectos teóricos sigan una o más sesiones de instrucción en simulador, que pueden comprender operaciones con radar u otros entornos operacionales simulados. Esta instrucción es similar a la instrucción de vuelo orientada a las líneas aéreas (LOFT) que proporcionan las empresas aéreas y contiene ejercicios especialmente diseñados que ponen de relieve y demuestran algunos de los aspectos teóricos desarrollados en las sesiones en aula.

32. Por último, la instrucción periódica de repaso o refuerzo debería ofrecerse durante la carrera operacional de los participantes. Debería efectuarse con intervalos de no más de cinco años e incluir lecciones o ejercicios basados en incidentes recientes relacionados con el trabajo en equipo y en experiencias positivas.

Guía de introducción a la TRM núm. 5

La instrucción en TRM debería abarcar tres etapas: una etapa introductoria/de conocimiento, una etapa práctica y una etapa de repaso/refuerzo.

La población a la que está dirigida

33. Además de los controladores, el personal de operaciones en otras disciplinas dentro de los ATS puede también incidir de diversas maneras en el funcionamiento seguro y eficiente del sistema. Aun cuando es probable que todo ese personal de operaciones pueda obtener beneficios de la TRM, hay que reconocer que la instrucción debería ofrecerse primero a quienes puedan ejercer una influencia importante sobre la seguridad del sistema ATM. Esta introducción gradual permitirá adquirir experiencia con la instrucción en TRM dentro de la organización.

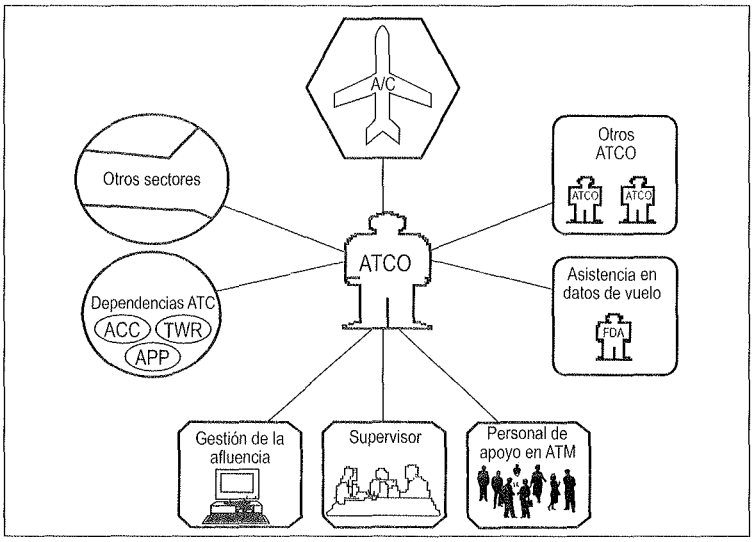


Figura 5-Ap-4. Relaciones de trabajo en equipo

Guía de introducción a la TRM núm. 6

La instrucción en TRM debería ser suministrada en primer término a los controladores de operaciones, a los jefes de equipo o a los supervisores, y más adelante podrá extenderse a otros miembros del personal de operaciones en el ATS.

Los facilitadores

34. Un factor crucial en la aceptación de la TRM como concepto es la selección de los facilitadores correctos. Aunque puedan participar expertos en desempeño humano en el proyecto de un curso determinado, la experiencia ha demostrado que existe un gran nivel de aceptación cuando la instrucción impartida tiene importancia operacional. Por lo tanto, se propone que para facilitar la instrucción sólo participe personal de operaciones de los ATS.

35. Además, es importante que los facilitadores sean seleccionados con cuidado. Un facilitador de TRM debería ser alguien dotado de buena competencia para la presentación, que sea a la vez persuasivo y consciente de los problemas experimentados en el entorno operacional. Un facilitador también debería estar abierto a nuevos conceptos y convencido de la importancia y la pertinencia de la instrucción en TRM.

36. Después de seleccionar a los facilitadores apropiados, será necesario suministrarles instrucción en los conceptos de la TRM. Esta instrucción, que debería incluir aportes de expertos en desempeño humano, explicará en detalle los conceptos y métodos de la TRM y demostrará la importancia de este tipo de instrucción. Se recomienda formar un número suficiente de facilitadores.

Guía de introducción a la TRM núm. 7

Los facilitadores en TRM deberían ser cuidadosamente seleccionados y capacitados, e idealmente deberían ser personal de operaciones en ejercicio.

La pertinencia práctica de la TRM

37. Para que la TRM sea aceptada por el grupo al cual está destinada, es fundamental que los principios de la TRM se perciban como pertinentes para las prácticas de trabajo cotidianas de ese grupo. Si los participantes en los cursos sobre TRM no pueden vincular lo que se enseña con su propia experiencia, no hay muchas posibilidades de que sus actitudes, y en consecuencia su comportamiento, cambien en el sentido que se desea. Existen varias maneras de adaptar el contenido de los cursos sobre TRM para que lo que se enseña sea más pertinente y efectivo. Se examinan a continuación.

38. Se considera que el empleo de ejemplos auténticos, debidamente despojados de identificación, es un elemento clave de facilitación. La mayoría de las dependencias habrán experimentado incidentes relacionados con el ATS, o por lo menos tendrán acceso a información acerca de incidentes que puedan ser ilustrativos de la importancia de un buen trabajo en equipo. Lo ideal sería formar una biblioteca de incidentes apropiados, de la cual los proyectistas de cursos puedan seleccionar ejemplos apropiados que sean ejemplos de buen y de mal trabajo en equipo.

El trabajo en equipo y las funciones en el equipo

- el uso de técnicas apropiadas para manejar los conflictos interpersonales y operacionales
- la adaptación a las diferencias interpersonales
- cuestiones de la posición de supervisor
- el control en situaciones de instrucción
- estilos de liderazgo

La comunicación

- la comunicación con los pilotos
- la comunicación de decisiones a los miembros del equipo
- el estímulo explícito a la participación
- la autocrítica y la crítica a otros miembros del equipo cuando corresponda
- importancia de una fraseología correcta

La toma de decisiones

- la participación de todo el equipo en la toma de decisiones
- cómo tomar decisiones en situaciones normales y de emergencia
- cómo tomar decisiones estando cansado
- la adopción de decisiones por sectores adyacentes

El error humano

- definición y clasificación de los errores humanos
- el modelo Reason
- cómo resistir y resolver los errores
- técnicas y herramientas de gestión del error
- cómo reconocer y manejar las amenazas
- cómo reconocer y manejar las situaciones no deseadas

La percepción de la situación

- elementos de la percepción de la situación
- cuestiones de la carga de trabajo
- cómo supervisar todos los factores operacionales pertinentes
- cómo mantener el "cuadro" en todas las situaciones
- cómo analizar el "cuadro" común con los demás miembros del equipo

La gestión de la tensión

- cómo afrontar eficazmente la tensión
- cómo evitar conflictos
- cómo administrar el tiempo para cumplir las tareas
- la satisfacción con el trabajo
- cómo compartir los problemas de tensión con los colegas
- cómo darse cuenta de la propia tensión

La gestión de la seguridad

- la política de seguridad
- las inquietudes de la administración con respecto a la seguridad
- cómo informar sobre cuestiones de seguridad a la administración
- cómo informar sobre los sucesos
- la investigación de incidentes

Figura 5-Ap-5. Aspectos de la instrucción en TRM

39. Si bien es importante utilizar argumentos auténticos para ilustrar los puntos de la instrucción, también es esencial mantener actualizados los cursos con nuevos ejemplos. En particular, para el diseño y la composición de los cursos de repaso, que podrían perder gran parte de su repercusión si sólo incluyeran ejemplos muy conocidos. Un modo de recoger nuevos materiales consiste en alentar a los participantes en el curso a proponer ejemplos a partir de su propia experiencia. Esto presupone que el curso se desarrolla en un entorno en el que los participantes se sienten lo bastante confiados como para revelar información sobre sucesos en los cuales puedan haber participado ellos mismos. Por lo tanto, si los cursos se desarrollan en una atmósfera abierta y libre de amenazas, debería ser posible generar ese nivel de confianza.

40. El objetivo principal del curso es enseñarles a los participantes cómo utilizar buenos principios y prácticas para mejorar su propio funcionamiento en equipo. Cuando se enseñan los principios de la TRM, es importante que el facilitador reconozca las situaciones que están lejos de ser ideales en las cuales quizás trabajen algunos miembros del personal de operaciones. Parte del proceso de hacer más realistas y pertinentes los cursos consistirá en tener en cuenta los problemas que surgen en el trabajo de todos los días. Tal vez algunos participantes en el curso trabajen como parte de un gran equipo y otros en grupos pequeños o individualmente. Por lo tanto, la instrucción sobre TRM debería estar concebida con la suficiente flexibilidad como para poder adaptarse a las diferentes necesidades de los participantes en el curso y reconocer y reflejar la realidad de las condiciones en que trabajan.

41. Una instrucción eficaz requiere buenos materiales didácticos, pero también depende de un ambiente apropiado, donde los participantes en el curso puedan practicar lo que han aprendido. La TRM supone aprender y emplear destrezas prácticas y la mejor manera de aprender y mantener esas destrezas es utilizarlas en un marco realista. Los libretos de la instrucción deberían encuadrarse idealmente en un simulador de ATC, para permitir que los participantes en el curso practiquen y desarrollen las destrezas de la TRM. Esos libretos pueden contener tanto operaciones normales como situaciones insólitas o de emergencia, en las que el funcionamiento eficaz en equipo tiene una importancia vital.

Guía de introducción a la TRM núm. 8

Los libretos con fines de instrucción deberían ser realistas, pertinentes para los participantes en el curso y estar actualizados periódicamente. Debería estudiarse la posibilidad de suministrar un entorno de simulación tal que los participantes puedan practicar y reforzar las destrezas sobre la TRM en situaciones tanto normales como de emergencia.

Las herramientas de la instrucción sobre la TRM

42. Al iniciar un curso, debería advertirse a los participantes que la instrucción sobre la TRM está destinada a desarrollar destrezas para la TEM. Además, se recomienda que la participación en algunos ejercicios tenga carácter voluntario.

43. Una ventaja importante de la TRM es que los participantes reciben el eco del modo en que cooperan cuando se afrontan las tareas y los problemas como un equipo. Por lo tanto, esa respuesta debería abarcar no sólo los resultados del trabajo en equipo, sino también los medios de lograrlo.

44. En el desarrollo de las destrezas sobre la TRM, los mejores resultados pueden esperarse presentando reconstrucciones en vídeo o grabaciones de incidentes/accidentes y, en combinación con ejercicios en simulador, practicando y aprendiendo nuevas estrategias de comportamiento. No se aconseja emplear representaciones dramatizadas (*role-playing*), porque se ha comprobado que su eficacia en un entorno con profesionales es mínima.

Guía de introducción a la TRM núm. 9

Las herramientas y métodos de instrucción para la TRM pueden incluir cualquier combinación de conferencias, ejemplos, debates, vídeos, folletos, listas de verificación y ejercicios en simulador. No se recomienda el uso de *role-playing*.

La extensión de la TRM

45. Después de comenzar con los controladores, los jefes de equipo y los supervisores, la instrucción para la TRM puede extenderse a otros grupos del personal de los ATS. La respuesta de los participantes se utilizará para mejorar los conceptos y la instrucción para la TRM. Extender la población a la que está destinada para incluir el intercambio de información entre el personal de ATS entrenado en TRM y las tripulaciones de vuelo entrenadas en CRM mejorará más aún la aplicación de la TEM.

Guía de introducción a la TRM núm. 10

A medida que evolucione la TRM, debería estudiarse una extensión de la población a la que está destinada y el refinamiento del concepto de TEM en el sistema de ATM del futuro.

Evaluación de los resultados de la instrucción para la TRM

46. Uno de los desarrollos más discutibles de la introducción de instrucción sobre CRM para las tripulaciones es el deseo de las empresas de evaluar la efectividad de los programas de instrucción. Con respecto a la instrucción sobre TRM para los controladores de tránsito aéreo existe un deseo análogo. Ese deseo surge en parte de necesidades científicas, pero también hay un componente económico que pretende justificar los gastos de la instrucción para la empresa u organización. La objeción se basa en muchos casos en el hecho de que la evaluación de los programas consiste en una evaluación subjetiva de la destreza en materia de CRM/TRM de los participantes.

47. Pero podría sostenerse que la evaluación de la destreza de los participantes en un entorno de aprendizaje brinda poca información sobre el valor del programa de instrucción en el medio de trabajo cotidiano. También podría ser mejor tener en cuenta el resultado final del empleo de una herramienta, más que prestar atención a la destreza con que se aplica la herramienta. Por lo tanto, dado que la CRM y la TRM han sido concebidas como herramientas para la gestión de amenazas y errores (TEM), el verdadero valor de la instrucción sólo puede determinarse en el entorno operacional.

48. Junto con el Proyecto de investigación en factores humanos de la Universidad de Texas, las líneas aéreas han elaborado una herramienta que provee datos fiables sobre las operaciones normales: la auditoría de la seguridad en las operaciones de ruta (LOSA). La LOSA les permite a los operadores evaluar su nivel de flexibilidad ante las amenazas sistémicas, los riesgos operacionales y los errores personales en primera línea, proporcionando así un enfoque de principios, basado en datos, para dar prioridad y aplicar medidas para mejorar la seguridad.

Nota.— Se suministra información sobre la LOSA en el manual Auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA) *de la OACI (Doc 9803).*

49. Es importante advertir que la LOSA no es una herramienta para uso de las líneas aéreas. La LOSA no puede aplicarse en un entorno de ATC ni en otros ámbitos operacionales de la aviación. Pero el concepto de supervisar las operaciones normales con el fin de obtener datos para lograr mejoras en la seguridad se considera válido y puede usarse en esos otros ámbitos, siempre que se desarrollen las herramientas apropiadas para hacerlo.

50. En 2004, la OACI creó un grupo de estudio para elaborar una herramienta destinada a usarse en el entorno del ATC, con el nombre de Encuesta sobre seguridad de las operaciones normales (NOSS).

Referencias

Guidelines for developing and implementing Team Resource Management. Eurocontrol (1996). HUM.ET1.ST10.1000-GUI-01. Bruselas, Bélgica. (Disponible en la Internet: www.eurocontrol.int/eatmp.)

Team Resource Management test and Evaluation. Eurocontrol (1999). HUM.ET1.ST10.2000-REP-01. Bruselas, Bélgica. (Disponible en la Internet: www.eurocontrol.int/eatmp.)

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 negativamente 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 y eso 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 accidentes[9]. 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 conexiones)

— 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 conllevaban errores de factores humanos de probable importancia técnica, sucedidos 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillos 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 corrigen 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 tornillos 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 tornillos 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 revisar las estructuras de descongelamiento del estabilizador horizontal de la aeronave, lo 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 ocurre 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 causales 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, cualquiera 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 descongelamiento. 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 operacionales, 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 causales 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 DE LAS AERONAVES

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 necesariamente 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillos 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 aerornave 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

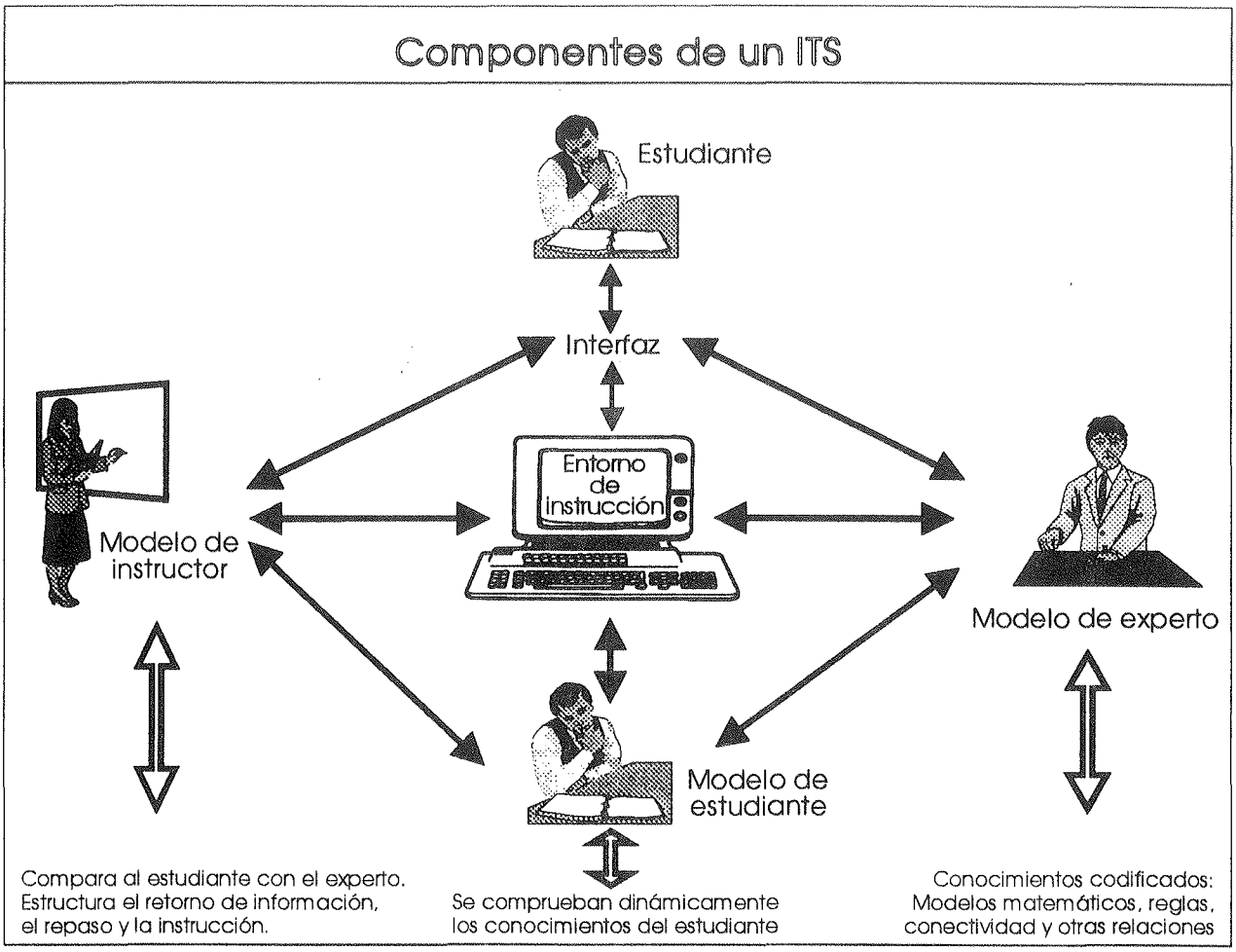


Figura 6-1

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.

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 lo 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

6.4.29 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 los 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; y eso 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 tornillo 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 tornillos 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 y eso 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 y eso 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 atinentes 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 grandemente 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 y eso 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.[31]

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 los 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 tornillos 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 tornillos 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 tornillo 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 tornillos de la aeronave? ¿Acaso convendría exigir una tarea de supervisión que se encargue de apretar de nuevo con llave dinamométrica todas las tuercas y tornillos 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 la 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 no 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 tornillos 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). AICC Matrix 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.

Barnett, M.L. (1987). *Factors in the Investigation of Human Error in Accident Causation*. College of Maritime Studies. Warsash, 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 Inspectors' 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.

Gallwey, T.J. (1982). "Selection Tests for Visual Inspection on a Multiple Fault-Type Task". *Ergonomics*, 25.11, págs. 1077-1092.

Glushko, R. "CD-ROM and Hypermedia 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. Dallas, 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.

Hollnagel, 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 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 Plants*. IEEE. Transactions on Systems, Man and Cybernetics.

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 Learned". 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.

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". *International 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. Berninger. "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 into 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/FAA/AM-92/3). Washington, D.C. Federal Aviation Administration.

United States Congress Office of Technology 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, D.D. (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 DE OPERACIONES

CAPÍTULO 1

PROGRAMAS BÁSICOS DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA EL PERSONAL DE OPERACIONES

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Aunque las fallas humanas son el principal factor que contribuye a los accidentes e incidentes aéreos, nunca ha quedado claro qué aspectos de las capacidades y limitaciones humanas deberían — o podrían — tenerse en cuenta en la instrucción. Por otra parte, desde hace algunos años ha quedado establecido que la educación y la instrucción en materia de factores humanos dentro del sistema aeronáutico podría mejorarse. La finalidad de este capítulo es presentar y examinar la concepción y el contenido de los cursos de instrucción sobre los factores humanos en la aviación. Está dirigido a quienes tienen la responsabilidad de preparar y poner en práctica cursos de instrucción sobre el desempeño humano para el personal de operaciones, y comprende lo siguiente:

a) un esbozo de los programas de estudio de la OACI para la instrucción sobre el desempeño humano, orientada a los pilotos, los controladores de tránsito aéreo y los técnicos en mantenimiento;

b) un breve comentario sobre diversos problemas relacionados con el comienzo de la instrucción sobre el desempeño humano en la aviación;

c) información para los Estados, los institutos de formación y los 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 gran parte de su contenido los cambios sucesivos en el Anexo 1 de la OACI — *Licencias al personal*, que se hicieron aplicables a partir de noviembre de 1989 (octava edición) y noviembre de 2001 (novena edición), y en el Anexo 6 — *Operación de aeronaves*, Parte I, que se hicieron aplicables a partir de noviembre de 1995 (sexta edición) y noviembre de 1998 (séptima edición). Dichos cambios están relacionados con los requisitos para la instrucción sobre el desempeño humano en lo que respecta al otorgamiento de licencias al personal de operaciones; 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 el asunto de un modo que trasciende la interpretación estrecha de las necesidades de instrucción dimanantes de las revisiones de los Anexos.

1.1.3 En la Parte 1, Capítulos 1 y 2 de este manual 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, está centrado principalmente en la instrucción del piloto y del controlador de tránsito aéreo, pero debería ser igualmente útil al considerarse las necesidades de otro personal de operaciones, incluidos los técnicos en mantenimiento y los despachadores de vuelo. En la Parte 2 del Capítulo 2 de este manual: *Instrucción sobre gestión de recursos de tripulación (CRM)*, figura información adicional relativa a la instrucción de destrezas aplicadas a algunos aspectos concretos de los factores humanos. Este capítulo está dirigido principalmente a responder a las necesidades en materia de conocimientos sobre el desempeño humano especificados en el Anexo 1 y en el Anexo 6, Parte I.

1.1.4 En este capítulo:

— se presenta el tema de los factores humanos en el contexto de los requisitos de instrucción del personal de operaciones, según el Anexo 1;

— se proporciona un ejemplo de programa sobre el desempeño humano que convendría que los Estados y establecimientos de instrucción consultaran al redactar sus propios cursos de instrucción. La instrucción que se analiza en este capítulo no encierra el propósito de sustituir la destinada a mejorar la pericia en materia de factores humanos en las operaciones, como por ejemplo la instrucción relativa a la gestión de recursos de tripulación (CRM) o a la gestión de los recursos en equipo (TRM). Los programas de estudios de la OACI complementan, más bien, dicha instrucción basada en la pericia y, dado que tratan en especial de conocimientos básicos, deberían, de preferencia, precederla;

— se proporcionan 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; y

— se ofrecen ejemplos de programas de estudio actualmente en uso o en preparación.

1.1.5 Como consecuencia de los cambios en el Anexo 1 y en el Anexo 6, la instrucción sobre el desempeño humano para el personal de operaciones es objeto de desarrollo continuo, y existen amplio consenso sobre el contenido de los cursos de instrucción apropiados y una constante evolución en la materia y los métodos de la instrucción.

1.1.6 Este capítulo está redactado para ofrecer la máxima asistencia posible a quienes tienen la responsabilidad de la instrucción sobre el desempeño humano, independientemente de sus funciones. Debido a que las necesidades de las administraciones, los explotadores, los establecimientos de instrucción y los instructores pueden variar ampliamente dentro de un Estado, o de un Estado a otro, el contenido de este capítulo debería interpretarse teniendo eso en cuenta.

1.2 LA INSTRUCCIÓN SOBRE FACTORES HUMANOS PARA EL PERSONAL DE OPERACIONES: INTRODUCCIÓN Y RESEÑA

Antecedentes y justificación

1.2.1 Además de la repercusión de las limitaciones en el desempeño humano sobre la seguridad de la aviación, una razón importante para preparar este capítulo fue la publicación de la octava edición del Anexo 1 — *Licencias al personal*, que pasó a ser aplicable en noviembre de 1989, y de la sexta edición del Anexo 6, Parte I — *Operación de aeronaves*, que fue aplicable a partir de noviembre de 1995. Desde 1989, todas las ediciones sucesivas del Anexo 1 contienen un requisito de conocimientos sobre factores humanos para cada categoría de titular de licencia o función, a saber:

"... actuación humana correspondiente al [licencia a otorgar o función a desempeñar]".

En la novena edición del Anexo 1 (julio de 2001) y en la octava edición del Anexo 6 (julio de 2001) se define la "actuación humana" como "Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficiencia de las operaciones aeronáuticas".

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 programa tradicional de estudios para la instrucción de pilotos. Es necesario, por lo tanto, elaborar un programa de instrucción apropiado e incorporar los nuevos conceptos educativos al programa de instrucción convencional.

1.2.2 Además, en los Anexos 1 y 6, Parte I, el requisito de demostrar la pericia para algunas licencias o funciones incluye ciertos elementos acerca del desempeño humano. En la Tabla 1-1 se presentan ejemplos de estas y otras disposiciones de los Anexos relativas al desempeño humano.

1.2.3 En la octava edición del Anexo 6 (julio de 2001) se definen los "principios relativos a factores humanos" como: "Principios que se aplican al diseño, certificación, instrucción, operaciones y mantenimiento aeronáuticos y cuyo objeto consiste en establecer una interfaz segura entre los componentes humano y de otro tipo del sistema mediante la debida consideración de la actuación humana".

1.2.4 Además de las disposiciones que figuran en el Anexo 1 y en el Anexo 6, Parte I, los expertos en seguridad 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.

1.2.5 La publicación de la octava edición del Anexo 1 y de la sexta edición del Anexo 6, Parte I, y la progresiva expansión de disposiciones relativas a los factores humanos en las ediciones subsiguientes han confirmado el creciente consenso internacional de que es necesaria la instrucción sobre factores humanos en la aviación. Este capítulo es una respuesta a la consiguiente necesidad 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. No resulta sorprendente que en los informes sobre accidentes y en otras publicaciones se hayan reconocido claramente las consecuencias de fallas en el desempeño humano. Los requisitos de otorgamiento de licencias internacionales, el diseño de los equipos, la instrucción y los procedimientos operacionales y la investigación de accidentes e incidentes son algunos de los elementos del sistema aeronáutico que han cambiado constantemente como resultado de esa experiencia.

1.3.2 Pero el cambio ha sido lento y fragmentario. Dentro de la comunidad aeronáutica había opiniones dispares en materia de factores humanos. Las limitaciones en el nivel de conocimientos sobre el carácter de las capacidades y limitaciones humanas en la aviación habían generado un enfoque relativamente incoherente e incompleto de la instrucción sobre factores humanos.

Tabla 1-1. Disposiciones de los Anexos 1 y 6 relativas al desempeño humano

Fuente	*Aplicable a*	*Texto*	*Referencia*
Anexo 1	Licencia ATPL (pericia)	Comprender y aplicar los procedimientos de coordinación de la tripulación y para el caso de incapacitación de alguno de sus miembros.	2.5.1.5.1.1 f)
Anexo 1	Licencia ATPL (pericia)	Comunicarse de manera eficaz con los demás miembros de la tripulación de vuelo.	2.5.1.5.1.1 g)
Anexo 1	Licencia de mecánico de a bordo (pericia)	Comunicarse de manera eficaz con los demás miembros de la tripulación de vuelo.	3.3.1.4 e)
Anexo 6	Operaciones de vuelo	En el diseño y utilización de las listas de verificación se observarán los principios relativos a factores humanos.	4.2.5
Anexo 6	Programas de instrucción para los miembros de la tripulación de vuelo	El programa de instrucción comprenderá también instrucción relativa a conocimiento y pericia sobre la actuación y limitación humanas y al transporte de mercancías peligrosas.	9.3.1
Anexo 6	Programas de instrucción para la tripulación de cabina	Estos programas de instrucción garantizarán que cada persona: ... tiene buenos conocimientos sobre la actuación humana por lo que se refiere a las funciones de seguridad en la cabina de la aeronave, incluyendo la coordinación entre la tripulación de vuelo y el personal auxiliar de a bordo.	12.4 f)
Anexo 6	Manual de operaciones	Información sobre el programa de instrucción del explotador para el desarrollo de conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana.	Apéndice 2, punto 15

1.3.3 Con respecto a la formación del personal de operaciones existían, análogamente, diversas estrategias en respuesta a los problemas relativos a los factores humanos. Esas estrategias iban desde cursos específicos sobre factores humanos destinados exclusivamente a conocimientos objetivos hasta una instrucción centrada exclusivamente en el desarrollo de destrezas concretas, como, por ejemplo, las comunicaciones, la coordinación de la tripulación, la gestión de recursos y la toma de decisiones.

1.3.4 Dichas soluciones tenían un carácter limitado, por aplicarse sólo de manera parcial, así como por una falta de coordinación, tanto nacional como internacional. Ciertas innovaciones dentro de los Estados contratantes han dado lugar a la publicación de requisitos normativos y textos de orientación nacionales sobre instrucción en gestión de recursos de la tripulación. Ésta es sólo una de las numerosas iniciativas nacionales en materia de seguridad que han encarado 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, concebidas fundamentalmente como un resumen de la Parte 1 de este manual, que idealmente convendría leer antes de preparar cualquier curso de instrucción.

Los factores humanos: reseña general

1.4.2 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 los equipos, los procedimientos y el entorno. Igualmente importante, tratan de sus relaciones con otras personas. Dichos factores abarcan el comportamiento general de los seres humanos dentro del sistema aeronáutico; 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 ingeniería de sistemas. Puede considerarse que sus dos objetivos gemelos son la seguridad y la eficiencia. Los factores humanos constituyen esencialmente un campo multidisciplinario, que incluye psicología, ingeniería, fisiología, sociología y antropometría, aunque sin limitarse a esas materias (véase la Tabla 1-2).

1.4.3 Actualmente, los factores humanos se ocupan de diversos elementos del sistema aeronáutico. Entre ellos, del comportamiento y el desempeño humanos; de la toma de decisiones y otros procesos cognoscitivos; del diseño de los mandos y las presentaciones visuales; de la disposición general del puesto de pilotaje y de la cabina; de los aspectos relativos a

las comunicaciones y al soporte lógico de las computadoras; de los mapas, cartas y documentación; así como también del perfeccionamiento de la instrucción. Cada uno de estos aspectos exige una actuación humana competente y eficaz.

1.4.4 Dado el hincapié que se hace actualmente en las ciencias sociales dentro de los factores humanos, debería recordarse que la fisiología es una de las muchas otras fuentes importantes de conocimiento en materia de factores humanos. Así, por ejemplo, la antropometría y la biomecánica, que se ocupan de las medidas y los movimientos del cuerpo humano, son pertinentes para el diseño del puesto de trabajo y de los equipos del mismo; análogamente, la biología y su subdisciplina, la cronobiología, son necesarias para llegar a una comprensión de los ritmos corporales que influyen en el rendimiento humano.

1.4.5 No obstante la abundancia de fuentes académicas de información sobre las diversas disciplinas relativas a los factores humanos, en la aviación éstos se orientan principalmente hacia la solución de problemas prácticos en el mundo real. Como concepto, su relación con las ciencias humanas bien podría asemejarse a la que existe entre la ingeniería y las ciencias físicas. Y 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 problemas tan variados como la investigación de accidentes y la formación óptima de los pilotos.

Accidentes e incidentes

1.4.6 El error humano es, muy por encima de cualquier otro, el factor predominante en los accidentes e incidentes en sistemas tecnológicamente complejos, como lo es el transporte aéreo. Una importante base de datos sobre accidentes de aviones de transporte de reacción en todo el mundo indica que el 65% de todos ellos se ha atribuido a errores de la tripulación de vuelo. También se indica allí 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, en el 80% de los casos se citan errores de la tripulación de vuelo como el factor causante. Otras fuentes de error humano, que incluyen los sectores del mantenimiento, el despacho y, significativamente, el control de tránsito aéreo, se encuentran en otra proporción importante de accidentes. Hacia fines del siglo XX, el estudio del error humano se amplió hasta incluir la influencia del desempeño del personal superior de administración en la seguridad de la aviación.

1.4.7 Debe tenerse en cuenta que los accidentes de aviones de transporte comercial de reacción representan una mínima parte del total; cada año sólo en la aviación general se producen numerosas muertes. Algunos estudios han demostrado que el desempeño humano puede citarse como factor contribuyente en casi el 90% de dichos accidentes, por lo que queda en evidencia que la actuación humana es la cuestión crítica y constante que afrontan los responsables del diseño, las operaciones y la supervisión de nuestro sistema aeronáutico. Por lo tanto, es indispensable encontrar soluciones a estos problemas de factores humanos de larga data.

1.4.8 Es sumamente importante que quienes se dedican al funcionamiento y la administración del sistema aeronáutico reconozcan que, por grandes que sean la determinación y los esfuerzos para evitarlo, el error humano incidirá sobre el sistema. Nadie, ya sea proyectista, ingeniero, administrador, controlador o piloto, puede desempeñarse perfectamente en todo momento. Además, lo que podría considerarse una actuación perfecta en ciertas circunstancias bien podría ser inaceptable en otras. Es necesario, pues, ver a las personas 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 a su vez suministrando los medios para lograr un mejor diseño, formación, educación, experiencia, motivación, etc., con el objetivo de influir positivamente sobre los aspectos pertinentes del desempeño humano.

1.4.9 El manual de instrucción de la OACI sobre factores humanos ha sido concebido como fuente tanto de información como de medidas prácticas que han de utilizarse en los esfuerzos por mejorar la educación, la formación y las medidas correctivas en materia de factores humanos. El breve resumen anterior establece el contexto para un examen detallado de los factores humanos.

1.5 EL MODELO SHEL

1.5.1 Ningún análisis de sus constituyentes puede captar la esencia de los diversos procesos e interacciones que caracterizan un sistema operacional. Uno de los objetivos de la Parte 1 de este manual es identificar los múltiples y diversos temas relativos a los factores humanos, de modo de describir sus diferentes repercusiones operacionales. Era también necesario encontrar un modo de describir los diversos procesos de control, intercambio de información, etc., que se producen en la práctica. Para lograr estos objetivos, la OACI introdujo el modelo "SHEL" (véase la Figura 1-1).

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 comprende el tema. Los elementos de los factores humanos pueden dividirse en cuatro categorías conceptuales básicas:

Soporte lógico: documentación, procedimientos, símbolos, etc.

Soporte físico: maquinaria, equipo, etc.

Entorno: tanto interno como externo del lugar de trabajo

Seres vivientes: el elemento humano

Tabla 1-2. Disciplinas que intervienen frecuentemente en las actividades relativas a factores humanos*

Disciplina	*Definición*	*Esfera específica de interés*	*Campo típico de aplicación*
Psicología	La ciencia de la mente y el comportamiento.	Características sensorias, normas perceptivas, principios de aprendizaje, tratamiento de la información, motivación, emoción, métodos de investigación, aptitudes psicomotrices, errores humanos.	Requisitos y proyecto de presentaciones visuales, proyecto de sistemas de control, asignación de funciones, requisitos y métodos para sistemas de instrucción, métodos de selección, 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 su utilización por el ser humano.	Concepción de aspectos hidráulicos, mecánicos, estructurales y aerodinámicos, análisis de sistemas, simulación, óptica.	Diseño de presentaciones visuales, mandos, sistemas de control, sistemas complejos, sistemas ópticos, simuladores.
Fisiología humana	Trata de los procedimientos, actividades y fenómenos característicos de la materia viviente, especialmente de los apropiados para las funciones normales o en estado de salud.	Estructura y química de las células y de los órganos, interacción de los diversos componentes del cuerpo para promover la salud y el funcionamiento, 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 enfermedades y 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 contra impactos, mantenimiento de la salud.
Sociología	El estudio del desarrollo, la estructura y el 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, kinesiología.	Equipo terrestre de apoyo, tamaño de la puerta de acceso para mantenimiento, disposición general del puesto de trabajo (alcance, régimen de ajuste de asientos, etc.)

* *Entre otras disciplinas que cuentan con representantes activamente dedicados a actividades relativas a factores humanos figuran la educación, la física, la bioquímica, las matemáticas, la biología, el diseño industrial y la investigación operativa.*

Las interacciones entre los seres humanos y los demás elementos del modelo SHEL constituyen la esencia de los factores humanos, comprendidas las interfaces entre:

— seres humanos y máquinas — "Elemento humano-soporte físico"

— seres humanos y materiales — "Elemento humano-soporte lógico"

— seres humanos y sus colegas — "Elemento humano-elemento humano"

— seres humanos y ambiente operacional — "Elemento humano-entorno".

El modelo SHEL proporciona la estructura en función de la cual se preparó y redactó el programa de estudios que figura 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.



S = Soporte lógico (procedimientos, símbolos, etc.)
H = Equipo (máquina)
E = Entorno
L = Elemento humano

El que los bloques (interfaces) de este modelo encajen o no, reviste tanta importancia como las características de los propios bloques. El hecho de que no encajen puede dar lugar a errores humanos

Figura 1-1. El Modelo SHEL

1.6 LAS CONSECUENCIAS DE LAS DISPOSICIONES DE LOS ANEXOS 1 Y 6, PARTE I

1.6.1 Los requisitos de la OACI en materia de factores humanos para el otorgamiento de licencias y la instrucción suelen presentar algunos problemas para los establecimientos de instrucción, las líneas aéreas, los proveedores de ATS y las autoridades otorgadoras de licencias. En el caso de la instrucción técnica del personal operacional, por ejemplo, existe desde hace tiempo un amplio consenso internacional en cuanto a los requisitos, métodos, objetivos y contenido de los cursos. Ya se consiguen fácilmente textos de orientación, los programas son fáciles de desarrollar y existen métodos de enseñanza bien establecidos. No obstante, es más reciente un consenso similar en cuanto al enfoque apropiado para la instrucción relativa a los factores humanos en la aviación.

1.6.2 Existen diferentes perspectivas a este respecto. Un problema fundamental para muchos Estados es la diferencia en las prácticas 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 que se concede a la instrucción en materia de conocimientos teóricos y prácticos. 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 fomentar normas y métodos recomendados comunes e internacionales, sigue habiendo algunas diferencias internacionales en el cumplimiento práctico de diversos requisitos de la OACI. Por ejemplo, en algunos países se pone el énfasis principalmente en la instrucción y en el otorgamiento de licencias de piloto titular de una licencia individual, mientras que en otros el mantenimiento de las normas se encara principalmente por intermedio del explotador de líneas aéreas. En los primeros se tiende a prestar mucha atención individualmente a la instrucción y verificación de los pilotos, mientras que en los últimos son los métodos y procedimientos de operación de la industria lo que recibe mayor atención.

1.6.4 Con 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 medidas correctivas, mientras que otros prefieren concentrarse en determinados aspectos problemáticos. 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 no corresponde aplicar ninguna medida a escala individual del personal de operaciones. Otros creen que es la administración de la línea, dentro de la industria aeronáutica, el medio apropiado para concentrar la aplicación de los cambios. Por lo tanto, los explotadores de líneas aéreas difieren considerablemente en cuanto al 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, incluso de especialistas, administradores y legisladores debidamente formados (véase también 1.12.5 con respecto a la competencia y selección de los instructores). Además, algunas autoridades nacionales son muy activas en la elaboración de normas, pero otras no.

1.6.6 A pesar de estas posibles fuentes de dificultades, dada la necesidad de responder a las disposiciones de la OACI para prestar atención a los requisitos sobre conocimientos y pericia del personal de operaciones en materia de desempeño humano, la industria debe avanzar más. Aunque, sin lugar a dudas, habrá que adoptar decisiones importantes y difíciles, la elaboración de cursos de instrucción apropiados se ha convertido en una necesidad aceptada en la industria.

1.7 EL PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO: PROPUESTA DE LA OACI

Generalidades

En esta sección se indican los aspectos concretos de conocimientos que deberían incluirse al elaborar los programas de instrucción sobre el desempeño humano. En el Anexo 1 se dispone que el titular de la licencia tendrá que demostrar conocimientos sobre el desempeño humano acordes con el tipo y nivel de licencia (PPL, CPL, ATPL, controlador de tránsito aéreo, mecánico de mantenimiento, etc.). A fin de cumplir con este requisito, deberían formularse programas específicos para cada tipo y nivel de licencia. A los efectos de este documento, no obstante, y para no dar a esta propuesta un carácter demasiado obligatorio, se propone un programa único de carácter básico para pilotos, al que habrá que introducir las diferencias apropiadas para su aplicación a diferentes niveles de licencias. También se propone un programa para controladores de tránsito aéreo.

1.8 PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA PILOTOS

Requisitos de conocimientos

1.8.1 El esbozo de programa de estudios que se proporciona a continuación responde a las necesidades de instrucción para los titulares de la licencia 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).

1.8.2 Una encuesta general dentro de la industria indica que el tiempo requerido para presentar correctamente una instrucción sobre el desempeño humano análoga a la del programa propuesto es de aproximadamente 35 horas. Se estima que la cantidad mínima debería ser 20 horas. Para sugerir la importancia relativa de cada tema, se indican a continuación los porcentajes del tiempo total que deberían asignarse a cada materia:

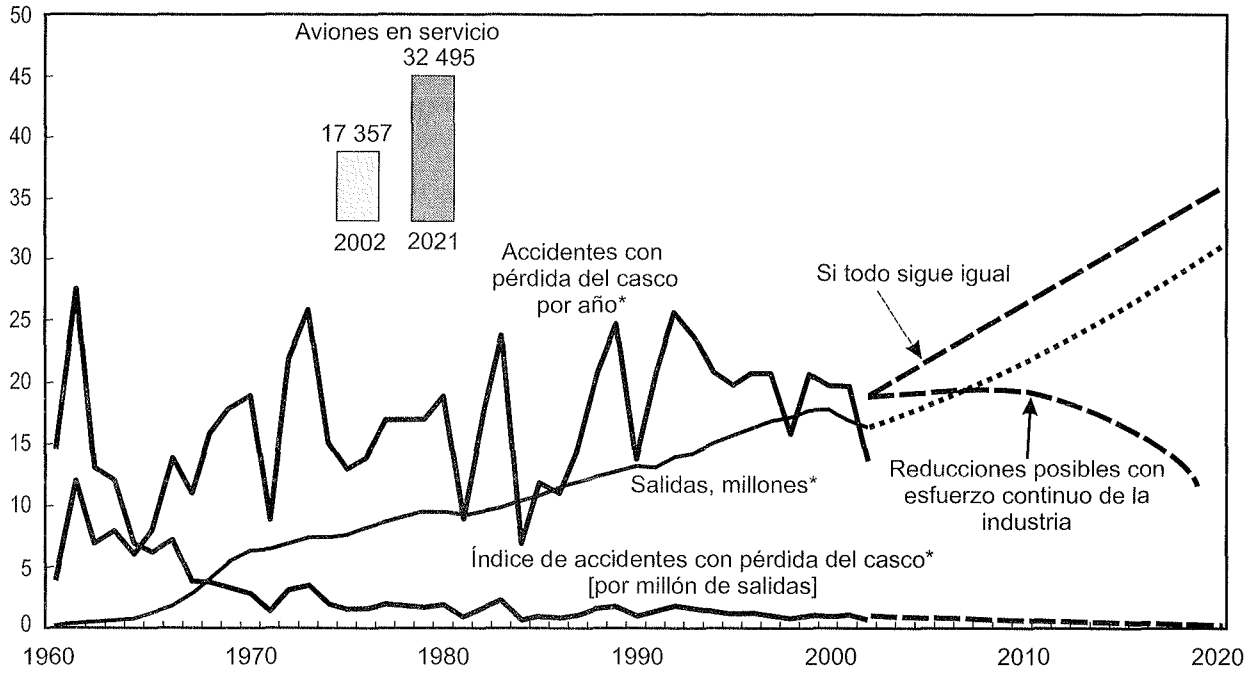
Módulo	*Título*	*Tiempo*
1	Introducción a los factores humanos en la aviación	5% (1,75 hrs)
2	El elemento humano (fisiología en el medio aeronáutico)	10% (3,5 hrs)
3	El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)	10% (3,5 hrs)
4	Elemento humano-soporte físico: la relación piloto-equipo	15% (4,75 hrs)
5	Elemento humano-soporte lógico: la relación piloto-soporte lógico	10% (3,5 hrs)
6	Elemento humano-elemento humano: las relaciones interpersonales	20% (7,0 hrs)
7	Elemento humano-entorno: el entorno de la organización	30% (10,5 hrs)
		Total: 35,00 hrs

1.8.3 Sea cual fuere el número total de horas asignadas a determinado programa, con estos porcentajes debería lograrse una introducción equilibrada a la instrucción sobre el desempeño humano. Dada esta orientación general, todo especialista en factores humanos dentro de la aviación que participe en la preparación de los cursos debería estar en condiciones de brindar asesoramiento sobre el contenido apropiado del curso. Por lo tanto, el esbozo que sigue no pretende ser exhaustivo, sino servir de guía para los especialistas en la preparación de un curso satisfactorio.

Módulo 1: Introducción a los factores humanos en la aviación

En este módulo deben explicarse los fundamentos de la instrucción sobre factores humanos. Un buen punto de partida es el gráfico de Boeing (Figura 1-2), que muestra el índice de accidentes de aeronaves de reacción de transporte comercial por millón de salidas, desde 1959 a 2002, en el cual se han proyectado también los índices de accidentes sobre las cifras de crecimiento previstas para la aviación hasta 2021, como se muestra a continuación.

La introducción ha de prepararse cuidadosamente con el 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. Para la eficacia de la



*Datos de accidentes y salidas hasta el 31 de diciembre de 2002

Fuente: Boeing

Figura 1-2. Índice de accidentes de aeronaves de reacción comerciales por millón de salidas

instrucción, por lo tanto, es indispensable una orientación práctica. 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 las necesidades operacionales especiales de los mismos y convendría tener en cuenta aspectos concretos de su experiencia local en materia de accidentes o incidentes.

El modelo SHEL podría introducirse de manera útil en este 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 el Capítulo 2) para el análisis del desglose de sistemas sociotecnológicos complejos.

Módulo 2: El elemento humano (fisiología en el medio aeronáutico)

Respiración; reconocimiento y manera de resolver problemas de:
- hipoxia
- hiperventilación

Efectos de la presión; efectos en los oídos, los senos frontales y las cavidades cerradas debido a:
- gases atrapados o que se formen
- descompresión
- natación subacuática

Limitaciones de los sentidos
- visuales
- auditivas
- vestibulares
- propioceptivas
- táctiles

Efectos de la aceleración: valores "G" positivos y negativos
- condiciones agravantes

Desorientación
- ilusiones ópticas
- ilusiones vestibulares
- mecanismos para remediar la situación

Fatiga/atención
- fatiga aguda
- fatiga crónica
- efectos sobre la habilidad y el desempeño

Alteraciones del sueño y falta de horas de sueño

Interrupción del ritmo circadiano/trastornos del biorritmo

Salud personal

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
- el envejecimiento

Aptitud psicológica/manejo del estrés

Embarazo

Módulo 3: El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)

El error y la fiabilidad humanos

El volumen de trabajo (atención y tratamiento de la información)
- perceptual
- cognoscitivo

El tratamiento de la información
- la mentalidad y los hábitos
- atención y vigilancia
- limitaciones de la percepción
- la 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

Pericia/experiencia/actualización *versus* competencia.

Módulo 4: Elemento humano-soporte físico: la relación piloto-equipo

Mandos y presentaciones visuales
- 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 y mantenimiento apropiados
- 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: Elemento humano-soporte lógico: la relación piloto-soporte lógico

Procedimientos operacionales normalizados
- fundamentación
- ventajas
- derivaciones 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 las listas de verificación y los manuales
- las cuatro P

Aspectos operacionales de la automatización
- el exceso de trabajo/la subocupación y la fase del vuelo; complacencia y aburrimiento
- permanencia en el circuito/conciencia de la situación
- equipo automatizado en vuelo; empleo apropiado, asignación eficaz de tareas, mantenimiento de la pericia básica de vuelo.

Módulo 6: Elemento humano-elemento humano: las relaciones interpersonales

Nota.— El elemento humano-elemento humano trata de los contactos interpersonales que tienen lugar en el momento presente (aquí y ahora), a diferencia de los contactos interpersonales que pueden existir entre las personas fuera del contexto operacional inmediato (esto último 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 administración 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 información adicional sobre este tema en el Capítulo 2).

Módulo 7: Elemento humano-entorno: el entorno de la organización

- Visión sistémica de la seguridad
- El sistema aeronáutico: componentes
- Modelos generales de seguridad de la organización
- Las 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 recaer en los conocimientos y la comprensión de los factores humanos básicos, los instructores deben también tener presente la necesidad de desarrollar un comportamiento operacional y habilidades apropiados. En otras palabras, para que sus conocimientos teóricos sean útiles, los pilotos deben desarrollar la pericia y las actitudes necesarias para obtener un rendimiento máximo de su desempeño operacional. Por ejemplo, un piloto con conocimientos apropiados de fisiología debería poder determinar una condición de incapacidad y las consecuencias posiblemente peligrosas e indeseables y optar por no volar, ejerciendo de este modo lo que puede considerarse una cualidad de sensatez. Obviamente, las actividades de instrucción dirigidas al desarrollo de actitudes y destrezas apropiadas deben recibir siempre la máxima prioridad posible.

1.9.2 Se presenta a continuación una lista de áreas de pericia en materia de factores humanos, determinada aplicando el modelo SHEL (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 áreas de pericia que pueden desarrollarse en la instrucción son:

Elemento humano-elemento humano (L-L)
- Habilidad para comunicarse
- Habilidad para escuchar con atención
- Habilidad para observar
- Habilidad en la gestión operacional; liderazgo y capacidad de seguir a un líder
- Resolución de problemas
- Toma de decisiones

Elemento humano-soporte físico (L-H)
- Exploración
- Detección
- Toma de decisiones
- Ajuste al puesto de pilotaje
- Interpretación de instrumentos/conciencia de la situación
- Destreza manual
- Selección de procedimientos de alternativa
- Reacciones ante desperfectos/fallas/defectos
- Advertencias sobre emergencias
- Volumen de trabajo: carga física, asignación de tareas
- Vigilancia

Elemento humano-entorno (L-E)
- Adaptación
- Observación
- Conciencia de la situación
- Gestión de situaciones de estrés
- Gestión de 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
- Automotivación
- Asignación de tareas

La propuesta de programa de materias de la OACI que se ha detallado anteriormente incluye una interfaz no considerada

como tal en el modelo SHEL: el elemento humano. Las habilidades en materia de factores humanos contenidas en este rubro comprenden las relativas al estado psicológico y al bienestar del personal de operaciones (no debería confundirse esto con la interfaz "elemento humano-elemento humano", que se refiere a los contactos interpersonales):

El elemento humano
- Reconocimiento/aguante: desorientación (sistemas motores), estrés
- Fatiga
- Efectos de la presión
- Autodisciplina/control
- Percepción
- Actitudes y aplicación de los conocimientos y de la sensatez

1.9.3 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 en este capítulo el énfasis se ha puesto necesaria y principalmente en las necesidades de conocimiento, es importante reiterar que, en lo posible, deberían incorporarse consideraciones de orden práctico 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 orientada a la adquisición de la pericia en factores humanos es la actividad que se espera que produzca los mayores beneficios en el futuro.

Lecturas recomendadas: *Auditorías de seguridad en las operaciones de las líneas aéreas (LOSA)* (Doc 9803 de la OACI). *Manual de directrices sobre factores humanos para las auditorías de seguridad* (Doc 9806 de la OACI).

1.10 PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA CONTROLADORES DE TRÁNSITO AÉREO

Generalidades

1.10.1 En esta propuesta se identifican áreas de conocimiento específicas que deberían incluirse al elaborar programas de instrucción sobre el desempeño humano para controladores de tránsito aéreo. En el Anexo 1 se estipula que el titular de la licencia demostrará tener conocimientos sobre actuación humana correspondientes al control de tránsito aéreo. No se hace diferencia en cuanto al nivel de conocimiento exigido para cualquiera de las habilitaciones ATC, aunque podría sostenerse que en el programa para controladores de área por procedimientos probablemente no tendrían que figurar todos los elementos del programa para controladores de radar de aproximación y viceversa.

1.10.2 Al igual que para cada nivel de licencias de piloto, deberían concebirse programas específicos para cada habilitación ATC. Pero a los efectos de la presente sección, y a fin de no dar a esta propuesta un carácter demasiado obligatorio, se presenta un único programa de carácter básico, al que habrá que introducir las diferencias apropiadas para su aplicación a diferentes niveles de licencias y habilitaciones.

Requisitos de conocimientos

1.10.3 Una encuesta general realizada dentro de la industria indica que el tiempo requerido para presentar adecuadamente una instrucción sobre el desempeño humano análoga a la del programa propuesto es de aproximadamente 35 horas. Como mínimo, se estima la cantidad de 20 horas. Para ofrecer una apreciación de la importancia relativa de cada tema, se indican seguidamente los porcentajes del tiempo total que deberían 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% (3,5 hrs)
3	El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)	10% (3,5 hrs)
4	Elemento humano-soporte físico: la relación piloto-equipo	15% (4,75 hrs)
5	Elemento humano-soporte lógico: la relación piloto-soporte lógico	10% (3,5 hrs)
6	Elemento humano-elemento humano: las relaciones interpersonales	20% (7,0 hrs)
7	Elemento humano-entorno: el entorno de la organización	30% (10,5 hrs)
		Total: 35,00 hrs

1.10.4 Sea cual fuere 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 sobre factores humanos en la aviación que participe en la preparación de los cursos debería poder asesorar sobre el contenido apropiado del curso. Por lo tanto, el siguiente esbozo no pretende ser exhaustivo, sino servir de guía para los especialistas durante la preparación de un curso satisfactorio.

1.10.5 Es importante comprender que este esbozo está concebido para una instrucción inicial. Para la instrucción del personal ATC ya calificado, habrá que elaborar un programa diferente, que debería tener en cuenta el nivel existente de experiencia operacional del grupo al que esté destinado. Ambos tipos de programas deberían contener elementos de la instrucción sobre gestión de recursos en equipo (TRM) y de la instrucción sobre gestión de amenazas y errores (TEM).

Nota.— La TRM y la TEM se exponen en el Capítulo 5 de la Parte 1 de este manual.

Módulo 1: Introducción a los factores humanos en la aviación

En este módulo debería explicarse la fundamentación relativa a la instrucción sobre el desempeño humano. Un buen punto de partida es el gráfico de Boeing (Figura 1-2), que muestra el índice de accidentes de aeronaves de reacción comerciales por millones de salidas, desde 1959 a 2002, en el cual se han proyectado también los índices más recientes de accidentes sobre las cifras del crecimiento previsto para la aviación hasta 2021, incluidas en 1.8.3.

Como paso siguiente, podría presentarse provechosamente en este módulo el modelo SHEL, 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 desglose de 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 para la eficacia de la instrucción que la misma tenga una orientación práctica. La pertinencia del programa debe quedar en total evidencia para los 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.

Módulo 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 (véase 1.8.3)
- Hipoxia
- Efectos de la presión
- Limitaciones de los sentidos
- Efectos de la aceleración (valores "G" positivos y negativos). *(Nota: Esto podría ser especialmente pertinente para los controladores de tránsito aéreo que se ocupen del tráfico militar.)*
- Desorientación
- Fatiga/atención
- Alteraciones del sueño y falta de horas de sueño
- Interrupción del ritmo circadiano/trastornos del biorritmo

Parte 2: controladores de tránsito aéreo
Fatiga/atención:
- Alteraciones del sueño y falta de horas de sueño
- Interrupción del ritmo circadiano
- Parálisis relacionada con los turnos nocturnos
- Atención de gran afluencia de tránsito al final de un turno prolongado/ocupación en las pausas de descanso
- Aspectos sociales del trabajo por turnos

Módulo 3: El elemento humano (psicología en el medio aeronáutico)

Los errores y la fiabilidad humanos:
Volumen de trabajo (atención y tratamiento de la información)
- perceptual
- cognoscitivo

Lecturas recomendadas: Parte 1, Capítulo 4, y Reason, J. *Managing the risks of organizational accidents.* (ISBN 1-84014-105-0).

Tratamiento de la información:
- la mentalidad y los hábitos
- atención y vigilancia
- limitaciones de la percepción
- la memoria

Factores relativos a las actitudes:
- personalidad
- motivación
- satisfacción en el empleo
- aburrimiento y complacencia
- cultura
- el individuo y el equipo

Lecturas recomendadas: Kinney, G.C. *Effects of mental attitudes on the job performance of controllers and supervisors.* FAA Aeronautical Decision Making project; pre-1991, Parte 1, Capítulo 4, y Profesor 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/actualización *versus* competencia:
- pérdida posible de la habilitación después de no haber trabajado operacionalmente por determinado tiempo

Salud personal

Efectos de:
- la dieta/la 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 (CISM)

Nota.— En Canadá y también en Eurocontrol se ha trabajado mucho en la concepción de un programa CISM para el ATC (véase EATCHIP Human Factors Module "Critical Incident Stress Managenement"— HUM.ET1.ST13.3000-REP-01).

Embarazo

El retiro del ATC operacional

Módulo 4: Elemento humano-soporte físico: la relación controlador-equipo

Dispositivos de presentación visual:
- fichas de progreso de vuelo
- 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 [terrestre]):
- indicaciones falsas (advertencias molestas)
- distracciones y reacciones

Comodidad personal:
- temperatura, iluminación, humedad, etc.
- ajuste de la posición del asiento
- ruido
- utilización de auriculares en vez de altoparlante

Diseño de la consola:
- altura/ángulo (diseño ergonómico)
- color de la pintura
- posición de las referencias visuales

Lectura recomendada: Parte 1, Capítulo 4.

Módulo 5: Elemento humano-soporte lógico: la relación controlador-soporte lógico

Procedimientos operacionales normalizados:
- fundamentación
- ventajas
- derivación 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 manuales y listas de verificación

Aspectos operacionales de la automatización:
- exceso de trabajo/subocupación; complacencia y aburrimiento
- permanencia en el circuito/ conocimiento de la situación
- equipo ATC automatizado; empleo apropiado; mantenimiento de la pericia "manual"; consecuencias para la dotación de personal.

Módulo 6: Elemento humano-elemento humano: las relaciones interpersonales

Nota.— La relación elemento humano-elemento humano se refiere a los contactos interpersonales que tienen lugar en el momento presente, por oposición a los contactos interpersonales que pueden existir entre las personas fuera de la situación operacional inmediata (esto último se considera en el módulo 7).

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 administración
- el entrenador/el alumno — formación en el empleo (OJT)

El 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 R/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 lo previsto por el ATC en determinadas situaciones. Podría ser un ejemplo un estudio de caso sobre el accidente del vuelo Avianca 052 en Nueva York en 1990. (Prof. Robert Helmreich, "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 Organisations* (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
— el efecto de línea compartida

Resolución de problemas y toma de decisiones en equipo:

— principios de la gestión de recursos en equipo (TRM)
— principios de la gestión de amenazas y errores (TEM)
— aplicación de las técnicas TEM y TRM al ATC.

Nota.— La TRM y la TEM se exponen en el Capítulo 5 de la Parte 1 de este manual.

Módulo 7: Elemento humano-entorno: el entorno de la organización

— Visión sistémica de la seguridad
— El sistema aeronáutico: componentes
— Modelos generales de seguridad de la organización
— Las estructuras orgánicas y la seguridad
— Gestión de la seguridad en la ATM
— Cultura y seguridad
— Los procedimientos y la seguridad
— Organizaciones seguras y organizaciones que no lo son.

Lecturas recomendadas: Directrices sobre factores humanos para los sistemas de gestión del tránsito aéreo (Doc 9758 de la OACI), *Manual de orientación sobre factores humanos para las auditorías de seguridad operacional* (Doc 9806 de la OACI), *Manual de gestión de la seguridad* (Doc de la OACI en preparación).

1.11 INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

Textos de orientación recomendados:

Manual de directrices sobre factores humanos en el mantenimiento de aeronaves (Doc 9824 de la OACI).
Manual de orientación sobre factores humanos para las auditorías de seguridad operacional (Doc 9806 de la OACI).

1.12 CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA INSTRUCCIÓN QUE SE IMPARTIRÁ Y A LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Resumen

1.12.1 Con el fin de ayudar a tomar decisiones en el proceso de concepción de los cursos y a planificar la instrucción que se impartirá, 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 las del instructor individual hasta las de los principales establecimientos de instrucción. En el análisis se evita, por lo tanto, presentar un punto de vista demasiado limitado en cuanto al modo en que podrían impartirse los cursos de instrucción en la práctica.

Determinación de los destinatarios de la instrucción

1.12.2 El programa de materias, los objetivos de la instrucción y el esfuerzo de la misma habrán de variar según las diferentes categorías del personal aeronáutico. Obviamente, no todo el personal requiere el mismo tipo de conocimientos o de pericia.

1.12.3 En el personal de operaciones, o sea el foco principal de la iniciativa de la OACI, será importante diferenciar entre las necesidades concretas de las diferentes categorías que figuran en el Anexo 1 (piloto privado, comercial, ATPL, controlador, mecánico de mantenimiento). Por ejemplo, al preparar los cursos de instrucción para pilotos, las categorías a considerarse incluyen los principiantes, los de aviación general, los comerciales, los de transportistas aéreos, los 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 aeronaves, los controladores de tránsito aéreo y los especialistas en operaciones de vuelo.

1.12.4 Aun cuando pueda ser necesario sólo un conocimiento limitado de los factores humanos para la administración superior, se considera en general que es indispensable que posea información apropiada de referencia. Los supervisores y otro personal necesitarán conocimientos especializados acordes con sus funciones particulares. Así, por ejemplo, habrá conocimientos y requisitos de competencia claramente diferentes para la administración superior, los especialistas en prevención de accidentes/seguridad aérea, los investigadores de accidentes, la gerencia/personal de supervisión de operaciones de vuelo y los instructores de vuelo supervisores.

La selección de los instructores

1.12.5 La selección y formación de quienes administrarán los programas de instrucción sobre desempeño humano ha sido

un tema de preocupación en algunos Estados, tal vez debido a la idea comprensible de que únicamente quien ha recibido una 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 de la actuación humana.

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 cursos teóricos, los ATCO, los técnicos de mantenimiento o los instructores despachadores. Si los instructores de vuelo y los 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 la 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 entorno operacional.

1.13 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 convenientes de instrucción.

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 en la práctica una decisión muy importante, por lo cual la claridad es fundamental;

b) la integración de la instrucción basada en los conocimientos en la información previa y posterior al vuelo y en ejercicios prácticos realizados durante la instrucción operacional; y

c) el papel de las actividades de instrucción que fomentan el aprendizaje basado en la experiencia (p. ej., la simulación de papeles [role-playing], la instrucción de vuelo orientada a la línea aérea, la instrucción en simulador para equipos de ATC, 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 la instrucción, así como las actividades de formación de instructores, es útil, a menudo, dividir la tarea del aprendizaje en sus categorías apropiadas, por ejemplo, "memorizar", "entender", "ejecutar" y "aspectos relativos a la actitud", y determinar la competencia después de la formación o el dominio de la materia que se espera obtener del alumno dentro de cada categoría. Estas cuatro categorías o sectores de competencia pueden caracterizarse como sigue:

— basadas en los conocimientos (memorizar)

— basadas en la comprensión (entender)

— basadas en la pericia/técnica (ejecutar)

— basadas en la actitud.

1.13.5 El conocimiento abarca el conocimiento objetivo y puede incluir la memorización de la información apropiada para los procedimientos. En la instrucción del personal de operaciones, tanto teórica como sobre los procedimientos, se utilizan actualmente técnicas de enseñanza y evaluación apropiadas.

1.13.6 La comprensión de los principios generales y las teorías pertinentes suele ser fundamental para lograr la competencia. A veces esta categoría se superpone con las otras.

1.13.7 Se espera que el personal de operaciones adquiera y demuestre ciertas habilidades y técnicas de orden práctico. La pericia en cualquier campo debe ejercerse de manera apropiada, en el contexto que corresponda y en el momento oportuno. En la aviación, la habilidad psicomotriz y en materia de procedimientos han recibido tradicionalmente la mayor parte de la atención; en el caso de la instrucción sobre factores humanos se requieren algunas otras habilidades, como el desarrollo de competencia apropiada para las comunicaciones y para el trabajo en equipo.

1.13.8 Las actitudes desempeñan un papel importante en la determinación de la actuación en general. Bajo este rubro pueden considerarse los aspectos filosóficos relativos a las prácticas operacionales, los atributos profesionales deseables y las disposiciones que conduzcan a un ejercicio profesional. El proceso de inducción y socialización en la empresa/profesional

puede también considerarse bajo este título para los explotadores que participan en la instrucción inicial del personal de operaciones. Han insistido categóricamente en las actitudes varios especialistas en factores humanos, que han observado el papel que desempeñan las actitudes apropiadas en la sustentación y aplicación de métodos operacionales seguros y eficaces.

Contenido del programa

1.13.9 Los esquemas de programas que figuran en este capítulo deberían proporcionar un esbozo de las materias fundamentales y un punto de partida apropiado para la preparación de programas detallados.

Materiales y técnicas de instrucción y tecnologías educativas

1.13.10 Puede hacerse una división aquí entre los materiales didácticos, las estrategias y técnicas de instrucción y los cursos de formación propiamente dichos. Se prevé que en los mejores cursos de instrucción sobre el desempeño humano se hará un uso creativo e imaginativo de los recursos disponibles. Una instrucción óptima se ocupará de los requisitos del Anexo 1 haciendo hincapié al mismo tiempo en la instrucción sobre habilidades fundamentales acerca de los factores humanos.

Recursos para la instrucción

1.13.11 Si bien los simuladores son lo primero en que se piensa, hay muchos otros recursos didácticos potencialmente útiles, por ejemplo, los entrenadores de tareas parciales, los equipos de instrucción por computadora y las cámaras y grabadores de vídeo, el vídeo interactivo, los CD-ROM, los DVD y otros recursos que se están desarrollando.

Estrategias y técnicas de instrucción

1.13.12 En asociación con los nuevos equipos para la instrucción se está produciendo una creciente diferenciación en los métodos de formación, muchos de los cuales utilizan la tecnología didáctica moderna. Por ejemplo, ahora se reconocen ampliamente los méritos de los medios interactivos y la eficacia de la realimentación [feedback] en vídeo.

1.13.13 En el otro extremo, pueden obtenerse valiosas experiencias de aprendizaje recurriendo al estudio de casos o a juegos de simulación. Aun cuando dichas actividades requieren una preparación cuidadosa y que insume tiempo, resultan de poco costo y pueden ser muy eficaces.

1.13.14 En la práctica educativa existe una tendencia creciente al aprendizaje abierto y basado en la experiencia, que apunta a la vez al desarrollo de habilidades y a las necesidades de instrucción, tanto individuales como en equipo. Para la formación del personal de operaciones en el tema del desempeño humano, la mayoría de los especialistas consideran muy conveniente dicho aprendizaje, especialmente en aspectos tales como la capacidad para las comunicaciones y la coordinación en equipo. Por cierto, el objetivo que se persigue en esa instrucción es la adquisición de la pericia necesaria y no la simple demostración de una comprensión teórica.

1.13.15 Para alcanzar los objetivos de la instrucción, debería advertirse el valor de la formación a base de métodos múltiples. Esto constituye un medio de integrar las técnicas de formación individual en "tecnologías de instrucción integradas" con métodos múltiples. Esas "tecnologías de instrucción integradas" comprenden programas de instrucción cuidadosamente proyectados, que facilitan tanto el aprendizaje individual como en equipo. Se promueve un aprendizaje pertinente para las operaciones basado en la experiencia, suministrando una amplia realimentación, utilizando a menudo grabaciones de vídeo y otros medios para facilitar la reflexión y el análisis posterior dirigido por el alumno.

Cursos de instrucción

1.13.16 El contenido de los cursos de instrucción plenamente desarrollados dependerá claramente de los objetivos de la formación, del tiempo, del equipo y de los recursos disponibles. Debería ser posible integrar las actividades de instrucción teóricas y en el entorno operacional. Los cursos deberían prepararse de modo que incluyan puntos explícitos en materia de factores humanos que se examinarán al informar y al recabar información del alumno. Aunque el enfoque del Anexo 1 se centra esencialmente en el suministro de conocimientos sobre factores humanos, de preferencia la mejor manera en que la instrucción podrá lograr esto será cuando también se tenga en cuenta la pericia operacional en las etapas de proyecto y preparación de la instrucción. Las opciones que se hagan en la etapa de concepción de los cursos ayudarán a determinar las actividades de aprendizaje pertinentes del instructor y del alumno.

1.14 DESARROLLO DE HABILIDADES, EVALUACIÓN DEL PERSONAL DE OPERACIONES Y EVALUACIÓN DE LOS CURSOS DE INSTRUCCIÓN

1.14.1 La evaluación regular constituye una parte importante de la práctica en la industria aeronáutica y brinda un medio de cumplir con las normas y determinar la eficacia de la instrucción. Las decisiones en cuanto a los medios apropiados y productivos de evaluación del personal de operaciones tendrán influencia importante en el diseño de los cursos sobre desempeño humano. Si bien los métodos tradicionales de evaluación tienen un valor inobjetable en la medición de los conocimientos objetivos y de 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 basadas en la experiencia. Dicho tipo de aprendizaje, como el que se observa en los mejores programas LOFT/CRM o TRM, no puede optimizarse si la evaluación formal se realiza simultáneamente con la instrucción.

1.14.2 Además, es bien conocida la dificultad en 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 plantean aquí surgen regularmente en los análisis, tanto en términos de justificar el esfuerzo de la instrucción como para evaluar la efectividad de todos esos cursos de instrucción.

1.14.3 Por otra parte, la adquisición de pericia en materia aeronáutica se ha logrado tradicionalmente en el empleo o mediante simulación de alta fidelidad. La evaluación de la pericia y las correspondientes técnicas operacionales se han llevado a cabo tradicionalmente en un mismo entorno. No obstante, a pesar de la influencia de los métodos actuales, el deseo de una evaluación formal de las habilidades en factores humanos debe equilibrarse siempre con la consideración plena de todas las consecuencias negativas posibles en el aprendizaje que podrían surgir de esa misma evaluación.

1.14.4 En este contexto, cabe señalar que las actividades de instrucción tales como la simulación y la LOFT se consideran técnicas didácticas especialmente buenas, porque se concentran explícitamente en las necesidades de desarrollar habilidades en los alumnos, evitando al mismo tiempo las connotaciones negativas del aprendizaje relacionado con el entorno de la verificación/comprobación. Aunque quizás no haya 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 de los alumnos), es evidentemente importante que los instructores y redactores de cursos comprendan cabalmente las cuestiones generales expuestas. Esa comprensión ayudará a evitar que se incurra prematuramente en evaluación y verificación, en circunstancias en que esto podría resultar contraproducente a la larga para las necesidades de aprendizaje.

1.15 PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO HUMANO PARA LOS MECÁNICOS DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES

Generalidades

1.15.1 En esta sección se presenta información sobre las necesidades y objetivos de los proyectistas de cursos de instrucción sobre factores humanos para el personal de organizaciones de mantenimiento. Estas organizaciones son muy diferentes, tanto en su alcance como en su tamaño; por lo tanto, deberán decidir acerca de los objetivos generales de instrucción necesarios para cada empleo, así como del nivel de pericia o de conocimientos requeridos, según corresponda.

1.15.2 El texto de esta sección está adaptado del Apéndice B del Capítulo 5 del *Manual de directrices sobre factores humanos en el mantenimiento de aeronaves* (Doc 9824 de la OACI).

Población a la que está destinado

1.15.3 Las categorías del personal de mantenimiento de aeronaves empleado por los explotadores o por las organizaciones de mantenimiento aprobadas (AMO) que deben recibir instrucción sobre factores humanos son las siguientes:

- Personal de mantenimiento (superior, de nivel medio y supervisor);
- Investigadores de accidentes/incidentes;
- Personal que certifica la aeronave y sus componentes para la puesta en servicio;
- Instructores en factores humanos y algunos temas técnicos;
- Ingenieros de programas de planificación y mantenimiento;
- Mecánicos de mantenimiento de aeronaves (AME) y otros mecánicos;
- Personal encargado de la calidad (garantía de calidad y control de calidad);
- Personal del departamento de repuestos;
- Personal del departamento de compras;
- Operadores del equipo en tierra; y
- Personal contratado en cualquiera de las categorías anteriores.

Además, los inspectores de mantenimiento del órgano regulador de aviación estatal necesitan instrucción sobre factores humanos a un nivel por lo menos equivalente al de sus contrapartes en la industria.

1.15.4 Las necesidades y objetivos de instrucción sugeridos en esta sección suponen que los alumnos ya poseen instrucción y experiencia en las disciplinas específicas de su empleo, a saber:

- Los administradores y supervisores tienen experiencia y han recibido instrucción sobre liderazgo y gestión;
- Los planificadores e ingenieros están muy familiarizados con la documentación de las aeronaves y las condiciones y el ambiente de trabajo del personal que desempeña tareas de mantenimiento de aeronaves;
- Los instructores y entrenadores comprenden las técnicas de instrucción y tienen experiencia en el entorno de trabajo en el cual se aplicará el tema;
- Los investigadores y auditores tienen experiencia y formación para identificar, reconocer y analizar

problemas o factores causales relacionados con los factores humanos;

- Los mecánicos de mantenimiento de aeronaves (AME) tienen formación y experiencia técnica sobre las aeronaves o los componentes que mantienen; y

- Los inspectores del órgano regulador de aeronáutica estatal tienen experiencia en sus tareas de inspección normativa y comprenden las condiciones de trabajo, al personal y el entorno de las tareas de mantenimiento de la AMO, las aeronaves o los componentes de que se trate.

Necesidades de instrucción

1.15.5 El objetivo principal de la instrucción sobre factores humanos es hacer comprender a todas las categorías de personal mencionadas cómo y por qué se evitan los errores cuando se ejecutan tareas de mantenimiento. Todas las categorías están expuestas al riesgo de cometer errores o crean posibilidades de incurrir en ese riesgo. Por lo tanto, la instrucción sobre factores humanos debería adaptarse a las distintas categorías particulares, de modo que las mismas puedan identificar y evitar las posibles oportunidades de cometer errores. En la Tabla 1-3 se muestran los objetivos de la instrucción en detalle. En los párrafos siguientes, se enumeran las necesidades específicas de instrucción para las diversas categorías de la población a la que se dirige.

1.15.6 Los administradores y supervisores necesitan conocimientos acerca de cómo influyen las condiciones de trabajo sobre el desempeño del personal que planifica y ejecuta tareas de mantenimiento sobre las aeronaves y los componentes de aeronaves. Tienen que poder aplicar esos conocimientos y entender cómo influyen sus decisiones y su conducta sobre las actitudes del personal en la organización y sobre la capacidad de ese personal para desempeñar su labor con el mínimo riesgo de error. Algunos aspectos que caen bajo la responsabilidad directa de la administración, p. ej. la inversión de capital, los presupuestos y la contabilidad, pueden parecer alejados de donde se realizan efectivamente las tareas, pero en realidad tienen una repercusión importante sobre la dotación y la competencia de la mano de obra y sobre su capacidad para desempeñar una labor segura y fiable.

1.15.7 Los supervisores necesitan conocer los factores locales que presentan posibilidades de que se cometan errores. Deberían saber cómo pueden incidir las condiciones de trabajo y la disponibilidad de herramientas y equipos apropiados sobre la actitud del personal de mantenimiento y sobre su manera de encarar las tareas. Los supervisores deberían saber reconocer e identificar las tendencias que indiquen riesgos relacionados con los factores humanos.

1.15.8 Los planificadores e ingenieros tienen una función clave para evitar los errores relacionados con los factores humanos. Deben ser capaces de redactar documentos de instrucciones que no sólo sean técnicamente correctos sino fáciles de leer y comprender, y que no sean ambiguos ni estén sujetos a interpretación. Tienen que entender cómo pueden influir sus decisiones, instrucciones, documentos y otras directivas en el desempeño y en los resultados de la labor realizada sobre las aeronaves o sus componentes en los talleres, hangares o zonas de la plataforma. Por lo tanto, es importante que comprendan los aspectos prácticos del trabajo del personal de mantenimiento.

1.15.9 Sería ideal que los instructores y entrenadores comprendan plenamente las nociones fundamentales de los factores humanos y tengan conocimientos y experiencia de trabajo en el medio particular de que se trate (por ejemplo, talleres, hangares y zonas de la plataforma). Deberán poder explicar las nociones teóricas fundamentales de los factores humanos y poseer un nivel de conocimientos teóricos que les permita ilustrar con ejemplos, así como facilitar los debates.

1.15.10 Los investigadores y auditores necesitan poder identificar, reconocer y analizar problemas o factores causales relacionados con los factores humanos. Al investigar incidentes, el investigador debe ser capaz de identificar los factores humanos que puedan haber contribuido a los mismos. Un auditor debe ser capaz de reconocer los riesgos potenciales relacionados con factores humanos e informar sobre dichos riesgos antes de que puedan causar un incidente relacionado con errores y convertirse en tema para el investigador.

1.15.11 Los AME son el último eslabón en la cadena de la seguridad y el objetivo de su instrucción es comprender por qué y cómo pueden crear involuntariamente una condición peligrosa al desempeñar tareas de mantenimiento. Deben ser capaces de detectar situaciones en que exista la posibilidad de que ellos mismos cometan errores y también deben ser capaces de detectar un error incorporado a instrucciones de empleo u otras informaciones e identificar los equipos defectuosos. Deben comprender cómo inciden el entorno de trabajo y la propia situación personal sobre el desempeño de las tareas.

1.15.12 Los inspectores del órgano regulador de la aviación estatal necesitan un nivel de conocimiento similar al de los administradores y supervisores.

OBJETIVOS Y NIVELES DE LA INSTRUCCIÓN

1.15.13 En la Tabla 1-3 se enumeran los objetivos de la instrucción para todas las categorías de personal de la organización de mantenimiento. Los niveles de habilidad, conocimiento o actitud con relación a los factores humanos deberían ser los siguientes (los niveles 2 y 3 suponen que se han satisfecho los objetivos de los niveles precedentes):

Nivel 1: Familiarización con los principales elementos del tema. Al completar la instrucción, un alumno debería ser capaz de satisfacer los siguientes objetivos:

- estar familiarizado con los elementos básicos del tema;
- poder describir sencillamente todo el tema en términos cotidianos y usando ejemplos; y
- poder emplear términos típicos de los factores humanos.

Nivel 2: Conocimiento general de los aspectos teóricos y prácticos del tema. Al completar la instrucción, un alumno debería ser capaz de satisfacer los siguientes objetivos:

- comprender los fundamentos teóricos del tema y poder hacer una descripción general del tema con ejemplos típicos;
- leer y comprender bibliografía descriptiva del tema; y
- estar dispuesto a aplicar conocimientos sobre los factores humanos de manera práctica y ser capaz de hacerlo.

Nivel 3: Conocimiento detallado de los aspectos teóricos y prácticos del tema. Al completar la instrucción, un alumno debería ser capaz de satisfacer los siguientes objetivos:

- conocer y comprender la teoría del tema y sus interrelaciones con otros temas apropiados;
- poder dar explicaciones detalladas del tema usando conceptos teóricos fundamentales y ejemplos específicos;
- estar dispuesto a combinar y aplicar conocimientos sobre el tema de manera lógica, amplia y práctica y ser capaz de hacerlo; y
- poder interpretar los resultados de fuentes diversas y aplicar las medidas correctivas que corresponda.

Tabla 1-3. Objetivos del programa de instrucción

Nota. Los objetivos del programa de instrucción se enumeran bajo diez títulos temáticos. Cada tema se identifica del modo siguiente:

(P) = Pericia
(C) = Conocimiento; y
(A) = Actitud.

1. Introducción general a los factores humanos:
   - Lograr una comprensión básica del significado de la expresión "factores humanos" (C).
   - Reconocer la contribución de los factores humanos en los accidentes de aeronaves (C).
   - Comprender el objetivo de la instrucción sobre factores humanos (C).
   - Apreciar la necesidad de entender y tener en cuenta los factores humanos (A).
   - Familiarizarse razonablemente con algunos de los datos sobre incidentes y estudios de incidentes conocidos a los que han contribuido factores humanos. Comprender por qué se produjeron esos incidentes (C).
2. La cultura de la seguridad y los factores organizacionales:
   - Lograr una buena comprensión del significado del concepto de "cultura de la seguridad" (C).
   - Comprender el significado de "aspectos organizacionales de los factores humanos" (C).
   - Apreciar la importancia de una buena cultura de la seguridad (A).
   - Identificar los elementos de una buena cultura de la seguridad (C).
3. El error humano:
   - Apreciar que el error humano no puede eliminarse totalmente; debe ser controlado (C).
   - Comprender los diferentes tipos de errores y lo que suponen, y evitar los errores o tenerlos en cuenta (C).
   - Reconocer cuándo el individuo está más propenso al error (C).
   - Tener una actitud preventiva contra el error (A).
   - Alcanzar un conocimiento práctico razonable sobre los principales modelos y teorías del error (C).
   - Comprender los principales tipos de error y en qué difieren de las infracciones (C).
   - Comprender los diferentes tipos y causas de las infracciones (C).
   - Evitar las infracciones a los procedimientos y las normas y empeñarse en eliminar las situaciones que puedan provocar infracciones (A).
   - Lograr una buena comprensión de incidentes conocidos por los errores que han derivado en esos incidentes (C).
   - Apreciar que el problema no son los errores en sí, sino las consecuencias de los errores si no se detectan o no se corrigen (A).

- Comprender los diferentes modos de reducir los errores y mitigar sus consecuencias (C).
- Tener una comprensión básica de los principales conceptos sobre factores humanos y cómo se vinculan con la evaluación del riesgo. Nota: Esto es aplicable a la gestión (C).

4. El desempeño humano:

- Reconocer la repercusión de las limitaciones físicas y de los factores ambientales sobre el desempeño humano (C).
- Apreciar que los humanos son falibles (A).
- Lograr conocimientos básicos acerca de cuándo y dónde los seres humanos son vulnerables al error (C).
- Reconocer cuándo uno mismo o los demás sufren y asegurarse de que eso no ponga en peligro la seguridad aeronáutica (A).
- Comprender cómo inciden sobre la labor del alumno la visión y las limitaciones visuales (C).
- Reconocer la necesidad de tener una visión (corregida) apropiada para la tarea y las circunstancias (C).
- Ser consciente de las mejores prácticas en cuanto a salud y seguridad con respecto al ruido y la audición (C).
- Reconocer que oír no significa necesariamente entender (A).
- Obtener una familiaridad básica con los términos clave usados para describir el tratamiento de la información (o sea, percepción, atención y memoria) (C).
- Lograr una comprensión básica del significado de atención y percepción (C).
- Comprender la dimensión de la conciencia de la situación (C).
- Desarrollar los medios de mejorar la conciencia de la situación (P).
- Lograr una comprensión básica de los diferentes tipos de memoria (sensorial, a corto plazo, de trabajo, a largo plazo) y de cómo pueden afectar a la persona en su trabajo (C).
- Admitir que la memoria es falible y que no debería confiarse en ella (A).
- Admitir que la claustrofobia, el vértigo, etc. pueden afectar el comportamiento de algunas personas (A).
- Comprender lo que motiva y desalienta al personal de mantenimiento (C).
- Admitir la necesidad de evitar una motivación mal orientada (el trabajo chapucero)(A).
- Desarrollar la voluntad de admitir cuándo uno no se siente bien o no se cree apto y adoptar medidas para asegurar que eso no afectará la calidad del trabajo realizado (A).
- Reconocer los conceptos básicos y los síntomas del estrés (C).
- Desarrollar diferentes técnicas y actitudes positivas para hacer frente al estrés (P).
- Reconocer la necesidad de administrar el volumen de trabajo (C).
- Desarrollar métodos para administrar el volumen de trabajo (P).
- Comprender cómo puede afectar el desempeño la fatiga, especialmente en horarios prolongados o en el trabajo por turnos (C).
- Desarrollar medios de administrar la fatiga (P).
- Desarrollar una integridad personal para no trabajar en tareas críticas para la seguridad estando excesivamente fatigado (A).
- Reconocer que el alcohol, las drogas y los medicamentos pueden afectar el desempeño (A).
- Comprender los efectos del trabajo físico sostenido sobre el desempeño en general, especialmente la actuación cognitiva en tareas de mantenimiento (C).
- Conocer ejemplos de incidentes en que influyeron las tareas repetitivas y la complacencia (C).
- Desarrollar medios de evitar la complacencia (P).

5. El entorno

- Lograr una apreciación básica de cómo puede influir sobre el desempeño humano el entorno físico y social (C).
- Reconocer la importancia de ceñirse a las "normas" aunque otros no lo hagan (A).
- Reconocer la importancia de la integridad personal (A).
- Reconocer la importancia de evitar ejercer una presión de camaradería sobre los demás (A).
- Desarrollar un comportamiento afirmativo apropiado para la tarea (P).
- Lograr una comprensión básica de los conceptos de estrés y factores estresantes en relación con el entorno del mantenimiento (C).
- Reconocer los peligros del trabajo chapucero (C).
- Reconocer los peligros de aplicar plazos de entrega incorrectos (C).
- Reconocer los peligros de las presiones autoimpuestas en el tiempo del supervisor y del administrador (C).
- Comprender los factores que contribuyen básicamente al volumen de trabajo (C).
- Desarrollar habilidades de planificación y organización (P).
- Comprender el concepto básico de los ritmos circadianos con respecto al trabajo por turnos (C).
- Estar familiarizado con las mejores prácticas en relación con las horas de trabajo y la configuración de los turnos (C).
- Desarrollar estrategias para administrar el trabajo por turnos (P).
- Conocer las directrices sanitarias y de seguridad con respecto al ruido y a los vapores (C).
- Ser consciente de los efectos de la iluminación sobre el desempeño (C).
- Ser consciente de los efectos del clima y de la temperatura sobre el desempeño (C).
- Conocer las directrices sanitarias y de seguridad con respecto al movimiento y la vibración (C).
- Ser consciente de las consecuencias de las propias medidas sobre otras partes del sistema de mantenimiento (C).
- Conocer las directrices sanitarias y de seguridad con respecto a los riesgos en el puesto de trabajo (C).

- Comprender cómo tomar en cuenta la mano de obra disponible al programar, planificar o ejecutar una tarea (C).
- Desarrollar los medios de hacer frente a las distracciones e interrupciones (P).

6. Procedimientos, información, herramientas y prácticas:

- Reconocer la importancia de contar con las herramientas y procedimientos apropiados (A).
- Reconocer la importancia de usar las herramientas apropiadas y seguir los procedimientos (A).
- Reconocer la importancia de controlar el trabajo antes de aprobarlo como concluido (A).
- Reconocer la importancia de notificar las irregularidades en los procedimientos o en la documentación (A).
- Comprender los factores que afectan las inspecciones visuales (C).
- Desarrollar habilidades para mejorar las inspecciones visuales (P).
- Reconocer la importancia de consignar y registrar correctamente el trabajo (A).
- Ser consciente de que existen normas y de que puede ser peligroso seguirlas (A).
- Conocer casos en que los procedimientos, las prácticas o las normas han sido erróneos (C).
- Reconocer la importancia de contar con buenas pautas de documentación técnica, en términos de accesibilidad y calidad (A).
- Aprender a redactar buenos procedimientos, que reflejen las mejores prácticas (P).
- Aprender a convalidar procedimientos (P).

7. La comunicación:

- Reconocer la necesidad de comunicación efectiva en todos los niveles y en todos los medios (C).
- Comprender los principios básicos de la comunicación (C).
- Desarrollar habilidades y la comunicación oral y escrita correctas apropiadas para la tarea y el contexto dentro del cual se ejecutará (P).
- Tener conocimiento detallado de algunos incidentes en los que ha influido como factor contribuyente una mala transmisión de instrucciones (C).
- Reconocer la importancia de una buena transmisión de instrucciones (A).
- Aprender a transmitir instrucciones correctamente (P).
- Reconocer la importancia de mantener al día la información y de ponerla al alcance de quienes necesiten usarla (A).
- Reconocer las diferencias culturales que pueden afectar la comunicación (A).

8. El trabajo en equipo:

- Comprender los principios generales del trabajo en equipo (C).
- Aceptar las ventajas del trabajo en equipo (A).
- Desarrollar habilidades para un trabajo en equipo eficaz (P).
- Creer que el personal de mantenimiento, la tripulación de vuelo, el personal de operaciones, los planificadores, etc., deberían trabajar juntos lo más eficazmente que sea posible (A).
- Alentar un concepto de equipo, pero sin transferir ni rebajar la responsabilidad individual (A).
- Comprender la función de los administradores, los supervisores y los jefes en el trabajo en equipo (C).
- Desarrollar habilidades de gestión del equipo para el personal apropiado (P).
- Desarrollar habilidades de toma de decisiones basadas en una buena conciencia de la situación y en la consulta cuando corresponda (P).

9. Profesionalismo e integridad:

- Comprender qué se espera de las personas en términos de profesionalismo, integridad y responsabilidad personal (C).
- Comprender la responsabilidad de las personas para mantener normas elevadas y ponerlo en práctica en todo momento (A).
- Aceptar la responsabilidad personal de mantenerse al día en los conocimientos y la información necesarios (A).
- Lograr una buena comprensión de cuál es el comportamiento que puede provocar errores (C).
- Reconocer la importancia de evitar el tipo de comportamiento que puede provocar errores (A).
- Reconocer la importancia de ser categórico (A).

10. El programa sobre factores humanos de la propia organización de mantenimiento:

- Lograr una profunda comprensión de la estructura y los objetivos del programa sobre factores humanos de la propia empresa, por ejemplo:
  - El sistema de errores en el mantenimiento (C).
  - Los enlaces con los sistemas de gestión de la calidad y la seguridad (C).
  - La información disciplinaria y una cultura justa (C).
  - El apoyo de la máxima jerarquía de la administración (C).
  - La instrucción sobre factores humanos para todo el personal de la organización de mantenimiento (C).

— Las medidas para encarar los problemas (C).
— Una buena cultura de la seguridad (C).

- Reconocer la importancia de notificar los incidentes, errores y problemas (A).
- Comprender qué tipos de problemas deberían notificarse (C).
- Comprender los mecanismos de notificación (C).
- Comprender la política de la organización y las circunstancias en que pueden ser apropiadas medidas disciplinarias y cuándo no son apropiadas (C).
- Reconocer que las personas no serán injustamente penalizadas por notificar o por asistir en las investigaciones disciplinarias (A).
- Comprender los mecanismos de la investigación de incidentes (C).
- Comprender los mecanismos de las medidas para enmendar errores (C).
- Comprender los mecanismos de la información de los resultados (*feedback*) (C).

Apéndice 1 del Capítulo 1

INSTRUCCIÓN DE LOS PILOTOS EN FACTORES HUMANOS CONSIDERACIONES RELATIVAS AL PROGRAMA DE ESTUDIO

PERSONAS A QUIENES ESTÁ DIRIGIDO

1. Posibles categorías de piloto: principiantes, 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.

2. 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 como "memorización", "comprensión", "ejecución" y "aspectos relativos a la actitud".

4. Categorizaciones que se sugiere para el programa de estudios o "campos" de competencia del alumno:

a) Sobre la base de conocimientos ("memorización"): conocimiento teórico o práctico e información apropiada desde el punto de vista de los procedimientos o del contexto.

b) Sobre la base del entendimiento ("comprensión"): entender la teoría correspondiente, etc.

c) Sobre la base de la habilidad/de técnicas ("ejecución"): adquirir y demostrar la habilidad práctica necesaria.

d) Sobre la base de las actitudes ("aspectos relativos 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 alumno.

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/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 las diferentes necesidades de instrucción citadas 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) desarrollar 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 DE LOS PILOTOS Y EVALUACIÓN DEL CURSO DE INSTRUCCIÓN

1. Determinar si es conveniente una evaluación simultánea de los cursos o una evaluación oficial de los pilotos. Examinar las alternativas disponibles.

2. Identificar los medios apropiados de evaluación en materia de "conocimientos", "comprensión", "habilidad/ técnicas" y "aspectos relativos a la actitud".

3. Examinar la tensión entre los métodos de aprendizaje y evaluación y las consecuencias para el aprendizaje de habilidad/ técnicas y el basado en la experiencia.

4. Determinar el papel de la evaluación del desempeño en función de la tripulación y el del individuo.

5. Identificar las necesidades en materia de instrucción de quienes participan en la evaluación o en la apreciación 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. Mencione 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) Mencione tres gradientes diferentes que son potencialmente inseguros.

5. a) Indique dos ventajas importantes en materia de seguridad en el desarrollo de un comportamiento normal y habitual en las tareas del puesto de 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) ¿Qué aspecto general del desempeño humano ilustra la curva de Yerkes-Dodson?

   b) ¿Cómo puede relacionarse con esa curva la incidencia del error humano?

   c) ¿Dónde situaría Ud. la complacencia, el aburrimiento o el entusiasmo en esa curva?

   d) ¿Qué sugiere esa curva con respecto al desempeño de tareas críticas?

7. a) ¿Qué característica de desempeño puede preverse en tareas que exijan vigilancia continua?

   b) Mencione una tarea del puesto de pilotaje que podría ilustrar esto.

8. La hipótesis falsa es una forma peligrosa de error humano. Mencione cinco situaciones diferentes en las que es muy probable que ocurra.

9. Proporcione tres ejemplos de zeitgebers 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 zeitgebers, 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 entiende por vida media y de qué modo se relaciona esto 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) ¿Qué 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 monóxido de 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 en la sangre (BAC) después de terminar de beber? ¿Es algo constante dicho ritmo entre los individuos?

    c) ¿A partir de qué BAC se ha demostrado experimentalmente que se produce un deterioro medible de las funciones del cerebro y del organismo?

15. a) ¿Qué significa:

    — el efecto Mandelbaum,
    — 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) ¿Cómo se reducen los riesgos de esta fuente?

17. a) ¿Qué significa posición prevista de los ojos?

    b) ¿Por qué el piloto debe asegurarse de que sus ojos estén en esa posición y de qué 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 autokinético,
    — 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 qué manera está relacionado esto 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 está indicado el uso de refuerzo negativo (nombre cuatro)?

22. a) ¿Qué significa motivación de logro?

    b) ¿Por qué es pertinente esto para el trabajo del piloto y para la seguridad de vuelo?

    c) ¿Puede esto desarrollarse fácilmente?

23. El aburrimiento está 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 líderes natos o son el producto del esfuerzo? Explique.

25. Explique el significado de los términos siguientes y su diferencia:

    a) liderazgo;

    b) autoridad; y

    c) dominio.

26. Las comunicaciones orales 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.

c) ¿Qué medios (indique cuatro) pueden emplearse para proporcionar protección contra este peligro?

27. a) Explique, de modo pertinente para los aspectos relativos a 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 medida 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 puede verse influido el juicio individual por la pertenencia 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 cómo están relacionadas entre sí.

b) ¿Cuál es la que comprende 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) Dé 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 pueda poner en riesgo la seguridad de vuelo.

c) ¿Qué significa fidelidad de los dispositivos de instrucción? ¿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 (grandes) trozos?

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 cuestionarios 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 causas básicas cuando los instrumentos electromecánicos más convencionales, de dial redondo, se observan desde un ángulo. ¿Cuáles son?

b) Indique dos razones operacionales para preferir, en cada caso, el uso de presentaciones visuales analógicas o digitales.

38. a) Mencione 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 pueden provocar que afectan a la seguridad?

    c) ¿Cómo puede generar transferencia negativa en la instrucción un sistema de alerta y qué riesgos puede plantear para la seguridad de vuelo?

39. a) ¿Qué significan la relación mando-presentación visual y la resistencia del mando y cuáles son 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) ¿Qué significa el concepto de 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) Mencione 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 ser especialmente de riesgo la incongruencia en la ubicación del equipo de emergencia dentro de la flota?

    b) ¿Por qué debería estar familiarizada la tripulación de cabina con los mandos de utilización de los asientos de los pilotos?

42. a) ¿Qué significa puesto de pilotaje estéril?

    b) ¿Tiene esto algún sustento jurídico o es de carácter obligatorio? Sírvase explicar.

    c) Mencione 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) Mencione 15 aspectos diferentes del diseño interior de las cabinas que requieren el aporte 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 conoce bien todo el mundo el modelo teórico que entraña la misma? Más aún, ¿sabe que no se trata sólo de una teoría y 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 ATC. Este estudio modelo consta de tres partes. En la Parte 1 se describen 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 en la Parte 3 se señalan posibles mejoras que pueden introducirse (o que podían haberse introducido) para evitar que suceda (o vuelva a suceder) un accidente de esta índole.

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 había 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 sola pista a la que se puede acceder (o de la que se puede salir) 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 está en una región en la que hay niebla algunos días del año, no está dotado de radar de movimientos en superficie (SMR) 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 había considerado necesario 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 media 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 media 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. Había estado trabajando en ATC durante muchos años en varias instalaciones aeroportuarias de importancia y había sido trasladado a Anyfield para impartir instrucción en el trabajo, apenas ocho meses antes de la fecha 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) por necesidades fisiológicas. Ambos estaban completando su tercer turno nocturno consecutivo, habían comenzado su servicio la noche precedente a las 22:00 horas y faltaban unos 30 minutos para que fueran relevados 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 extraño en el modo en que el vuelo fue atendido por el ATC. Rodaron hacia la pista con las precauciones adicionales requeridas por la niebla imperante y después de recibir autorización para despegar se cercioraron de que la aeronave estaba correctamente 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 había tenido 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 solo durante pocos turnos en la torre de Anyfield. Habiendo convalidado su habilitación de torre a principios del verano, después de eso había estado ocupado 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 cuota de turnos nocturnos como todos los demás controladores. El turno en el que ocurrió el accidente era apenas

el **segundo** en la torre de Anyfield en que había trabajado en condiciones de niebla/baja visibilidad: el primero había sido la noche precedente, cuando casi no había tráfico alguno por ser el turno del sábado al domingo.

Varios años antes había habido un incidente en Anyfield, ocasionado por 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, junto con barras de parada en todas las intersecciones de pistas. Las autoridades decidieron que en vista del número limitado de días con niebla que justificaran el uso de un SMR, la ventaja de contar con un SMR no compensaba los costos de su instalación. Lo mismo ocurrió con la instalación de barras de parada, pero en vez de las mismas se habían colocado letreros pintados en el pasto cerca de las intersecciones de pistas, informando a quienes los viesen que había "una pista al frente".

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 dos puestos de control en la torre, los cuales estaban a 3 m de distancia uno del otro, porque la torre de Anyfield no estaba dotada de una instalación de acoplamiento de frecuencias. Las transmisiones en una frecuencia no pueden ser oídas por las estaciones que operan en la otra frecuencia.

El piloto del avión de motor de émbolo había llegado a Anyfield la noche anterior, muy tarde. Después de un breve sueño fue rápidamente al aeropuerto para perder el menor tiempo posible, dado que su compañía quería tener la aeronave de vuelta en su base lo antes posible. Después de los mínimos preparativos necesarios, fue a su aeronave y llamó al ATC para obtener la aprobación de 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 había 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 donde 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 algo había andado mal. Por supuesto, no había observado que el reactor que estaba despegando hubiese pasado por la sección de la pista que le resultaba visible, pero inicialmente lo atribuyó a los parches de niebla o a que estaba distraído con el tránsito en 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 había producido la colisión debido a la ampliación del edificio terminal, recientemente construida, que le bloqueaba la visión. Así que sólo se dio cuenta de que algo andaba mal cuando quiso transferir el control del reactor que estaba despegando al próximo controlador (control de salidas) y sus transmisiones al reactor no tuvieron respuesta.

Su controlador de tierra, que había regresado muy poco después del accidente, informó al mismo tiempo que no tenía contacto con el bimotor en rodaje. El controlador de torre decidió entonces alertar a los bomberos, pero como no sabía siquiera adónde 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 último al lugar del accidente, constataron que poco podía hacerse, puesto que los restos de las aeronaves se habían quemado casi por completo.

PARTE 3
MEDIDAS PREVENTIVAS

Si se hubiera instalado un SMR de conformidad con las recomendaciones subsiguientes al otro incidente, eso habría aportado las siguientes líneas de defensa (en orden decreciente):

— se podrían haber dado instrucciones correctas de rodaje a la aeronave "extraviada";

— los controladores habrían observado la intrusión en la pista;

— el lugar de la colisión se habría identificado fácilmente;

— se podrían 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 habría entrado en la pista.

Como mínimo, deberían haberse elaborado procedimientos especiales para operaciones con baja visibilidad en Anyfield y los mismos deberían haber estado vigentes, limitando el número de movimientos en el aeródromo. Los controladores deberían haber sido formados en el trabajo con esos procedimientos especiales, de modo ideal con simulador, a fin de ayudarlos a hacer frente a esa situación inhabitual cuando se produjo.

En sus conversaciones con las autoridades aeroportuarias, la administración de ATC debería haberse opuesto firmemente a los planes de ampliación del edificio terminal. Pero, como consecuencia de no contar con el aporte de los controladores operacionales (que no podían concurrir a las reuniones por la escasez de personal), la administración no sabía siquiera que podría plantearse un problema de línea de visión desde la torre de control.

El controlador no debería haberse encontrado en una posición en que se viese forzado a trabajar solo en dos puestos. 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 evitar que se produjera la colisión. Actualmente, las autoridades aeronáuticas consideran que estos sistemas son "facultativos", por lo cual pocas instalaciones ATC cuentan con ellos.

La administración debería asegurarse de que los instructores que imparten instrucción en el trabajo tengan oportunidad de mantenerse al día en los puestos en que deben enseñar, programando horarios de trabajo sin alumnos para el instructor a intervalos regulares. Esas funciones deberían ser lo suficientemente interesantes como para permitir al instructor o instructora practicar sus habilidades (en otras palabras: los turnos sin tráfico pueden parecer buenos en un orden del día, pero ¡no tienen ningún valor para mantenerse actualizado!)

Si hubiera habido un programa de instrucción bien ideado que guardara relación con las exigencias de las funciones, la administración habría reconocido que el controlador, aunque era competente, no había podido familiarizarse con el trabajo en la torre de Anyfield en condiciones de mala visibilidad. Lo ideal hubiera sido que no se le hubieran asignado tareas sin supervisión cuando había pronóstico de mala visibilidad.

Una instrucción especial sobre operaciones con mala visibilidad habría hecho consciente al controlador de los peligros que había, alertándolo a ser más positivo al guiar al piloto extraviado durante el rodaje. Como mínimo, no habría dado al piloto información que no era pertinente.

Está comprobado científicamente que cuando se trabaja en 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 consecutiva, lo cual podría explicar por qué no reconoció la situación potencialmente peligrosa que en otras circunstancias no le habría pasado inadvertida. Al formular los turnos para los controladores, es aconsejable mantener en un mínimo absoluto la cantidad de turnos nocturnos consecutivos.

Basándose en el pronóstico meteorológico, y teniendo en cuenta que el piloto del avión de motor a émbolo no estaba familiarizado con el aeropuerto Anyfield, puede sostenerse que habría 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 evitado que el otro piloto actuase como lo hizo.

EPÍLOGO

En la Parte 3 hay una amplia lista de fallas latentes que contribuyeron a la oportunidad de 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 émbolo, y otra, por parte del controlador de torre. El piloto no se dio cuenta de que había entrado en la 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: hacía falta sólo 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 EN GESTIÓN DE RECURSOS EN EL PUESTO DE PILOTAJE (CRM)

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1 Este capítulo está destinado a ayudar a las administraciones de aviación civil y a los explotadores que deben incluir en la actualidad la instrucción en desempeño humano en su plan de estudios para el personal operacional. Éstos incluyen al personal encargado del diseño, la administración y la investigación en instrucción en factores humanos y CRM y, específicamente, los administradores de instrucción o los administradores de factores humanos y CRM. Aunque los conceptos básicos presentados están orientados principalmente a la instrucción de tripulaciones de vuelo, éstos también se aplican a la instrucción del personal auxiliar de a bordo y a los despachadores de vuelo.

2.2 INSTRUCCIÓN EN GESTIÓN DE RECURSOS EN EL PUESTO DE PILOTAJE (CRM)

Requisitos sobre factores humanos en el Anexo 6

2.2.1 En 1994, la Comisión de Aeronavegación de la OACI examinó el Anexo 6 (*Operación de aeronaves*) y adoptó una propuesta destinada a incluir una norma en el Anexo 6 sobre la instrucción inicial y periódica en desempeño humano para las tripulaciones de vuelo. Esta norma, promulgada mediante la Enmienda 21 del Anexo 6, entró en vigor en noviembre de 1995.

2.2.2 El texto de la enmienda incluida en la Parte I, Capítulo 9 (Tripulación de vuelo), 9.3.1, indica que:

> "El programa de instrucción comprenderá también instrucción relativa a conocimiento y pericia sobre la actuación y limitación humanas ...".

Además, requiere que:

> "El programa de instrucción, que se repetirá periódicamente según determine el Estado del explotador ...".

2.2.3 En 1995, la Comisión de Aeronavegación analizó en mayor medida el Anexo 6 y adoptó una propuesta para incluir normas adicionales y un método recomendado sobre la instrucción en desempeño humano para el personal de mantenimiento, los funcionarios encargados de las operaciones de vuelo/despachadores de vuelo y el personal auxiliar de a bordo. Las diversas normas y métodos recomendados promulgados mediante la Enmienda 23 del Anexo 6 entraron en vigor en noviembre de 1998.

2.2.4 El texto de la enmienda incluida en la Parte I, Capítulo 8 (Mantenimiento del avión), 8.7.5.4, indica que:

> "En el programa de instrucción establecido por el organismo de mantenimiento se incluirá la instrucción en conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana, comprendida la coordinación con otros miembros del personal de mantenimiento y de la tripulación de vuelo."

2.2.5 Además, en la Parte I, Capítulo 10 (Encargado de operaciones de vuelo/despachador de vuelo), 10.2, se indica que:

> "Al encargado de operaciones de vuelo/despachador de vuelo no debería asignársele funciones, a menos que dicho encargado/despachador haya:
>
> ...
>
> d) demostrado al explotador conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana pertinente a las funciones de despacho ...".

Además, en 10.3 se indica que:

> "El encargado de operaciones de vuelo/despachador de vuelo a quien se le asignen funciones debería mantenerse al corriente de los detalles de la operación pertinentes a dichas funciones, incluyendo conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana."

2.2.6 Finalmente, en la Parte I, Capítulo 12 (Tripulación de cabina) se indica, en 12.4, que el programa de instrucción de la tripulación de cabina:

> "... garantizarán que cada persona:
>
> ...
>
> f) tiene buenos conocimientos sobre la actuación humana por lo que se refiere a las funciones de

seguridad en la cabina de la aeronave, incluyendo la coordinación entre la tripulación de vuelo y el personal auxiliar de a bordo."

En 12.4 también se indica que la tripulación de cabina completará un programa periódico de instrucción anualmente.

Las consecuencias de los requisitos sobre factores humanos en el Anexo 6

2.2.7 Las Enmiendas 21 y 23 del Anexo 6 tienen consecuencias importantes para la comunidad aeronáutica internacional. Los requisitos destinados a desarrollar conocimientos y aptitudes relativas al desempeño humano en los miembros de la tripulación de vuelo y otro tipo de personal operacional tienen la misma importancia que los relacionados con los sistemas y los procedimientos de emergencia, anormales y normales. El incumplimiento de los requisitos destinados a proporcionar instrucción en desempeño humano equivale al incumplimiento de una norma internacional. La mayor parte de los explotadores cumplen con el requisito de instrucción en desempeño humano, principalmente por medio de la instrucción en gestión de recursos en el puesto de pilotaje (CRM) y la instrucción de vuelo orientada a las líneas aéreas (LOFT).

La evolución de CRM

2.2.8 Desde el comienzo, es importante situar a la CRM dentro del ámbito de la instrucción sobre factores humanos; la CRM es sólo una de las aplicaciones prácticas de la instrucción sobre factores humanos destinada a tratar las respuestas de la tripulación auxiliar a amenazas y errores que se producen en el entorno operacional. El objetivo de la instrucción CRM consiste en contribuir a prevenir incidentes y accidentes.

2.2.9 La CRM constituye una estrategia ampliamente utilizada en la comunidad aeronáutica como una medida didáctica preventiva contra los errores humanos. Tradicionalmente, CRM se ha definido como la utilización de todos los recursos disponibles a la tripulación para gestionar los errores humanos. Las líneas aéreas han invertido recursos considerables para elaborar programas CRM en numerosas y diversas formas y con múltiples diseños. A continuación, figura una breve descripción de la evolución del desarrollo de CRM, a fin de proporcionar una perspectiva sobre la forma en la cual el concepto ha evolucionado desde su creación y puesta en práctica operacional.

2.2.10 Los fundamentos de la instrucción CRM generalmente se remontan a un seminario, *Gestión de recursos en el puesto de pilotaje*, auspiciado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) en 1979. Este seminario fue el producto de la investigación de la NASA sobre las causas de los accidentes de transporte aéreo. La investigación presentada en este seminario identificó los aspectos relacionados con los errores humanos de la mayoría de los accidentes aéreos como falla de las comunicaciones interpersonales, la toma de decisiones y el liderazgo. En este seminario se aplicó el término gestión de recursos en el puesto de pilotaje (CRM), al proceso de capacitación de las tripulaciones de vuelo para hacer frente a los "errores de los pilotos" haciendo un mejor uso de los recursos del puesto de pilotaje. Gran parte de los transportistas aéreos representados en este seminario concluyeron con un compromiso para elaborar nuevos programas de instrucción a fin de mejorar los aspectos interpersonales de las operaciones de vuelo. Desde esa fecha, los programas de instrucción CRM han proliferado en todo el mundo. Asimismo, los enfoques respecto a CRM han evolucionado desde la celebración del seminario de la NASA.

Gestión de recursos en el puesto de pilotaje de primera generación

2.2.11 United Airlines inició el primer programa CRM exhaustivo en 1981. La instrucción fue elaborada con la ayuda de consultores que habían confeccionado intervenciones didácticas para corporaciones que estaban procurando mejorar su eficacia administrativa. El programa se llevó a cabo en un marco de seminarios intensos e incluyó las diagnosis de sus participantes de sus propios estilos de gestión. Otros programas de líneas aéreas en esta época también se basaron principalmente en los principios de instrucción administrativa. Estos programas pusieron énfasis en la modificación de los estilos individuales, así como en corregir las deficiencias del comportamiento individual, tales como la inseguridad del personal subalterno y el comportamiento autoritario de los capitanes. Apoyando esta idea, la National Transportation Safety Board ha identificado a la negativa del capitán de aceptar contribuciones de los miembros subalternos de la tripulación (una característica denominada a veces como "la mala calidad") y la inseguridad de los mecánicos de a bordo como factores causales en un accidente de United Airlines en 1978.

2.2.12 La primera generación de seminarios CRM utilizaban la sicología como fundamento, concentrándose sustancialmente en las pruebas sicológicas y en conceptos administrativos generales, tales como liderazgo. Promovieron estrategias de comportamiento interpersonal sin proporcionar definiciones claras del comportamiento correcto en el puesto de pilotaje. Muchos emplearon juegos y ejercicios sin relación con la aviación para ilustrar los conceptos. También se reconoció que la instrucción CRM no debería constituir una experiencia única en la carrera de un piloto y que la instrucción periódica anual en CRM debería formar parte del programa. Además de la instrucción en salas de clase, algunos programas también incluyeron una instrucción en simuladores de misión completa (instrucción de vuelo orientada a las líneas aéreas o LOFT), en los cuales las tripulaciones podían practicar aptitudes interpersonales sin riesgo. Sin embargo, a pesar de la aceptación general, muchos de estos cursos experimentaron resistencia de los pilotos, que los denunciaron como "escuelas de encanto" o tentativas de manipular sus personalidades.

Gestión de recursos de la "tripulación" de segunda generación

2.2.13 La NASA celebró otro seminario para la industria en 1986. En esta fecha, un número creciente de líneas aéreas en todo el mundo había iniciado la instrucción CRM, y muchas notificaron los éxitos y las deficiencias de sus programas. Una de las conclusiones derivadas por los grupos de trabajo en el seminario consistió en que la instrucción CRM explícita (o autónoma) desaparecería en última instancia como un componente separado de la instrucción y que se incorporaría en la estructura de la instrucción y las operaciones de vuelo.

2.2.14 Al mismo tiempo, estaba comenzando a surgir una nueva generación de cursos CRM. Junto con un cambio en el énfasis de la instrucción a fin de concentrarse en la dinámica de grupo en el puesto de pilotaje, se registró un cambio en el nombre de "gestión de recursos del puesto de pilotaje" a "gestión de recursos de la tripulación". Los nuevos cursos se refirieron a conceptos más específicos de la aviación relacionados con las operaciones de vuelo y también fueron más modulares debido a que su carácter se orientó más a los equipos. La instrucción básica impartida en seminarios intensos incluyó conceptos tales como la construcción de equipos, las estrategias de exposiciones verbales, el conocimiento de la situación y la gestión del estrés. Los módulos específicos se refirieron a las estrategias de toma de decisiones y a romper la cadena de errores que pueden producir una catástrofe. Varios cursos seguían dependiendo de ejercicios no relacionados con la aviación para demostrar los conceptos. La aceptación de los participantes de estos cursos fue generalmente superior a los de la primera generación, pero persistieron las críticas en el sentido que la instrucción estaba recargada de un contenido basado en la sicología. Todavía se siguen utilizando los cursos de segunda generación en varias partes del mundo.

Gestión de recursos de la tripulación de tercera generación

2.2.15 A comienzos del decenio de 1990, la instrucción CRM comenzó a orientarse por trayectos múltiples. La instrucción comenzó a reflejar las características del sistema de aviación en el cual las tripulaciones deben trabajar, incluyendo los múltiples factores contribuyentes — tales como la cultura de la organización — que determinan la seguridad. Al mismo tiempo, se realizaron esfuerzos para integrar CRM con la instrucción técnica y concentrarse en aptitudes y comportamientos específicos que los pilotos podían utilizar para trabajar en forma más eficaz. Varias líneas aéreas comenzaron a incluir módulos que trataban asuntos CRM en la utilización de la automatización del puesto de pilotaje. Los programas también comenzaron a referirse al reconocimiento y a la evaluación[1] de las cuestiones relacionadas con los factores humanos. Junto con esto, se registró el comienzo de la instrucción CRM avanzada para el personal técnico aeronáutico encargado de inspección y los responsables de la instrucción, el refuerzo y la evaluación de la competencia, tanto técnica como de factores humanos.

2.2.16 Con una instrucción orientada en forma más específica a las tripulaciones de vuelo, la CRM comenzó a ampliarse a otros grupos dentro de las líneas aéreas, tales como los auxiliares de a bordo, los despachadores y el personal de mantenimiento. Muchas líneas aéreas comenzaron a impartir instrucción CRM del puesto de pilotaje y la cabina. Numerosos transportistas también elaboraron instrucción CRM especializada para que los nuevos comandantes se concentraran en la función de liderazgo inherente a su cargo.

2.2.17 Aunque los cursos de tercera generación cumplieron con una necesidad reconocida de expandir el concepto de *tripulación de vuelo*, al ampliar el alcance de la instrucción CRM, también puede tener la consecuencia no deseada de diluir el objetivo original: la gestión de errores humanos.

Gestión de recursos de la tripulación de cuarta generación

2.2.18 En 1990, la Administración Federal de Aviación introdujo un cambio importante en la instrucción y la calificación de las tripulaciones de vuelo al inaugurar su programa avanzado de calificación (AQP), un programa voluntario que permite a los transportistas aéreos elaborar una instrucción innovadora que cumpla con las necesidades de una organización determinada. A cambio de esta mayor flexibilidad en materia de instrucción, se exige a los transportistas que proporcionen tanto CRM como LOFT a todas las tripulaciones de vuelo y que integren los conceptos CRM en la capacitación técnica. Para completar el cambio a AQP, se exige a los transportistas que completen un análisis detallado de los requisitos de instrucción para cada aeronave y que elaboren programas que traten las cuestiones CRM en cada aspecto de la capacitación. Además, se requiere instrucción especial para los encargados de certificar a las tripulaciones y una evaluación oficial de las tripulaciones en una simulación de misión completa (evaluación operacional en línea o LOE).

2.2.19 Como parte de la integración de CRM, varias líneas aéreas han comenzado a "establecer los procedimientos" respecto a los conceptos correspondientes, agregando comportamientos específicos a sus listas de verificación normales y anormales. El objetivo consiste en garantizar que las decisiones y las medidas sean racionales, considerando el "resultado final", y que se observen los elementos básicos de CRM, especialmente en situaciones inhabituales.

2.2.20 A primera vista, la cuarta generación de CRM parecería resolver los problemas relacionados con los errores humanos, integrando a CRM en toda instrucción de vuelo. También parecería que el objetivo de eliminar la instrucción CRM explícita está comenzando a ponerse en práctica. Aunque

1. La evaluación significa comprender la forma en la cual se ponen en práctica comportamientos específicos, *no* la evaluación formal de aptitudes relacionadas con factores humanos.

no se dispone todavía de datos empíricos, existe un consenso general en las líneas aéreas de los Estados Unidos en el sentido que el enfoque AQP rinde mejores resultados en la instrucción y las calificaciones de las tripulaciones de vuelo. Sin embargo, la situación es más compleja y la solución no es tan simple. Antes de considerar la última versión de CRM, podría resultar valioso en este momento detenerse y examinar lo que se ha logrado en materia de instrucción CRM en los últimos dos decenios.

Éxitos y fallas de la instrucción CRM

Validación de CRM

2.2.21 La cuestión fundamental de decidir si la instrucción CRM puede cumplir con su objetivo de aumentar la seguridad y la eficacia de las operaciones de vuelo no admite una respuesta simple. El criterio de validación más obvio, la tasa de accidentes por millón de vuelos, no puede utilizarse porque la tasa de accidentes general es tan baja y los programas de instrucción son tan variables que nunca será posible deducir conclusiones basadas en los datos sobre el efecto de la instrucción durante un período de tiempo finito. En la ausencia de una medida de criterio única soberana, los investigadores se ven obligados a utilizar criterios subalternos para obtener inferencias en forma más indirecta. Los informes de incidentes que no producen accidentes son otra medida posible de criterios. Sin embargo, la notificación de incidentes es voluntaria y no se puede conocer la tasa de referencia auténtica de ocurrencias, la cual resulta necesaria para la validación.

2.2.22 Los dos criterios más accesibles son el comportamiento en el puesto de pilotaje y las actitudes que demuestran aceptación o rechazo de los conceptos CRM. La evaluación oficial durante una simulación de misión completa (LOE) constituye un comienzo. Sin embargo, el hecho que las tripulaciones puedan demostrar una coordinación de tripulación efectiva mientras se las está evaluando en condiciones de amenaza no significa que practican estos conceptos durante las operaciones normales de las líneas aéreas. Los datos más útiles pueden obtenerse de auditorías de líneas aéreas cuando se observan las tripulaciones en condiciones en que no existe amenaza. Los datos de auditoría de ese tipo, denominadas auditoría de la seguridad de las operaciones de las líneas aéreas (LOSA)[2], han demostrado que la instrucción CRM que incluye LOFT y la capacitación periódica producen los comportamientos deseados. Esta conclusión coincide con las evaluaciones de las instrucciones de los participantes. Las tripulaciones que completan las evaluaciones de curso informan que constituyen una instrucción eficaz e importante.

2.2.23 Las actitudes constituyen otro indicador de efecto porque reflejan los aspectos cognitivos de los conceptos que se promueven en la instrucción. Aunque las actitudes no permiten predecir perfectamente el comportamiento, resulta evidente que es improbable que las personas cuyas actitudes demuestran un rechazo de CRM respeten sus preceptos en materia de comportamiento. Las actitudes que se midieron para evaluar el efecto de CRM fueron las que se identificaron, constituyendo un factor en los accidentes e incidentes aéreos.

Ausencia de cumplimiento de los preceptos CRM en las operaciones de las líneas aéreas

2.2.24 Desde los primeros cursos a los actuales, algunos pilotos han rechazado los conceptos de CRM. Ese rechazo se encuentra en todas las líneas aéreas, y las iniciativas de instrucción correctiva para estos pilotos no han probado ser, por el momento, especialmente eficaces.

2.2.25 Aunque la mayoría de los pilotos apoya a CRM, no todos sus preceptos se han transferido de la sala de clase a la línea aérea. Por ejemplo, numerosas líneas aéreas han introducido módulos CRM para hacer frente a la utilización de la automatización en el puesto de pilotaje. Estas instrucciones promueven la verificación y el reconocimiento de los cambios de la programación, así como a recurrir a un manual de vuelo en vez de reprogramar los computadores de gestión de vuelo en situaciones con elevado volumen de trabajo o un espacio aéreo congestionado. Sin embargo, un porcentaje significativo de los pilotos que se observaban en operaciones de línea no cumplen con estos preceptos.

La aceptación del concepto CRM básico puede disminuir con el tiempo

2.2.26 Una conclusión perturbadora de la investigación consiste en una disminución de la aceptación de los conceptos CRM básicos, aun con instrucción periódica. Las razones de esto no son inmediatamente comprensibles, pero es posible especular sobre las causas probables. Una probabilidad consiste en la ausencia de apoyo administrativo para CRM y el hecho que los evaluadores, tales como el personal técnico de inspección de línea, no refuerza esta práctica. Otro factor consiste en que la instrucción ha evolucionado de una generación a otra, pudiendo haberse perdido el objetivo implícito original de la gestión de errores. La elaboración de procedimientos CRM (es decir, imponiendo oficialmente los preceptos CRM) también puede oscurecer la finalidad del comportamiento. Esta opinión se ve confirmada por las entrevistas oficiosas con tripulaciones a las cuales se pregunta "¿Qué es CRM?" Una respuesta típica es "Instrucción para hacernos trabajar mejor conjuntamente." Aunque esto ciertamente es exacto, solamente representa una parte del programa. Aparentemente, en el proceso de instruir a las personas sobre *cómo* trabajar juntos, la industria puede haber perdido de vista el *por qué* trabajar juntos en buena forma es importante. Aparentemente, la razón principal para CRM — apoyar las respuestas de la tripulación frente a amenazas y errores que se manifiestan en el entorno operacional — se ha perdido.

2. Véase el Doc 9803, *Auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA).*

La instrucción CRM no se exporta en buena forma

2.2.27 A medida que los programas de instrucción CRM de primera y segunda generación comenzaron a proliferar, numerosas líneas aéreas en todo el mundo empezaron a adquirir cursos de otras líneas aéreas u organizaciones didácticas. Aun dentro de un país, los cursos importados de otras organizaciones tuvieron menos efecto que los que se han elaborado para reflejar la cultura orgánica y los asuntos relativos a las operaciones de la línea aérea que recibe la instrucción. La situación era considerablemente menos favorable cuando los cursos de instrucción de un país se impartían en otro país. En muchos casos, los conceptos presentados no coincidían con la cultura nacional de los pilotos.

2.2.28 El científico holandés, Geert Hofstede, ha definido las dimensiones de la cultura nacional, varias de las cuales son importantes para la aceptación de la instrucción CRM. Las culturas basadas en un alto poder distante (PD), tales como las culturas orientales y de América Latina, ponen énfasis en la autoridad absoluta de sus dirigentes. Los subordinados en esas culturas se resisten a cuestionar las decisiones y medidas de sus superiores debido a que no desean demostrar una falta de respeto. Las peticiones a los miembros subalternos de la tripulación en el sentido que sean más enérgicos al cuestionar sus capitanes pueden ignorarse en esas culturas. Muchas culturas que tienen un elevado PD también son colectivistas. En culturas colectivistas, en las que se otorga importancia a la interdependencia y a la prioridad de los objetivos de grupo, el concepto de equipo e instrucción que destaque la necesidad de contar con un comportamiento de grupo eficaz puede ser aceptado fácilmente.

2.2.29 En cambio, las culturas extremadamente individualistas, tales como la cultura norteamericana, pone énfasis tanto en la independencia respecto al grupo como en la prioridad de los objetivos personales. Los individualistas pueden aferrarse al estereotipo de un piloto solitario que desafía los elementos y puede estar menos dispuesto a aceptar los aspectos relacionados con el grupo de la gestión del puesto de pilotaje. Una tercera dimensión, evitar la incertidumbre (UA), se refiere a la necesidad de adoptar un comportamiento regido por normas y procedimientos claramente definidos. Las culturas con elevada UA, tales como los países de América Latina, pueden aceptar en mayor medida los conceptos CRM que se definen en términos de comportamientos requeridos. Los anglosajones no aceptan en gran medida la UA, lo cual se refleja operacionalmente en una mayor flexibilidad en el comportamiento, pero también en una menor adhesión a los procedimientos operacionales normalizados (SOP).

2.2.30 La gestión de la automatización en el puesto de pilotaje también se ve influida por la cultura nacional. Los pilotos provenientes de culturas con elevado PD o UA demuestran que utilizan sin objeciones la automatización, en tanto que los que pertenecen a cultura con escaso PD o UA muestran una mayor propensión a desconectarse. La escasa UA de los pilotos norteamericanos puede explicar, en parte, la falla frecuente de completar listas de verificación y la aceptación imperfecta de los procedimientos CRM en este contexto.

2.2.31 Existe una tendencia creciente en los transportistas internacionales para incluir la cultura nacional como parte de la instrucción CRM y adaptar sus programas para lograr una armonía con su propia cultura. Esto constituye una iniciativa importante que debería mejorar el efecto de CRM en esas organizaciones.

2.2.32 Considerando tanto las limitaciones observadas de CRM, las diversas reacciones a la instrucción CRM por otras culturas, examinemos ahora la quinta generación de la instrucción CRM que trata las deficiencias de los enfoques didácticos anteriores.

Gestión de recursos en el puesto de pilotaje de quinta generación

2.2.33 Volviendo al concepto original de CRM, se concluye que la justificación principal para CRM debería ser la *gestión de errores*. Aunque la gestión de errores humanos constituyó la motivación original para aun la primera generación de CRM, la comprensión y la articulación de este concepto eran imperfectas. Aun cuando la instrucción promovía comportamientos determinados, la razón para utilizarlos no siempre era explícita. Lo que debería promoverse es una justificación definida con mayor precisión acompañada por un apoyo activo de la organización.

CRM como gestión de errores

2.2.34 Como fundamento de la quinta generación de CRM se encuentra la premisa de que el error humano es generalizado, inevitable y una fuente valiosa de información. Si el error es inevitable, se puede considerar a CRM como un conjunto de medidas para combatir el error con tres líneas de defensa. La primera consiste en evitar errores. La segunda consiste en detectar errores incipientes después que se cometen. La tercera consiste en mitigar las consecuencias de los errores que ocurren y no se detectan. Esto se presenta gráficamente en la Figura 2-1. El mismo conjunto de medidas CRM para combatir los errores se aplica a cada situación, siendo la diferencia el tiempo de detección. Por ejemplo, si se considera una aeronave de tecnología avanzada que experimenta un impacto contra el suelo sin pérdida de control (CFIT) debido a que se entró un punto de recorrido incorrecto en la computadora de gestión de vuelo (FMC). Una exposición cuidadosa sobre los procedimientos de aproximación y las posibles fallas, combinada con la comunicación y verificación de las entradas FMC, probablemente podrían evitar el error. La verificación de las entradas antes de la ejecución y la supervisión de la posición deberían detectar las entradas erróneas. Finalmente, como última defensa, el examen y la supervisión de la posición deberían dar como resultado una mitigación de las consecuencias de una orden ejecutada erróneamente antes del CFIT.

2.2.35 Para que se acepte el enfoque de gestión de errores, la organización debe comunicar su comprensión oficial de que el error ocurrirá, y que deberían adoptar un procedimiento no punitivo respecto a los errores. (Esto no significa que cualquier organización debería aceptar violaciones deliberadas de sus normas o procedimientos.) Además de "aceptar" errores, es necesario que las organizaciones tomen medidas para identificar el carácter y la fuente de los errores en sus operaciones. La auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA) constituye el instrumento que las líneas aéreas utilizan en la actualidad a este respecto. Para consultar una descripción completa de LOSA, véase el Manual *Auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA)* (Doc 9803).

Consideraciones para CRM de quinta generación

2.2.36 La CRM de quinta generación tiene el objeto de presentar errores como ocurrencias normales y elaborar estrategias para gestionar los errores. Debería basarse en una instrucción formal sobre las limitaciones del desempeño humano. Esto incluye comunicar el carácter de los errores, así como las conclusiones empíricas que demuestran los efectos negativos de tensiones tales como la fatiga, el exceso de trabajo y las emergencias. Por supuesto, estos tópicos requieren una instrucción formal, lo cual indica que CRM debe continuar teniendo su propio lugar en la instrucción inicial y periódica. Esto puede ilustrarse dramáticamente con ejemplos derivados de



Figura 2-1. Objetivos primarios de CRM

accidentes e incidentes en los cuales los errores humanos desempeñaron una función causal. En efecto, el análisis del desempeño humano es común a todas las generaciones de instrucción CRM. Sin embargo, se aduce que una instrucción aún más intensa puede impartirse utilizando ejemplos positivos de la forma en la cual los errores se detectan y gestionan.

2.2.37 Se ha descubierto que los pilotos de todas las regiones del mundo tienen actitudes no realistas respecto a los efectos de los factores de tensión en su desempeño. La mayoría estima, por ejemplo, que los pilotos verdaderamente profesionales pueden poner de lado los problemas personales cuando vuelan y que su capacidad para tomar decisiones es la misma en emergencias y en operaciones normales. La instrucción que demuestra que estas son convicciones erróneas o el producto de una confianza excesiva, y que todo individuo está sujeto a tensiones, puede promover actitudes más realistas, reduciendo la carga vinculada con la vulnerabilidad personal. A su vez, los pilotos que reconocen la degradación del rendimiento asociada con la tensión deberían aceptar con mayor facilidad la instrucción CRM como una medida de protección esencial.

2.2.38 Al mismo tiempo que la gestión de errores se convierte en el objetivo principal de la instrucción CRM, debe introducirse la capacitación para los instructores y evaluadores en relación con el reconocimiento y el refuerzo de la gestión de errores. Esta instrucción debería poner énfasis en el hecho que la gestión efectiva de errores constituye la indicación principal de un rendimiento eficaz de la tripulación y que los errores controlados correctamente son índices de un desempeño eficaz.

¿Cómo se relaciona la gestión de errores CRM con las generaciones anteriores?

2.2.39 La quinta generación de CRM evolucionó a partir de generaciones anteriores. Por ejemplo, la instrucción especial en la utilización de la automatización, y la función de liderazgo de los capitanes, tal como se destaca la tercera generación, pueden incorporarse netamente en este modelo. El enfoque de gestión de errores debe fortalecer la instrucción proporcionando una demostración extremadamente importante de las razones que existen para poner énfasis en CRM en todos los aspectos de la instrucción de vuelo. Del mismo modo, la integración de CRM en la instrucción técnica, y la elaboración de procedimientos CRM, también se inscribe dentro de este modelo y es posible que sea mejor comprendida y aceptada cuando los objetivos se definen claramente y la organización los apoya. Asimismo, los pilotos deberían ser más capaces de elaborar estrategias eficaces para la gestión de errores en situaciones en las cuales se carece de procedimientos, así como de proporcionar un elemento de coordinación para las aptitudes CRM que no son susceptibles de traducirse en procedimientos.

2.2.40 Los módulos de instrucción, tales como el carácter y la importancia de las exposiciones verbales, pueden considerarse como técnicas básicas de gestión de errores. Del mismo modo, la instrucción conjunta de las tripulaciones del personal auxiliar de a bordo y del personal del puesto de pilotaje pueden considerarse como una ampliación del alcance de la gestión de errores como una de las bases para una cultura de conciencia de la seguridad. Finalmente, la aclaración de los objetivos básicos de la instrucción CRM puede ser la mejor forma de convencer a los escépticos, que deberían encontrar difícil negar la importancia de la gestión de errores.

CRM en contexto

2.2.41 CRM no es, y no será jamás, el mecanismo destinado a eliminar errores y garantizar la seguridad en una actividad de alto riesgo como la aviación. El error es un resultado inevitable de las limitaciones naturales del desempeño humano y la función de sistemas complejos. CRM es un instrumento, entre muchos, que las organizaciones pueden utilizar para gestionar los errores humanos.

2.2.42 La seguridad de las operaciones se ve influida por las culturas profesionales, orgánicas y nacionales, y la seguridad requiere concentrarse en cada uno de estos elementos, orientándose hacia una *cultura de seguridad* en la organización, que trata a los errores en forma no punitiva y activa. Cuando se considera la CRM en el contexto del sistema de aviación, pueden comprenderse sus contribuciones y limitaciones. Lo que sabemos es que la justificación de la instrucción CRM es tan sólida hoy día como lo fue cuando el término se creó por primera vez.

Resumen de los fundamentos del éxito de CRM

2.2.43 Resumiendo esta generación en evolución, existen tres fundamentos que pueden utilizarse para construir medidas estratégicas destinadas a garantizar la importancia y el éxito permanente de CRM:

— el error operacional está difundido en la totalidad de las empresas operacionales sociotécnicas (es decir, personas/tecnología);

— una respuesta no punitiva al error operacional establece el mejor fundamento para identificar condiciones endémicas que producen errores dentro de una organización; y

— las líneas aéreas que toleran el error operacional y ponen en práctica criterios no punitivos tienen mayores posibilidades de dotar a las tripulaciones de vuelo con las medidas de protección correctas para hacer frente a los errores operacionales.

2.2.44 Concentrándose en los fundamentos del éxito de los programas CRM, las líneas aéreas han observado que los programas CRM eficaces y pertinentes están determinados por ciertas cualidades positivas:

a) ***Importancia operacional.*** Evitar deliberadamente juegos de salas de clases, actividades no operacionales y evaluaciones de personalidad.

b) ***Utilización de la experiencia propia.*** Utilización de los propios incidentes y accidentes que reflejan los problemas típicos de seguridad de la línea aérea. La línea aérea está resuelta a aprender de sus propios errores.

c) ***Se permite a las tripulaciones evaluar las amenazas y la gestión de las mismas.*** Análisis abierto de las amenazas dentro de la línea aérea y la forma en la cual éstas se detectan, tratan y atenúan.

d) ***Examen de la gestión de errores eficaz e ineficaz.*** Se destacan las medidas de protección de errores eficaces e ineficaces, maximizando de ese modo la instrucción.

2.2.45 El propósito fundamental de la instrucción CRM consiste en mejorar la seguridad de los vuelos mediante la utilización eficaz de estrategias de gestión de error en los individuos, así como en las áreas de influencia del sistema. En consecuencia, resulta razonable reorientar la CRM como una instrucción sobre gestión de amenazas y errores (TEM). De este modo, el objetivo debería consistir en la integración de TEM en CRM.

2.3 INSTRUCCIÓN SOBRE GESTIÓN DE AMENAZAS Y ERRORES (TEM)

Perspectiva sobre los análisis de accidentes/incidentes

2.3.1 Después que se producen los accidentes e incidentes, se plantean interrogantes inevitables. ¿Por qué la tripulación NO vio lo que era obvio? ¿Si hubieran hecho lo que debían hacer, sin duda no se habría producido un accidente en primer lugar? Y la pregunta más concluyente es: "¿Por qué cometió ese error un equipo con capacitación profesional?"

2.3.2 Una perspectiva tradicional ha consistido en analizar el incidente desde *afuera* y *retrospectivamente*; por ejemplo, la tripulación no pudo hacer frente a las restricciones de la operación debido a una competencia en materia de vuelo escasa o inadecuada. En consecuencia, la respuesta más lógica para garantizar que la tripulación esté debidamente capacitada consiste evidentemente en impartirle mayor instrucción y supervisión. Las fallas de seguridad son el resultado de personas que cometen errores. Aunque una respuesta de este tipo puede reparar defensas que se han vulnerado como resultado de las acciones o la inactividad de la tripulación, el hecho de enfrentar errores operacionales directos uno por uno no tiene un efecto duradero, debido a que el número y el carácter de los errores operacionales que deben subsanarse serían interminables. Sin embargo, la corrección del último error ha sido el enfoque tradicional adoptado por la aviación al procurar hacer frente a los errores operacionales. El éxito limitado de este enfoque ha quedado suficientemente demostrado.

2.3.3 La otra perspectiva consiste en examinar el evento desde *adentro* y *en contexto*, aceptando que las amenazas y los errores operacionales son inherentes a los entornos operacionales y se manifiestan dentro de los mismos. Esto significa que las amenazas y los errores mal administrados por la tripulación ocurren en sistemas, entornos y procedimientos inevitablemente imperfectos. Las fallas de la seguridad son el resultado de personas correctas que procuran comprender un contexto operacionalmente confuso, en vez del producto de personas incorrectas que cometen errores.

La perspectiva TEM

2.3.4 La perspectiva TEM aduce que las amenazas y los errores son generalizados en el entorno operacional en el cual trabajan las tripulaciones de vuelo. Las amenazas son factores que se originan fuera de la influencia de la tripulación de vuelo, pero deben ser gestionadas por la misma. Las amenazas son externas al puesto de pilotaje. Éstas aumentan la complejidad del entorno operacional y, en consecuencia, implican la posibilidad de promover los errores de la tripulación de vuelo. Las malas condiciones meteorológicas, las presiones de tiempo para cumplir con los turnos de salida/llegada, las demoras y, más recientemente, los eventos relativos a la seguridad, constituyen uno de los pocos factores de la vida real que afectan las operaciones de los vuelos comerciales. Las tripulaciones de vuelo deben gestionar una "lluvia" de amenazas y errores siempre presentes, intrínsecos a las operaciones de vuelo, para alcanzar los objetivos de seguridad y eficacia del transporte aéreo comercial. A veces, estos objetivos producen un conflicto aparente. Sin embargo, no se deben presentar la seguridad y la eficacia como un eje x/y, sino como una línea continua. Aunque la eficacia supera la razón de ser de todas las empresas comerciales, los objetivos en materia de seguridad refuerzan la sobrevivencia del comercio. La articulación de este concepto a las tripulaciones de vuelo constituyen el fundamento de la instrucción TEM.

2.3.5 Al procurar comprender el desempeño humano dentro de un contexto operacional, el objetivo central de TEM consiste en identificar, de la manera más exacta posible, las amenazas en la forma en que se manifiestan a la tripulación; recrear la respuesta de la tripulación a los peligros; y analizar la forma en la cual la tripulación gestionó el error consiguiente con arreglo a esta visión original. Esta es la perspectiva de *adentro* y *en contexto*. Una visión de este tipo otorga importancia operacional a CRM.

2.3.6 En consecuencia, la propuesta consiste en elaborar estrategias operacionales y prácticas para capacitar a las tripulaciones de vuelo sobre peligros y errores que son

intrínsecos a la operación de su línea aérea, y que pertenecen especialmente a la misma. CRM es el instrumento didáctico para lograr el objetivo de TEM (véase la Figura 2-2).

El modelo TEM y la inevitabilidad de los errores operacionales

2.3.7 Los conceptos de comunicación, trabajo de equipo, toma de decisiones y liderazgo siguen siendo los elementos fundamentales de la instrucción CRM. Durante muchos años, éstos se propusieron como "inoculaciones" rutinarias de los pilotos contra el error humano. Expresándolo en forma simple: enseñando a los pilotos los comportamientos CRM prescritos e imponiendo su observancia, haría desaparecer el error humano. Retrospectivamente, este enfoque ignoró el hecho que el error constituye un componente normal del comportamiento humano y, en consecuencia, es inevitable en los contextos operacionales. Mientras los seres humanos participen en el sistema aeronáutico, éstos cometerán errores.

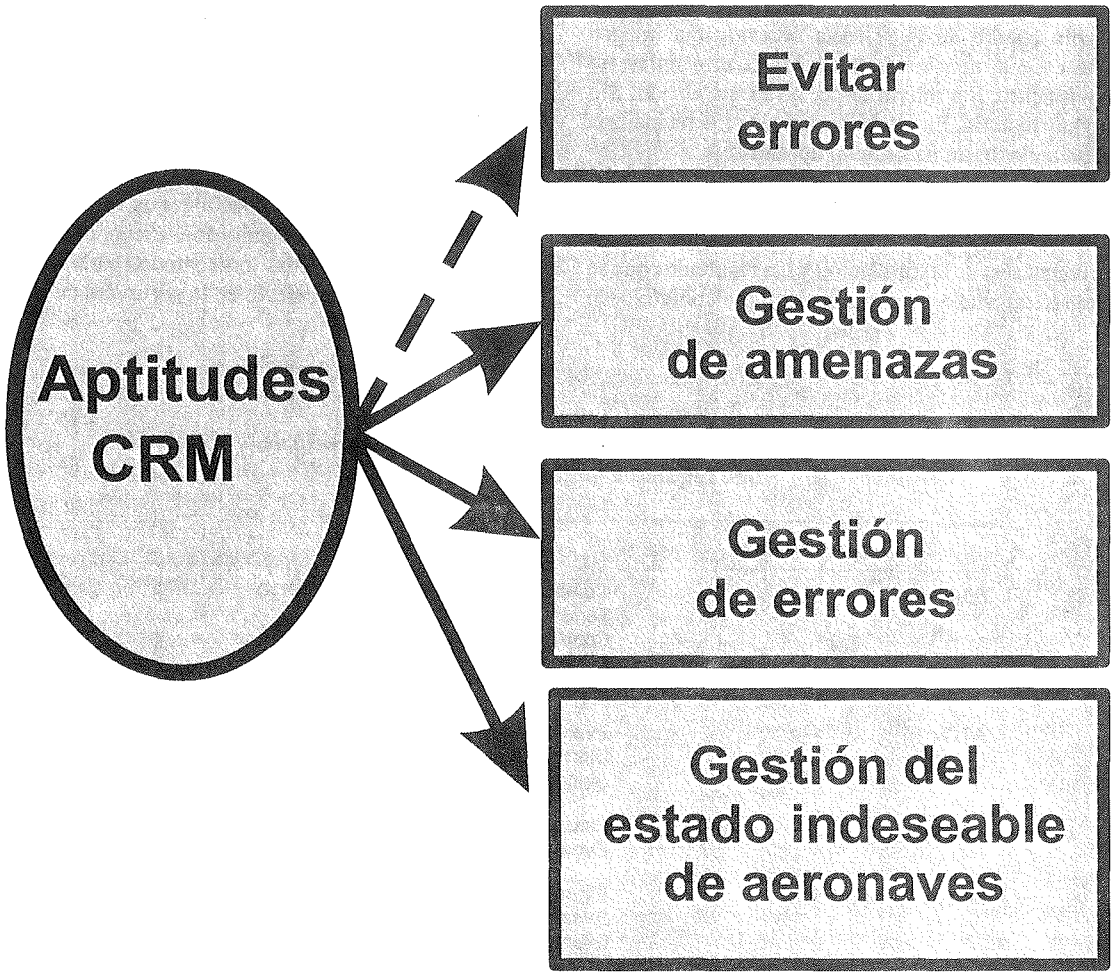


Figura 2-2. TEM — Un instrumento de instrucción operacional

2.3.8 En consecuencia, el objetivo de CRM debería consistir en el reconocimiento de las amenazas contra las operaciones seguras como la primera línea de defensa debido a que esas *amenazas* son el germen de los errores operacionales. La segunda línea de defensa consiste en la utilización de respuestas adecuadas de gestión de amenazas *para cancelar las amenazas*, y el reconocimiento de los posibles errores que las amenazas pueden generar. La última línea de defensa consiste en la utilización de *respuestas de gestión de errores* adecuadas. Este enfoque basado en principio en cuatro capas, respecto a las amenazas sistemáticas y a la gestión de errores operacionales aumentan la posibilidad de alcanzar *conclusiones* que puedan reducir al mínimo los riesgos operacionales y, en última instancia, preservar la seguridad del vuelo (véase la Figura 2-3).

2.3.9 La analogía de una cinta de película ilustrará el proceso. Un solo cuadro de la película muestra una imagen estática de una escena: una instantánea. Un cuadro único no representa movimiento. Sin movimiento, no existe acción. Sin una acción, no hay historia. En última instancia, sin una historia no existe una película, ni un mensaje ni aprendizaje.

2.3.10 TEM funciona en una forma análoga a una cinta de película. El movimiento y la interacción constante de las amenazas, las respuestas de la tripulación y los resultados que se desean para lograr un vuelo seguro constituye el objetivo de TEM. En tanto que el concepto tradicional consistía en separar CRM de los aspectos técnicos del vuelo de una aeronave, la gestión de amenazas y errores no hace una distinción de ese tipo. TEM comprende el proceso total de gestión de errores en las operaciones de vuelo.

Gestión de amenazas

2.3.11 Las amenazas afectan la capacidad de la tripulación para ejecutar un vuelo seguro. Un evento o factor se califica como amenaza solamente si es externo al puesto de pilotaje, es decir, si se origina fuera de la influencia de la tripulación (véase la Tabla 2-1). Las tripulaciones deben hacer frente a las amenazas mientras procuran cumplir con objetivos comerciales que constituyen el fundamento de las operaciones de las líneas aéreas. Las amenazas no constituyen necesariamente deficiencias del sistema aeronáutico, sino que eventos externos que aumentan la complejidad de las operaciones de vuelo y, en consecuencia, implican la posibilidad de generar errores. Es necesario gestionar las amenazas en las operaciones de vuelo a fin de mantener la performance en contextos difíciles. La eliminación total de las amenazas solamente sería posible si no se vuela en absoluto. Lo que importa es que las tripulaciones reconozcan las amenazas y puedan aplicar medidas preventivas para evitar, reducir al mínimo o atenuar su efecto en la seguridad de los vuelos.

Tabla 2-1. Amenazas — eventos externos, fuera de la influencia de la tripulación, que requieren gestión de la tripulación

Tipo de amenaza	*Ejemplo*
Ambiental	Condiciones meteorológicas adversas Terreno Condiciones aeroportuarias Evento de tránsito/TCAS intensos Aeropuertos no familiares
ATC	Eventos/errores de mando Dificultades de idiomas Signos de llamada similares
Aeronave	Fallas de aeronave Eventos de automatización
Apoyo de tripulación	Eventos/errores de despacho Eventos/errores en tierra Eventos/errores MNT
Operacional	Presiones de tiempo Operaciones irregulares Desviaciones de vuelo Aproximaciones frustradas
Cabina	Eventos en la cabina Errores de auxiliares de a bordo Eventos de pasajeros

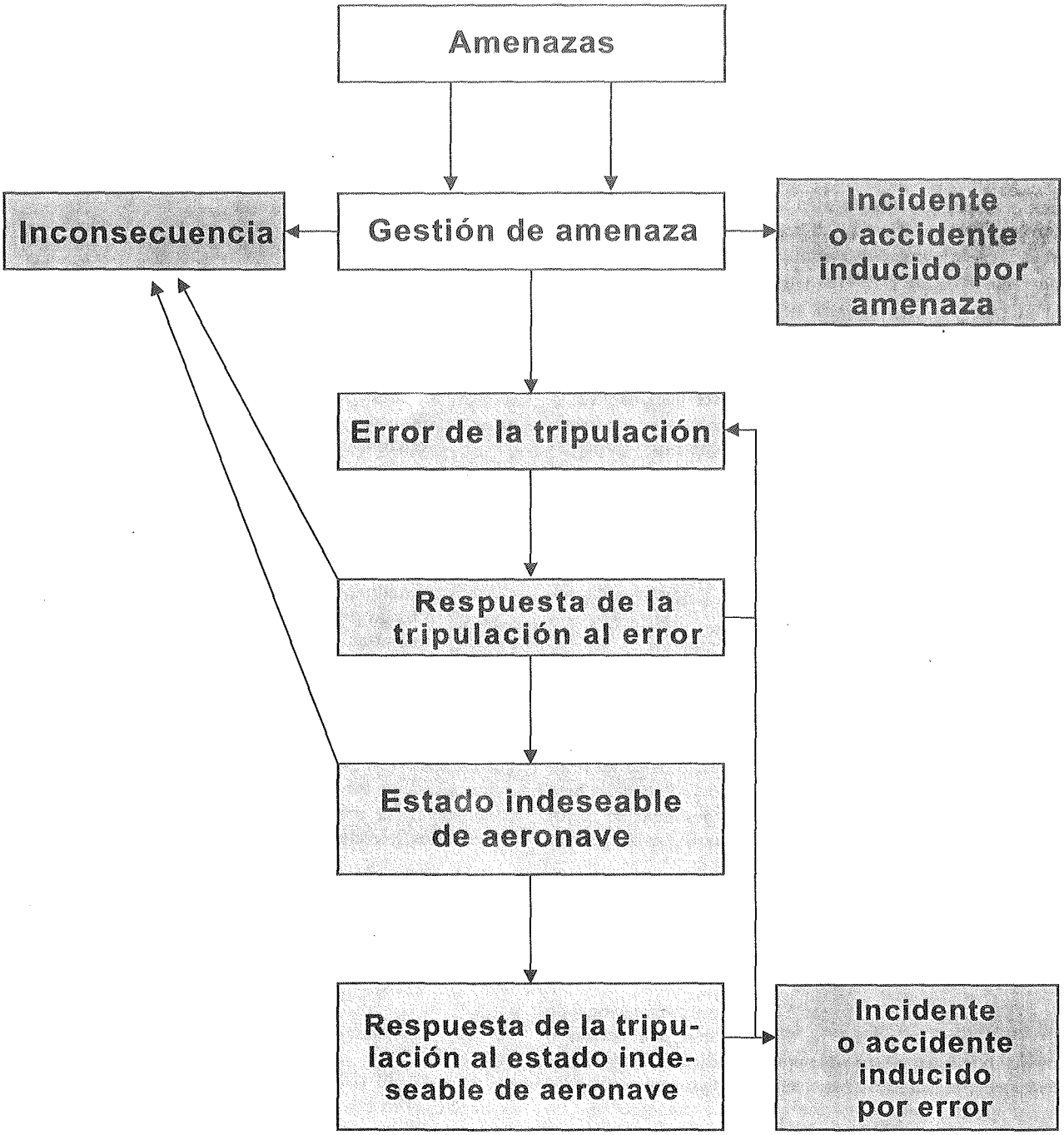


Figura 2-3. Modelo de gestión de amenazas y errores (TEM)

2.3.12 Las amenazas pueden ser abiertas o latentes. Las amenazas abiertas son las que son tangibles y observables para la tripulación. Ejemplos de este tipo incluyen las malas condiciones meteorológicas, las fallas de aeronave, los eventos de automatización, los eventos en tierra, el tránsito de aeronave, el terreno y las instalaciones de aeropuerto/aeródromo. Las amenazas abiertas son un hecho inevitable en la aviación, y se puede hacer muy poco desde el punto de vista de la tripulación de vuelo para gestionar estas amenazas. Sin embargo, en combinaciones específicas de circunstancias operacionales, las tripulaciones de vuelo deben gestionar las amenazas abiertas debido a que representan un riesgo para la operación.

2.3.13 Las amenazas latentes no son fácilmente observables por la tripulación, sino que se ocultan dentro de la estructura del sistema o de una operación determinada. También pueden pertenecer a la cultura, en el nivel nacional, de la organización, así como profesional. Su presencia puede manifestarse, por ejemplo, en el contexto de criterios y procedimientos de la organización. Las amenazas latentes son aspectos del sistema que predisponen a cometer errores o que pueden conducir a un estado indeseable de la aeronave. Los ejemplos de estas amenazas latentes incluyen prácticas ATC, normas de calificación, cuestiones industriales, el estado de las relaciones entre la administración y la fuerza laboral, y objetivos discrepantes en materia comercial y de seguridad.

2.3.14 Aunque el origen de estas amenazas se sitúa más allá de la influencia de la tripulación, es importante que se diseñe la instrucción de modo de proporcionar a las tripulaciones de vuelo los instrumentos para reconocer las amenazas que prevalecen y son exclusivas para las operaciones de su línea aérea determinada. Las tripulaciones de vuelo que están bien dotadas para reconocer amenazas podrán gestionar en mejor forma los posibles errores que esas amenazas puedan generar durante las operaciones de vuelo.

Gestión de errores

2.3.15 Dentro del concepto TEM, el error operacional de las tripulaciones de vuelo se define como una acción o inactividad de la tripulación que puede conducir a desviaciones respecto a las intenciones o expectativas de la organización o las tripulaciones de vuelo. Los errores operacionales pueden o no conducir a desenlaces adversos. TEM define cinco categorías de errores:

a) ***Errores intencionales de incumplimiento***. Desviación deliberada de las normas o los procedimientos del explotador.

b) ***Error de procedimiento***. Desviación en la ejecución de normas o procedimiento del explotador. La intención es correcta pero la ejecución es deficiente. Esto también incluye los errores en los cuales la tripulación olvidó hacer algo.

c) ***Error de comunicación***. Mala comunicación, mala interpretación o abstenerse de comunicar información pertinente dentro de la tripulación de vuelo o entre la tripulación de vuelo y un agente externo (por ejemplo, ATC u operaciones de tierra).

d) ***Error de competencia***. Falta de conocimiento o de competencia sicomotora ("palanca y timón").

e) ***Error de decisión operacional***. Un error en la toma de decisiones que no está normalizado por los reglamentos o los procedimientos del explotador y, como tal, compromete innecesariamente la seguridad. Para clasificarlo como un error de decisión, deben existir al menos tres condiciones. En primer lugar, la tripulación tenía opiniones más conservadoras en relación con razones operacionales y decidió no adoptarla. La segunda condición consiste en que la decisión no se expresó verbalmente y, en consecuencia, no se compartió con los miembros de la tripulación. La última condición consiste en que la tripulación tenía tiempo suficiente, pero no lo utilizó en forma eficaz para evaluar la decisión. Si se observan cualquiera de estas condiciones, la acción se considera un error de decisión en el marco de TEM. Un ejemplo incluiría una decisión de la tripulación de volar a través de una cizalladura del viento conocida en una aproximación, en vez de tomar un desvío.

2.3.16 Si la tripulación es incapaz de evitar, detectar o mitigar el error (es decir, errores no gestionados), el resultado consiguiente puede conducir a un estado indeseable de la aeronave. Las situaciones típicas que definen un estado indeseable de aeronave son las configuraciones incorrectas de aeronave, las aproximaciones inestables y las desviaciones verticales, laterales o de velocidad.

2.4 ORIENTACIÓN PARA INTEGRAR TEM EN CRM

El concepto de amenaza-error-respuesta-resultado

2.4.1 El concepto de amenaza-error-respuesta-resultado implica el proceso de reconocimiento por parte de la tripulación de las amenazas que están presente (abiertas) u ocultas (latentes) en circunstancias operacionales determinadas. Mediante la utilización de medidas preventivas, que incluyen las aptitudes CRM, la tripulación debe poder determinar cursos de acción que, eventualmente, gestionan las amenazas, limitan los errores y, en última instancia, permiten que la aeronave vuele en forma segura a su destino: un resultado seguro. En la mayor parte de los casos, las tripulaciones logran resultados seguros. A raíz de un fundamento sólido de las calificaciones técnicas o cualidades de coordinación "aprendidas" de la tripulación, se reconocen las amenazas y se gestionan los errores. Esto constituye un vuelo normal típico.

2.4.2 TEM se interesa por lo que ocurre durante estos vuelos "normales" típicos en los cuales las oportunidades de aprendizaje son numerosas. La utilización del concepto amenaza-error-respuesta-resultado identifica los aspectos de la forma en la cual la tripulación controla la situación mediante la utilización (o la utilización errónea) de aptitudes de defensa. Este concepto establece la estructura para la instrucción CRM.

2.4.3 Utilizando el ejemplo que figura en la página 2-2-14, los eventos que ocurren en un vuelo que es, de otro modo, normal pueden analizarse utilizando el concepto de amenaza-respuesta-resultado. ¿Cuáles son las amenazas en este ejemplo? ¿Cómo detectó la tripulación las amenazas y aplicó las medidas de protección de respuesta adecuadas? ¿Qué errores generó la amenaza? Finalmente, ¿cuál fue el resultado del vuelo? Estas son las preguntas básicas que deberían considerarse al integrar TEM en un programa CRM. El ejemplo también proporciona un análisis basado en TEM del vuelo "normal" típico mencionado anteriormente, utilizando el concepto de amenaza-error-respuesta-resultado.

Fases de instrucción y elaboración de CRM

Alcance

2.4.4 La elaboración sistemática de un programa CRM exige adoptar un procedimiento disciplinado de recopilación de datos operacionales; el diseño, la implantación y la evaluación de la instrucción; y, finalmente, la integración de sistemas o los cambios de procedimientos que mejoren la seguridad de los vuelos. En la sección siguiente se analizan las prácticas recomendadas para la elaboración y la integración de CRM en todos los aspectos de las operaciones de vuelo. Éstas resultan especialmente útiles en la planificación y el mantenimiento de los programas CRM. Las cuatro fases de la elaboración de un programa de instrucción CRM son:

a) evaluación de la experiencia operacional;

b) conocimiento;

c) práctica e intercambio de información; y

d) refuerzo y desarrollo permanentes.

Evaluación de la experiencia operacional

2.4.5 La experiencia operacional define las necesidades en materia de instrucción y, de ese modo, echa las bases para otras fases de la elaboración de la instrucción. Un elemento fundamental de esta fase consiste en la identificación o evaluación de amenazas y errores significativos que ocurren en forma exclusiva en el propio sistema de operaciones de vuelo del explotador. Una evaluación de ese tipo debe proporcionar una diagnosis exhaustiva de las operaciones de vuelo.

2.4.6 La diagnosis se logra en mejor forma obteniendo la participación conjunta del personal operacional y administrativo, y haciéndolos participar en deliberaciones libres y abiertas. Muchos explotadores que tienen una instrucción CRM en curso han utilizado comités directivos para evaluar la experiencia operacional.

2.4.7 A fin de lograr una diagnosis exhaustiva, un explotador debe examinar los siguientes elementos:

a) las amenazas y los errores que pueden aumentar los riesgos para la seguridad en las operaciones de vuelo;

b) las medidas de protección utilizadas por los miembros de la tripulación de vuelo para hacer frente a las amenazas y los errores;

c) el estudio de las actitudes de la performance de la tripulación (puede llevarse a cabo en todo el departamento de operaciones de vuelo);

d) los datos de otros departamentos (plataforma, servicio al consumidor, servicio del personal auxiliar de a bordo y mecánico) que indican los riesgos de las operaciones de vuelo; y

e) los datos relativos a la seguridad que figuran en la base de datos de incidentes o eventos del explotador.

2.4.8 No existe sustituto para una diagnosis correcta. Una evaluación exhaustiva de las amenazas y los errores determina el diseño y la elaboración de la instrucción, y también garantiza que el explotador obtenga una visión equilibrada al planificar el programa de instrucción CRM. La auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA) contribuye a lograr un examen global de las amenazas y los errores operacionales, aumentando al máximo de ese modo la eficacia de la instrucción CRM.

2.4.9 Una evaluación correcta de la experiencia operacional incluye los datos sobre la forma en que la línea aérea administra los aspectos comerciales de las operaciones de vuelo. Los datos sobre la experiencia operacional se refieren a los factores que definen las operaciones de vuelo de una línea aérea. ¿Qué tipo de estructura de rutas posee la línea aérea? ¿Existe una preponderancia de operaciones de flota a corta o larga distancia? ¿Cuál es la combinación de pilotos extranjeros y nacionales en el puesto de pilotaje? ¿Cuáles son los antecedentes de la interacción entre la administración y la fuerza laboral? ¿Existen patrones de errores que pueden deducirse de la base de datos de incidentes de la línea aérea? ¿Comunican los empleados sus inquietudes en materia de seguridad? Éstas son algunas de las fuentes típicas de datos sobre la experiencia operacional de una línea aérea. La experiencia operacional es importante debido a que define la forma en la cual una organización se comporta frente a las amenazas.

EJEMPLO

Durante las operaciones posteriores a la salida, el primer oficial se olvidó de activar los dispositivos que regulan la presión de la aeronave. Esto se habría detectado en las listas de verificación posteriores a la salida, pero este elemento se omitió inadvertidamente; el vuelo había sido retrasado anteriormente durante dos horas y estaba retrasado para su turno de salida asignado. A 8 000 pies en el ascenso, ambos pilotos advirtieron que la aeronave no tenía presión interior. El primer oficial corrigió el error rápidamente. El comandante y el primer oficial se dieron explicaciones recíprocamente después del vuelo. Se informó debidamente al personal auxiliar de a bordo.

Amenaza/respuesta

¿Qué amenazas estaban presentes? ¿Cuáles eran las amenazas abiertas? ¿Cuáles eran las amenazas latentes?
Vuelo retrasado anteriormente — presión de tiempo — mayor volumen de trabajo de la tripulación — amenaza abierta.

¿Cómo reconoció/no reconoció la tripulación la amenaza?
No reconoció la amenaza.

¿Qué medidas tomó la tripulación para hacer frente a la amenaza?
Ninguna.

Resultado

No se gestionó correctamente la amenaza.

Error/respuesta

¿Qué errores generó la amenaza? ¿Cómo pueden describirse estos errores (de procedimiento/comunicación/manejo de aeronave/ decisión/incumplimiento intencional?)
- El primer oficial omitió inadvertidamente un elemento de presionización de la lista de verificación posterior al inicio (de procedimiento).
- El comandante fue incapaz de detectar y comprobar la omisión (de procedimiento/comunicación).

¿Cómo reconoció/no reconoció la tripulación el error/estado indeseable de la aeronave?
Ambos pilotos advirtieron que la aeronave no estaba presionizada solamente después que no completaron la lista de verificación, conduciendo de ese modo a un estado indeseable de la aeronave, debido a que existió una falla en la medida de protección prescrita en los procedimientos.

¿Qué medidas tomó la tripulación para hacer frente al error? ¿Qué ocurrió después que la tripulación tomó medidas? ¿Tuvo consecuencia (ocurrió otro error)? ¿Fue inconsecuente? ¿Qué medidas adicionales tomó la tripulación?
- El primer oficial corrigió correctamente el problema, activando el dispositivo correspondiente.
- La tripulación pudo detectar el error.
- Se resolvió el problema de presionización.
- Los errores tuvieron consecuencias, pero se gestionó el estado indeseable de la aeronave.
- Se informó al personal auxiliar de a bordo.
- La tripulación analizó el suceso.

Resultado

El error se gestionó en forma errónea; se gestionó el estado indeseable de la aeronave.

Resultado general

Vuelo seguro.

2.4.10 La integración de TEM en CRM otorga importancia a la disciplina de la adquisición de datos sobre la experiencia operacional, lo cual determinará la eficacia de la instrucción CRM (véase la Tabla 2-2).

Conocimiento

2.4.11 Esta fase define el "fundamento" de la instrucción CRM. El objetivo consiste en educar a las tripulaciones respecto a las medidas de protección CRM. Este es un componente crítico de la instrucción debido a que en esta fase se delinea el diseño y el método del programa de instrucción CRM. La fase de conocimiento incluye las siguientes estrategias:

— apoyo/adopción del programa por parte de la administración superior;

— adopción y participación de la administración de la línea aérea;

— adopción y participación del sindicato;

— adopción y participación de los empleados de la línea aérea;

— conclusión del "fundamento" del diseño de la instrucción CRM;

— selección, instrucción, garantía de calidad y formación de los instructores CRM;

— planificación de estrategias de instrucción;

— participación de la autoridad normativa en la elaboración de CRM; y

— planificación para las evaluaciones de la instrucción CRM.

2.4.12 El elemento más esencial para establecer programas CRM en forma eficaz consiste en el apoyo deliberado de la administración superior. La administración superior no solamente proporciona los recursos para la instrucción CRM sino que, en forma más importante, proporciona el apoyo de la organización para mantener el programa CRM.

2.4.13 El apoyo se facilita si se informa a la administración superior de la función CRM respecto a la gestión de amenazas y errores. Es en relación con esto que TEM se destaca como una opción económica viable para la línea aérea; una organización que conoce lo que amenaza a sus operaciones y las gestiona deliberadamente mediante la utilización de medidas de protección CRM, ciertamente obtendrá beneficios económicos. En este sentido, la CRM basada en la gestión de amenazas y errores ofrece la posibilidad de proporcionar buenas ventajas comerciales.

2.4.14 La experiencia indica que la utilización de pilotos de la línea aérea como instructores en CRM produce resultados extremadamente positivos debido a que los pilotos de la línea aérea viven con las amenazas y errores en las operaciones. En gran medida, la incorporación de la experiencia de los pilotos de la línea aérea en la instrucción CRM aumenta la eficacia de la misma. Sin embargo, los beneficios de la utilización de los pilotos de línea aérea dependen del establecimiento de criterios

Tabla 2-2. Datos sobre la experiencia operacional de una línea aérea

Experiencia operacional	*Fuente de los datos*
Cómo gestiona una línea aérea:	
Las amenazas	Informes sobre peligros operacionales Informes sobre viajes/jornadas Informes confidenciales sobre incidentes Eventos en la cabina; horarios de vuelo Eventos sobre mantenimiento Datos de aeródromo/aeropuerto Encuestas sobre la tripulación
Los errores	Informes sobre investigación de incidentes Evaluaciones de la instrucción en simulador Garantía de calidad de las operaciones de vuelo (FOQA) Datos Informes confidenciales sobre incidentes LOSA

de selección razonables. Los instructores CRM deben ser fidedignos, técnicamente competentes y demostrar una capacidad satisfactoria de facilitación. La selección de instructores ineficaces tendrá efectos negativos a largo plazo en la instrucción CRM. Los explotadores deben mantener los criterios de selección de instructores CRM que deben revisarse constantemente. Además del establecimiento de criterios de selección, debe ponerse en práctica un procedimiento para supervisar y mantener constantemente la calidad de la instrucción CRM. Después de la selección, los instructores CRM deben incluirse en programas de desarrollo educacional a fin de mantener la competencia correspondiente en materia de facilitación.

Práctica e intercambio de información

2.4.15 La fase de práctica e intercambio de información comprende dos procedimientos. El primer procedimiento incluye la demostración de las aptitudes para tomar medidas de protección CRM en contextos operacionales aplicados. Una exposición anterior requiere ahora un análisis más detallado. La validación del éxito de la instrucción CRM utilizando la disminución de la tasa de accidentes por millones de sectores de vuelo tienen escasa utilidad debido a que las tasas de accidentes son extremadamente bajas. Además, existe una intensa variación en la instrucción de los pilotos y resulta imposible identificar los programas que han tenido un efecto positivo (o negativo) en un accidente. Lo que se sabe mediante la investigación es que las tripulaciones que aceptan la instrucción y demuestran aptitudes para tomar medidas de protección CRM al gestionar errores tienen una mayor probabilidad de no participar en ocurrencias.

2.4.16 En casos extremos, en accidentes importantes tales como el DC-10 que experimentó una falla hidráulica catastrófica total, se mencionaron las aptitudes para tomar medidas de protección CRM como un factor que evitó una mayor pérdida de vidas. El segundo proceso, y tal vez el más importante, consiste en la demostración del empleo de respuestas sobre la performance de la tripulación en el entorno operacional. A este respecto, se otorga importancia al valor de LOFT en una sesión de instrucción sin riesgo. La instrucción sin riesgo resulta esencial para que la tripulación pueda manifestar actitudes que sean tan similares como sea posible a las que se demostrarían en condiciones sin supervisión, durante vuelos normales. En esas condiciones, un evaluador o inspector adiestrado puede detectar el grado de aprendizaje del alumno de las aptitudes para tomar medidas de protección CRM. Por otra parte, la organización que imparte instrucción puede demostrar flexibilidad al simular escenarios típicos y específicos de la línea aérea que son representativos de las operaciones y, a raíz de esto, son significativos para los alumnos.

2.4.17 En los últimos años ha surgido un nuevo programa para supervisar la seguridad de los vuelos de las líneas aéreas — la auditoría de la seguridad de las operaciones de línea aérea (LOSA) — que ofrece posibilidades promisorias para evaluar la utilización y la validez de la competencia profesional y las aptitudes para tomar medidas de protección, tanto CRM como técnicas, para hacer frente a los errores humanos.

2.4.18 En las LOSA se examina o audita operacionalmente un "segmento" de las operaciones de vuelo de la línea aérea, incluyendo la performance de la tripulación de vuelo: la forma en que las tripulaciones reconocen y gestionan las amenazas y los errores en vuelos normales de la línea aérea. Al final, se proporciona a la línea aérea un enfoque sobre las "condiciones de salud". Uno de los componentes de LOSA consiste en evaluar la medida en la cual la tripulación utiliza CRM para evitar, detectar o atenuar errores. Esto se hace por medio de observaciones sistemáticas, sin amenazas ni prejuicios, de muestras de vuelo por un observador LOSA capacitado. Además de identificar la eficacia de la instrucción CRM, las LOSA poseen un valor considerable en el mejoramiento del programa de garantía de la calidad de las operaciones de vuelo (FOQA) de la línea aérea. Los elementos de práctica y respuesta incluyen además:

— las demostraciones de aptitudes CRM durante la instrucción en simulador;

— las verificaciones de la línea aérea realizadas por el departamento de normas de vuelo;

— las sesiones CRM/LOFT;

— la utilización de LOSA como un procedimiento destinado a validar el aprendizaje de las aptitudes para adoptar medidas de protección CRM; y

— el establecimiento de instrucción periódica CRM que incluye la incorporación de CRM en los programas de desarrollo de mando y reforzarla en la formación de copilotos.

2.4.19 Aunque el elemento fundamental de la instrucción CRM consiste en la utilización de pilotos de línea como instructores CRM, el individuo más importante en la fase de práctica y respuesta es el inspector/personal técnico aeronáutico de inspección. Los inspectores y el personal técnico aeronáutico de instrucción deben someterse a una forma más especializada de capacitación de instructores. Este tipo de instrucción debe concentrarse en las aptitudes de exposición correcta, el conocimiento de peligros específicos del explotador, y técnicas de exposición LOFT, tales como la utilización de cintas de vídeo para examinar la performance de la tripulación. La instrucción periódica CRM también debe tener lugar durante la fase de práctica y respuesta. En esta fase es donde se analizan los tópicos más específicos de CRM, o se deben destacar en mayor medida tópicos adicionales de la fase de conocimiento de CRM.

Refuerzo y desarrollo permanentes

2.4.20 El TEM eficaz se basa en la experiencia operacional. La utilización de esa experiencia durante el refuerzo y el desarrollo constante de la instrucción CRM resulta esencial. La experiencia operacional de cada línea aérea es única y es probable que difiera en forma significativa de otras empresas.

Las líneas aéreas tienen culturas distintas, vuelan rutas diferentes y flotas diferentes, y son supervisadas por diferentes autoridades de aviación civil, con prácticas específicas en la implantación de las normas y métodos recomendados (SARPS). La utilización de los propios datos de la línea aérea producen los programas de instrucción pertinentes. El examen exhaustivo de eventos reales de la línea aérea, y su incorporación en la instrucción CRM, produce los mejores resultados.

2.4.21 La utilización de TEM como la base para el desarrollo de CRM permite a las tripulaciones de vuelo evaluar y gestionar las amenazas. Durante la instrucción, se debe otorgar a las tripulaciones de vuelo la oportunidad máxima de estudiar los errores y examinar las técnicas de gestión de errores eficaces e ineficaces. Esta constituye la característica fundamental de la instrucción CRM basada en TEM. Para lograr esto, resulta importante proporcionar un vínculo directo entre la performance en materia de seguridad de la línea aérea y el desarrollo y el diseño constante de la instrucción CRM. La importancia del programa de instrucción aumenta cuando los eventos reales experimentados por la línea aérea se integran dentro de la instrucción CRM en la forma de estudios de casos. Al hacerlo, se advierte a los pilotos de las amenazas específicas del explotador que experimentan otras personas en las operaciones de la línea aérea. Más importante aún, la instrucción CRM se convierte en un vehículo para compartir las medidas de protección que han dado buenos resultados.

2.4.22 La forma de impartir la instrucción constituye también un requisito didáctico importante. La CRM debería concentrarse en todo momento en las operaciones. Esto significa que se evitarán las actividades didácticas que nada tienen que ver con el entorno operacional. Deben excluirse absolutamente los "juegos" de sala de clase. Las técnicas de ejecución que deben utilizarse en la instrucción CRM giran en torno al contexto del aprendizaje de adultos. Esto significa que debe existir un equilibrio entre "comunicar" y "facilitar" el aprendizaje. En general, las técnicas destinadas a impartir la instrucción, tales como análisis en pequeños grupos, la utilización de vídeo sobre incidentes/accidentes y las presentaciones que se concentran en experiencias reales de la línea aérea, ofrecen las mejores oportunidades de aprendizaje para los alumnos.

Resumen

2.4.23 En la Tabla 2-3 se resumen las cuatro fases de la elaboración y la implantación de la instrucción CRM, y se proporciona a los preparadores de materiales didácticos CRM una lista de verificación de los elementos y artículos fundamentales para orientar el diseño y la elaboración de CRM.

Razones para utilizar TEM

2.4.24 Existen dos razones básicas que justifican la utilización de TEM como un instrumento para el diseño de cursos CRM. En primer lugar, las amenazas y los errores están presentes en todas las fases de las operaciones de vuelo. Desde el momento en que se despacha un vuelo hasta el momento en que termina, los pilotos deben hacer frente a amenazas y errores. En segundo lugar, como consecuencia lógica, las operaciones de vuelo seguras exigen que se reconozcan las amenazas y se utilicen en forma apropiada las medidas de protección para gestionar errores de modo de evitar, detectar y mitigar los efectos de los errores humanos. La construcción de un diseño de curso utilizando TEM crea un vínculo natural con las aptitudes necesarias para adoptar medidas de protección CRM. En la Tabla 2-4 se resume la forma en la cual se puede utilizar TEM como guía para describir el contenido de los cursos CRM, así como las conclusiones didácticas.

2.4.25 La Tabla 2-4 puede utilizarse para establecer los conocimientos y aptitudes básicas que deben traducirse en un curso CRM de explotador. Las medidas de protección CRM incluidas representan los conocimientos especializados combinados de los ejecutantes y la investigación en diferentes países. La aviación constituye una actividad mundial, y, aunque pueden existir diferencias en la forma en la cual un explotador administra sus operaciones de vuelo, los procedimientos básicos son fundamentalmente los mismos. Las aptitudes CRM propuestas se aplican a cualquier explotador, independientemente de su tamaño y complemento. Además, aunque los modelos culturales difieren en los distintos explotadores y distintos Estados, las aptitudes CRM descritas variarán solamente en cuanto a su importancia relativa.

Desarrollo de aptitudes CRM

2.4.26 A continuación se indican las diferentes aptitudes y las calificaciones correspondientes que determinan el alcance de la instrucción CRM:

- ***Liderazgo/mando***. Utiliza la autoridad correspondiente para garantizar la concentración en las tareas y los intereses de los miembros de la tripulación. Ayuda a los demás a completar sus tareas.

- ***Toma de decisiones***. Detecta la desviación respecto a la situación deseada, evalúa el problema, genera medidas alternativas, identifica riesgos y selecciona el mejor curso de acción. Posteriormente, revisa el curso de acción elegido con el objeto de aprender y modificar el comportamiento.

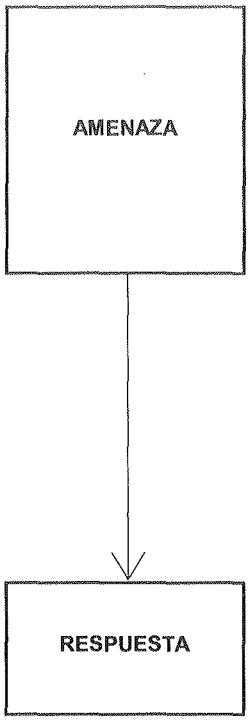
- ***Comunicación***. Exhibe una utilización clara y eficaz del idioma y reacciona frente a las respuestas; se dan a conocer los planes y se resuelven las ambigüedades. Esto se demuestra especialmente al garantizar exposiciones verbales interactivas.

- ***Conocimiento de la situación***. Comprende las condiciones presentes del sistema y del entorno, y anticipa los

Tabla 2-3. Elementos y materiales fundamentales destinados a orientar el diseño y la elaboración de CRM

Fase	*Elemento*	*Factores fundamentales*
Evaluación de la experiencia operacional	• Evaluación/diagnosis de amenazas y errores que describen la experiencia operacional, incluyendo medidas de protección típicas practicadas en las operaciones de línea • Adquiere datos sobre el rendimiento de la tripulación por medio de la instrucción en simulador, se realizan encuestas y deliberaciones definidas entre los pilotos, los instructores y la administración • Se entregan datos sobre seguridad operacional procedentes de la base de datos de seguridad del explotador, LOSA y FOQA	1. Identifique amenazas abiertas o latentes experimentadas en las operaciones de vuelo: – utilice datos LOSA para elaborar escenarios para módulos de instrucción CRM; – utilice datos FOQA para elaborar una descripción general de los antecedentes de vuelo del explotador. 2. Si no se dispone de datos LOSA o FOQA, utilice informes de incidentes significativos que ponen de relieve las amenazas y la forma en la cual las tripulaciones gestionan los errores. 3. Si no se dispone de datos documentados e históricos, realice sesiones de grupos de conducta para identificar las amenazas y los errores representativos y la forma en la cual se gestionan en las operaciones de vuelo. 4. Asigne prioridad a los asuntos de seguridad que deberían tratarse en forma urgente durante la instrucción CRM e incorpore prioridades en el diseño de la instrucción CRM. 5. Recopile datos de otros grupos operacionales, tales como la tripulación de vuelo, el personal técnico, las operaciones en la plataforma y los servicios al consumidor sobre amenazas y errores que tienen un efecto en las operaciones de vuelo e incorpórelos en el diseño de la instrucción CRM. 6. Integre un grupo de diseño que estará en las mejores condiciones de diseñar la instrucción CRM, y nombre un administrador de programas para dirigir el diseño de la instrucción CRM.
Conocimiento	• Obtenga un compromiso de la administración superior respecto a la implantación de CRM • Complete el diseño de la instrucción CRM y la ejecución de la instrucción, incluyendo un plan para seleccionar y formar instructores CRM • Planifique las evaluaciones de la instrucción CRM	1. Ponga énfasis en el efecto de CRM en los objetivos comerciales; p. ej., las repercusiones de las presiones sobre el desempeño a tiempo en la seguridad y en CRM. 2. Haga participar a la autoridad de aviación civil en la elaboración de CRM. Esto incluye adoptar un procedimiento para mantener informada y participando a la autoridad de aviación civil. 3. Elabore un sistema de gestión de la seguridad y un método para mantener la instrucción CRM tal como se aplica en las operaciones de línea. Esto incluye una transferencia real de aptitudes CRM en las operaciones de la línea aérea.
Práctica y respuesta	• Integre aptitudes CRM en la instrucción en simulador y en línea • Asegúrese que los cursos de desarrollo del piloto al mando y el copiloto incluyan la evaluación de aptitudes CRM • Asegúrese que los instructores de vuelo y en simulador comprenden y apliquen CRM tanto en la instrucción como la verificación	1. Establezca un procedimiento para evaluar las aptitudes CRM, junto con los requisitos sobre competencia técnica. 2. Coordine la integración y aptitudes CRM en la formación del piloto al mando y el copiloto. 3. Planifique y ponga en práctica el programa de recopilación constante de datos sobre amenazas y errores que se observen durante la instrucción en simulador o las verificaciones en línea. 4. Asegúrese que los instructores de vuelo y en simulador mantengan el nivel requerido al evaluar las aptitudes CRM.
Refuerzo y desarrollo constantes	• Elaborar un plan para comunicar las amenazas y los errores en las operaciones de la línea aérea • Vincule la performance en materia de seguridad con desarrollo constante de la instrucción CRM • Utilice eficazmente los datos de investigación para mejorar y renovar la instrucción CRM	1. Genere un procedimiento de respuesta mediante el cual se comunique a todos los pilotos las medidas de protección contra amenazas y errores. 2. Identifique las opciones para utilizar los incidentes relacionados con la seguridad del explotador de modo de mantener la vigencia y la importancia de la instrucción CRM. 3. Estudie la posibilidad de utilizar los datos de las informaciones de estudio y de seguridad para mejorar la instrucción CRM. 4. Utilice la performance en simulador y en las verificaciones de línea para mejorar la instrucción CRM.

Tabla 2-4. Integración de TEM en el diseño de cursos



Módulo didáctico CRM	*Resultados del aprendizaje*
Reconocimiento de amenazas	
• Latente	Demuestra una comprensión de las culturas, criterios y normas nacionales, profesionales y de la organización, así como de su relación en términos de las posibles amenazas contra las operaciones de vuelo.
• Abiertas	Está consciente de las amenazas relacionadas con el equipo, los individuos, la organización, los sistemas y la aeronave mediante el conocimiento de las experiencias únicas del explotador.
Medidas de protección del equipo y el ambiente	
• Liderazgo/mando	Es decisivo aun en situaciones ambiguas. Procura obtener consenso y participación.
• Comunicación	Demuestra claridad al expresar los mensajes y muestra una activa capacidad para escuchar. Verifica la comprensión y procura obtener respuestas.
• Formación de equipos	Define las responsabilidades de los miembros de la tripulación y establece una dirección. Utiliza aptitudes de instructor para motivar a los miembros de la tripulación.
Ejecución de medidas de protección	
• Gestión del volumen de trabajo	Tiene la capacidad de asignar prioridades a las tareas y mantener una verificación constante respecto al exceso de trabajo de la tripulación.
• Vigilancia	Permanece alerta respecto al entorno y la posición de la aeronave.
• Gestión de la automatización	Muestra una posición equilibrada entre el volumen de trabajo y la automatización. Relega las tareas con menor prioridad a la automatización.
• Desempeño humano y errores humanos	Se mantiene alerta, pero está consciente de los límites individuales. Reconoce la atención personal y pide ayuda cuando es necesario.
Planificación	
• Exposiciones verbales	Practica mediante exposiciones verbales operacionales e incluye a otros miembros de la tripulación tales como el personal auxiliar de a bordo. Comprueba la comprensión.
• Establece requisitos mínimos y límites	Está consciente de las exigencias de la tarea. Define un plazo amplio para completar las tareas y no se aparta de los objetivos de las mismas.
• Gestión de contingencias	Anticipa y prevé respecto a eventos imprevistos.
Examen y supervisión	
• Evaluación de planes	Examina y modifica los planes cuando es necesario. Procura obtener la participación de otros miembros de la tripulación.
• Consultas	Solicita información y formula preguntas si la información es vaga o incompleta.
• Seguridad	Comunica opiniones en forma apropiada sobre una decisión y expresa verbalmente sus inquietudes si es necesario.

cambios futuros durante el vuelo. Tiene la capacidad de proyectar los cambios que pueden ocurrir a medida que el vuelo transcurre.

- ***Formación de equipos***. Establece prioridades para las tareas y utiliza recursos de la tripulación para lograr objetivos. Contribuye al mejoramiento de las relaciones interpersonales de la tripulación.

- ***Gestión del volumen de trabajo***. Establece prioridades y delega en forma eficaz para mantener la concentración en las tareas principales. Mantiene a todo el mundo "informado" comunicándose activamente. Supervisa constantemente la evolución del vuelo.

- ***Vigilancia***. Evita conscientemente mostrarse complaciente durante el vuelo. Vigila el sistema y los cambios en el entorno, informando a otros miembros de la tripulación de las posibles amenazas y errores.

- ***Gestión de automatización***. Utiliza la automatización para ayudar a administrar el vuelo, especialmente en situaciones con un alto volumen de trabajo. Se mantiene informado de los cambios de modo y anticipa imprevistos.

- ***Desempeño humano***. Está consciente de las limitaciones personales y humanas, reconoce las presiones y demuestra seguridad al tratar las limitaciones personales/humanas.

- ***Exposiciones verbales***. Establece comunicaciones abiertas e interactivas. Verifica la comprensión de los demás solicitando preguntas o comentarios. Concentra sus exposiciones en asuntos operacionales.

- ***Establece requisitos mínimos***. Está consciente de las acciones de la tripulación, especialmente las violaciones posibles de requisitos mínimos. Expresa verbalmente sus inquietudes y opiniones si los riesgos aumentan la vulnerabilidad respecto a los errores durante el vuelo.

- ***Gestión de contingencias***. Mantiene una vigilancia constante de los cambios en el transcurso del vuelo. Evalúa las amenazas y los planes para adoptar medidas contingentes de modo de hacer frente a las restricciones que podrían producirse en el vuelo.

- ***Evaluación de planes***. Examina la línea de acción tomada. Solicita contribuciones de otros miembros de la tripulación para analizar la forma en la cual se gestionaron las amenazas y los errores, así como la forma de mejorar el desempeño de la tripulación en el futuro.

- ***Seguridad***. Consulta a otros, especialmente durante situaciones ambiguas, para aclarar las medidas que deben tomarse. Impone sus opiniones en forma constructiva y contribuye a aumentar la eficacia general del equipo.

2.5 INSTRUCCIÓN DE VUELO ORIENTADA A LAS LÍNEAS AÉREAS (LOFT)

Introducción

2.5.1 La instrucción de vuelo orientada a las líneas aéreas (LOFT) se refiere a la instrucción de la tripulación de vuelo sin riesgo y en instalaciones que comprenden una simulación de una misión completa de situaciones que son representativas de las operaciones de la línea aérea. LOFT otorga una importancia especial a las situaciones que incluyen comunicaciones, gestión y liderazgo. En suma, LOFT representa una instrucción realista, completa y en tiempo real. El valor comprobado de LOFT es tal que varias administraciones aeronáuticas estatales permiten que se utilice en vez de las usuales verificaciones de aptitud semianuales, siempre que se cumpla con determinadas condiciones especificadas.

2.5.2 LOFT puede tener un efecto significativo en la seguridad aeronáutica mediante una mejor instrucción y validación de los procedimientos operacionales. LOFT presenta a las tripulaciones de vuelo con escenarios de operaciones cotidianas típicas en su línea aérea, con dificultades razonables y realistas, así como emergencias que se introducen para proporcionar instrucción y evaluación de técnicas correctas de gestión en el puesto de pilotaje, las amenazas que genera el entorno operacional y las estrategias de gestión de amenazas y errores utilizadas por las tripulaciones de vuelo. El resultado es que la línea aérea comprende las deficiencias operacionales de las tripulaciones de línea y evalúa la idoneidad de los procedimientos en el puesto de pilotaje, así como la eficacia general de la instrucción de las tripulaciones.

2.5.3 Los escenarios LOFT pueden elaborarse a partir de muchas fuentes, pero los informes de accidentes e incidentes proporcionan un punto de partida realista y adecuado. Un programa LOFT realizado correctamente puede proporcionar una visión muy clara del funcionamiento interno de las operaciones y el programa de instrucción de una línea aérea, por las razones siguientes.

a) Si errores similares parecen repetirse en los pilotos, esto puede indicar un problema posiblemente grave como resultado de procedimientos incorrectos, manuales contradictorios o incorrectos, u otros elementos operacionales.

b) Puede indicar campos en los cuales los programas de instrucción de la tripulación de vuelo son insuficientes o requieren ser reforzados.

c) Puede indicar problemas con las ubicaciones de los instrumentos, la información que se presenta a los pilotos, u otras dificultades con la organización física de un puesto de pilotaje determinado.

d) Las líneas aéreas pueden utilizarla para probar y verificar los procedimientos operacionales en el puesto de pilotaje.

2.5.4 LOFT no debe utilizarse como un método para verificar el desempeño de los individuos. En cambio, es una validación de los programas de instrucción y los procedimientos operacionales. Aun a los individuos o tripulaciones que requieren instrucción adicional después de una sesión LOFT se le debe ofrecer la oportunidad inmediatamente, sin afectar sus antecedentes o recriminarlo.

2.5.5 Una sesión LOFT no debe interrumpirse excepto en circunstancias extremas e inhabituales. El hecho de volver a colocar el simulador y repetir problemas no es consistente con los principios de LOFT. Parte de los beneficios de LOFT se derivan del hecho que un individuo o una tripulación puede apreciar rápidamente los resultados, ya sea positivos o negativos, de decisiones operacionales. Después de completar una sesión de ese tipo, debería realizarse una rendición de cuentas exhaustivas de todos los aspectos correspondientes. Esto podría llevarse a cabo con una rendición de cuenta inicial entre la tripulación misma, seguida por una rendición de cuentas por el coordinador LOFT (piloto inspector, instructor). Esta crítica debería incluir la utilización de ayudas tales como los registradores de voz y vídeo, así como notas escritas.

Elaboración de diseños de escenarios

2.5.6 Diferentes explotadores, diferentes operaciones y diferentes pilotos dentro de una operación tienen diferentes necesidades en materia de instrucción. La legislación de los reglamentos que rige la utilización de LOFT debe ser flexible para permitir que se satisfagan estas diferentes necesidades educacionales. Si se especifica un número mínimo de horas de instrucción en simulador, se debe permitir a un explotador que divida estas horas entre LOFT e instrucción en otros campos a fin de cumplir con los objetivos que se estiman más importantes por ese explotador determinado.

2.5.7 Se puede utilizar la simulación de misión completa para fines distintos a los de LOFT. Asimismo, muchas de las directrices siguientes para la elaboración de escenarios pueden ser idóneas para el diseño de otras tareas de simulación de misión completa. El factor principal que debe regir la utilización de una simulación de misión completa es el objetivo específico para el cual se está utilizando y el contexto específico en el cual se está aplicando.

2.5.8 Todos los escenarios y segmentos de vuelo LOFT deben ser diseñados basándose en una exposición detallada de objetivos específicos. Estos objetivos deben definir qué tipo de situación se debe tratar y las razones para hacerlo.

2.5.9 El origen, la orientación y el destino de un escenario determinado deben regirse por los objetivos específicos para ese escenario o sector de vuelo. Otros factores que deben considerarse son las condiciones meteorológicas, los problemas operacionales y de equipo, etc. Los sistemas visuales de simulador, así como otro tipo de capacidad y limitaciones, deben tenerse presentes en una etapa extremadamente temprana del diseño de escenario. El área de navegación en simulador debe ser adecuada y coincidir con las cartas vigentes. Del mismo modo, los manuales vigentes y otro tipo de documentación operacional debe estar disponible para mantener el realismo.

2.5.10 Otros factores que deben tomarse en cuenta son los aeropuertos alternativos, el combustible y la gestión del tránsito aéreo. Los elementos específicos del emplazamiento elegido dependerán de las necesidades del explotador. Por ejemplo, si se construye una situación en torno a problemas de gestión del tránsito aéreo, se debe elegir una ruta en la cual es probable que ese problema ocurra.

2.5.11 Los problemas y anomalías deben elegirse en términos de los objetivos específicos. Pueden utilizarse tanto los problemas simples (los que no tienen efectos en un vuelo después que se han detectado y corregido) como los problemas complejos (los que ejercen una influencia en el resto del vuelo). No deben complicarse los problemas. La presentación simultánea de problemas múltiples no debería constituir un resultado del diseño de escenario, aunque podría ocurrir como el producto de una acción incorrecta de la tripulación. Los escenarios LOFT no deben diseñarse de modo de abrumar o sobrecargar a la tripulación. Un accidente no debe ser jamás inevitable, aunque constituye un resultado que podría ocurrir.

2.5.12 Deben diseñarse subescenarios a fin de anticipar las acciones de las tripulaciones en la mayor medida posible. Conviene limitar las opciones de la tripulación en alguna medida. El instructor LOFT debe estar en condiciones de adoptar opciones alternativas en relación con una conclusión razonable en muchos casos. El empleo de problemas que no pueden corregirse es permisible si esos problemas corresponden a los objetivos del escenario. Un ejemplo sería el hecho que el tren de aterrizaje no se pudiera extender, dando como resultado un aterrizaje con el tren de aterrizaje replegado.

2.5.13 El ritmo y el tiempo de un escenario deben ser adecuados para determinados factores, tales como la ubicación, el tiempo de salida y la fase de vuelo. Más importante aún, debe corresponder a los objetivos específicos de ese escenario. Los diseñadores deberían evitar llenar completamente un período de vuelo. Deben dejar algún lapso para pausas y períodos de inactividad relativa. El ritmo de las anomalías y otros eventos no debe disminuir el realismo del escenario o las posibilidades didácticas de la situación.

2.5.14 Los guiones deben diseñarse en la forma más detallada posible a fin de simular el mundo real. Una ausencia de detalle exige que el instructor LOFT improvise, lo cual sustrae un tiempo considerable de la observación y la evaluación de la tripulación. Asimismo, esas improvisaciones pueden impedir cumplir con los objetivos específicos del escenario.

2.5.15 Las comunicaciones controladas por el instructor LOFT deben especificarse literalmente. El ritmo y el tiempo deben estar incorporadas en las mismas. Deben especificarse el tiempo y el inicio del problema. Siempre que se introduzca un problema, también deben incluirse en el escenario todas las acciones previstas de la tripulación. También deben especificarse alternativas cuando corresponda para modificar la cronología de un escenario. Por ejemplo, si una tripulación ejecuta una aproximación frustrada inesperada, podría ser necesario incluir una línea de conducta alternativa para el próximo tramo a fin de mantenerse dentro de las restricciones de tiempo del simulador. El instructor LOFT no puede agregar o modificar una situación programada, pero si se observa que la tripulación está tan recargada que resulta imposible que adquiera mayores conocimientos, se debe ejercer un criterio razonable para evitar complicar en mayor medida la situación de la tripulación.

2.5.16 En el campo de la revisión de escenarios y el control de calidad después de la elaboración, debe probarse el escenario. Casi siempre será necesario efectuar revisiones. Aun después de realizar pruebas adicionales y, cuando sea necesario, la aprobación de las autoridades aeronáuticas, la utilización de un escenario puede indicar detalles que requieren revisiones adicionales basadas en los aportes de los instructores LOFT y las tripulaciones de vuelo de la línea aérea.

2.5.17 Todos los escenarios deben mantenerse vigentes respecto a la navegación, las comunicaciones, las normas, los procedimientos de la compañía y las modificaciones de la aeronave. La exactitud de los escenarios en relación con el soporte físico y soporte lógico resulta esencial para que LOFT tenga credibilidad.

2.5.18 Los procedimientos y las prácticas que figuran en los manuales de operaciones de vuelo o en los manuales operacionales de las tripulaciones de vuelo, que se sabe que con frecuencia, no se comprenden bien, deben tenerse presentes para incorporarlos en un escenario LOFT. Con este objeto, también deben considerarse los informes de accidentes y mantenimiento, así como incidentes tomados de los intercambios de información y los sistemas de notificación confidencial.

2.5.19 En los problemas operacionales deben incluirse las comunicaciones de despacho previas al vuelo, las cargas peligrosas, las opciones de reabastecimiento de combustible, NOTAM, etc. Los artículos que figuran en la lista de equipo mínimo (MEL), así como los problemas relativos a la cabina/pasajeros, los problemas ATC y los problemas de masa y equilibrio, constituyen buenas fuentes para escenarios LOFT. En los problemas ambientales deben incluirse las condiciones meteorológicas, el viento, la temperatura, las pistas que están demasiado mojadas, con hielo o cerradas, y los problemas de iluminación de las pistas y de la zona de toma de contacto, según corresponda.

2.5.20 En la categoría de problemas de equipo, deben incluirse, cuando corresponda, los problemas de equipo de a bordo y de tierra, tales como el equipo auxiliar y las radioayudas instaladas en tierra. En los problemas relativos a la tripulación, deben incluirse los problemas del personal auxiliar de a bordo y de la tripulación de vuelo, incluyendo la inhabilitación, tanto evidente como sutil.

2.5.21 También debe considerarse otro tipo de utilización de una simulación de misión completa. Ofrece posibilidades para diversas aplicaciones en materia de instrucción y otras áreas de interés para los explotadores. El diseño de simulaciones de ese tipo dependerá de los objetivos específicos que se prevé obtener. Los ejemplos en los campos en los cuales la simulación de misión completa puede resultar valiosa son: la instrucción inicial de nuevos pilotos, la instrucción de actualización y transición, y la evaluación de nuevos procedimientos.

Evaluación y examen de performance

2.5.22 Existe un conflicto aparente inherente en el objetivo en comparación con la aplicación de LOFT. Para ser efectiva, debe ser aceptada por los miembros de la tripulación y administrada por el instructor como instrucción pura. No existe un ejercicio de instrucción "sin riesgos", debido a que los explotadores tienen la responsabilidad de continuar la instrucción para las personas que lo requieran. Sin embargo, resulta esencial que se cree un ambiente que permita a los miembros de la tripulación ingresar a la instrucción con una sensación de libertad, apertura y entusiasmo. La reserva o las actitudes defensivas ocasionadas por el temor al fracaso no deben inhibir la participación.

2.5.23 En gran medida, pueden reducirse al mínimo los conflictos por la forma en la cual el instructor establece la escena durante la exposición previa al vuelo, cuando debe ponerse de relieve lo siguiente:

— es solamente una experiencia de aprendizaje;

— es un concepto didáctico diseñado para recalcar a la coordinación del mando de la tripulación, la comunicación, y la gestión plena de los recursos disponibles;

— el instructor no interferirá, independientemente de lo que ocurra en la instrucción;

— pueden cometerse errores, pero la tripulación debe seguir adelante con las operaciones debido a que no existe una solución en los libros para un ejercicio LOFT;

— existirá una oportunidad para un autoanálisis completo durante la exposición posterior; y

— el instructor tomará notas durante el ejercicio y contribuirá a la exposición verbal posterior.

2.5.24 La función del instructor no es la de un profesor en el sentido tradicional. Por ejemplo, las consideraciones relacionadas con el realismo exigen que el instructor no intervenga o se mezcle en cualquier forma en el escenario LOFT. En consecuencia, para fines de la exposición verbal posterior, resulta crucial que el instructor se desempeñe principalmente como un facilitador del aprendizaje.

2.5.25 Las tripulaciones tienden a informarse a sí mismas basándose en la experiencia de los explotadores que utilizan LOFT en buena forma. Normalmente, la autocrítica y el autoexamen son considerablemente más eficaces que una crítica conducida por el instructor. De hecho, a menudo las tripulaciones se critican a sí mismas con mayor rigor que el que pueden prever los instructores. Los instructores deben hacer todo lo posible para promover un autoanálisis de ese tipo.

2.5.26 El instructor puede guiar las deliberaciones a los temas que requieren atención. Las preguntas sobre determinados procedimientos, errores, etc., deben preguntarse siempre que sea posible y, a menos que sea absolutamente necesario, deben evitarse las conferencias sobre lo que es correcto e incorrecto. Un formato sugerido para la exposición verbal posterior debería incluir:

— una exposición general positiva o una "bienvenida" para inaugurar las deliberaciones;

— un breve examen del escenario, incluyendo los objetivos;

— un análisis de los miembros de la tripulación de la operación en conjunto y en parte;

— tratar todos los aspectos del vuelo, sin permitir que ningún elemento individual domine la exposición verbal posterior;

— referencias a posibles alternativas y mejores formas de cumplir con los objetivos; y

— profundización de las deliberaciones por medio del empleo de preguntas a cada miembro de la tripulación, tales como "qué habría ocurrido si usted hubiera hecho ...".

2.5.27 Respecto a la evaluación y el análisis, debe hacerse todo lo posible para asegurar a las tripulaciones que participan en LOFT que sus puestos no corren riesgo cada vez que ingresan al simulador para una sesión LOFT. Aunque una conclusión satisfactoria constituye un aspecto ineludible de LOFT, al mismo tiempo resulta difícil imaginar una instrucción insatisfactoria. En algunos casos, LOFT puede poner de relieve campos que requieren atención adicional, pero, a menudo, aun los errores graves que se cometen durante LOFT son obvios y no necesitan atención adicional si la instrucción proporcionada en la experiencia no puede mejorarse. Sin embargo, en algunos casos, los errores pueden indicar deficiencias que requieren labores adicionales. La forma o la manera en la cual esto se comunica a los miembros de la tripulación es de importancia vital y representa un desafío para los explotadores y sus instructores.

2.5.28 Durante la exposición verbal posterior, el desempeño general de la tripulación y el desempeño individual deben ser analizados y evaluados abiertamente por el instructor. El análisis crítico de un individuo debe mencionarse en la presencia de la totalidad de la tripulación, pero los pormenores rectificadores deben tratarse separadamente. Se requiere tacto para mantener el ambiente didáctico correcto.

2.5.29 LOFT es, primero y principalmente, una experiencia de aprendizaje. El éxito y la aceptación de un programa LOFT dependen en gran medida de su planificación y preparación. Los escenarios deben otorgar importancia al realismo. Los instructores deben seleccionarse cuidadosamente y capacitarse en el arte de exponer, dirigir el programa y rendir cuentas.

2.5.30 La instrucción adicional para los miembros de la tripulación, cuando corresponda, debe tratarse en una forma discreta, sin amenazas. Si ciertos factores se tratan cuidadosamente, la tarea de evaluación/análisis no perjudicará necesariamente el ambiente de instrucción pura y producirá una aceptación plena.

Capacitación y calificaciones de los instructores

2.5.31 Cada instructor debe haber completado un curso de instrucción LOFT específico. Generalmente, se seleccionan a los instructores de los pilotos de línea aérea o los pilotos inspectores que vuelan en el tipo de aeronave en la cual se imparte la instrucción LOFT.

2.5.32 Algunas líneas aéreas están utilizando satisfactoriamente a antiguos pilotos que tienen una amplia experiencia en la línea aérea, pero que ya no están en servicio activo. En este caso deben capacitarse respecto a la parte relativa al terreno y al simulador del curso de instrucción de habilitación de tipo para el tipo correspondiente de aeronave. Asimismo, deben estar familiarizados con los procedimientos operacionales de línea vigentes y deben volar regularmente en el asiento de acompañante en tramos típicos de la línea aérea para observar los procedimientos operacionales.

2.5.33 En los casos en los cuales la instrucción LOFT comprende una tripulación de tres personas, la línea aérea debe contar con la flexibilidad necesaria para llevar a cabo la instrucción LOFT con un instructor capacitado adecuadamente para todos los puestos de la tripulación.

2.5.34 La función del instructor debe limitarse a lo siguiente:

— exposición previa al vuelo;

— realización exacta de un escenario prescrito en una forma realista;

— supervisión, registro y evaluación del desempeño de la tripulación para la exposición verbal posterior; y

— realización de una exposición verbal posterior objetiva, estimulando la utilización de la autocrítica de modo de obtener un beneficio máximo.

Capacitación especializada para los instructores

2.5.35 Los instructores y los pilotos inspectores seleccionados para llevar a cabo los ejercicios LOFT deben recibir instrucción en los conceptos y la ejecución de LOFT. Esa instrucción debe incluir, pero no estar limitada a:

— la realización de una exposición a la tripulación y una familiaridad completa con todos los procedimientos previos al vuelo, incluyendo los planes de vuelo, los informes meteorológicos, las listas de equipo mínimo, los datos de performance de aeronave, los procedimientos de carga de aeronave, etc.;

— la observación y comprensión de la gestión de amenazas y errores, los conceptos de tripulación y de coordinación de la tripulación;

— el ritmo y la selección de elemento en el escenario LOFT y la introducción de procedimientos o situaciones anormales y de emergencia;

— una comprensión en profundidad de las actitudes de observación, comunicación, mando y liderazgo;

— desarrollo de las propias aptitudes individuales en la interacción correcta con la tripulación de vuelo durante la exposición, el ejercicio LOFT y la exposición verbal posterior; y

— capacitación en aptitudes de evaluación con guía adecuada en áreas específicas, tales como el ejercicio de las responsabilidades de mando, planificación, organización, comunicaciones interpersonales, solución de problemas, determinación, discernimiento, conocimiento de sistemas y performance de aeronave, conocimiento y cumplimiento de las normas aeronáuticas y procedimientos ATC, sensibilidad, liderazgo, seguridad, tacto y aptitudes de vuelo, normas de trabajo y coordinación de la tripulación.

Normalización de LOFT

2.5.36 La normalización de LOFT se obtiene si se proporciona a los instructores un programa de instrucción completo desde el inicio, seguido por una supervisión periódica. Además, resulta esencial contar con un programa de respuestas y críticas utilizando a los miembros de la tripulación de vuelo, si se desea que un programa de ese tipo surta efecto. La normalización de los instructores se mejora si los instructores LOFT se supervisan recíprocamente. La normalización puede obtenerse si el grupo de instructores LOFT es reducido y trabaja casi exclusivamente en el programa LOFT. LOFT debe realizarse exclusivamente con instructores debidamente calificados, pero éstos pueden desempeñar otras funciones dentro de un departamento de instrucción, si es necesario. Deben programarse reuniones regulares de normalización. Durante estas sesiones, pueden evaluarse y revaluarse los escenarios LOFT a fin de mejorarlos.

Otros usos para una simulación de misión completa

2.5.37 A continuación, figura una lista de otros usos para una simulación de misión completa:

— transición o instrucción inicial;

— adquisición de familiaridad con aeropuertos especiales;

— instrucción rectificadora;

— problemas de cizalladura del viento;

— investigaciones de accidentes e incidentes;

— introducción para los nuevos pilotos sobre comunicaciones, autorizaciones, deberes relativos a las listas de verificación y vuelos de rutas;

— evaluación de los controles del puesto de pilotaje y de los instrumentos de vuelo, así como análisis de los aspectos relativos a los factores humanos en el diseño del puesto de pilotaje;

— instrucción de primeros oficiales, tales como técnicas de aproximación y salida VFR, y circuitos de tránsito;

— gestión y evaluación del combustible;

— elaboración de técnicas y procedimientos;

— desarrollo de aptitudes para el despegue y el aterrizaje;

— exámenes de escenarios de accidentes e incidentes;

— instrucción y calificación para vuelos de entrega con el motor inactivo;

— examen previo a la misión para operaciones especiales; e

— instrucción para operaciones especiales, tales como la pérdida de sustentación a elevadas altitudes.

Ejemplos de escenarios LOFT

2.5.38 A continuación, figuran dos ejemplos de escenarios LOFT que pueden ayudar en la construcción de diseño CRM/LOFT. Advierta que el diseño de escenarios varía de una compañía a otra, y que se requiere contar con una descripción de escenarios más específica, incluyendo la cronología.

2.5.39 El ejemplo se divide en tres partes. Cada ejemplo comienza con una breve descripción del escenario, seguida por las amenazas que tienen un efecto en la tripulación, y que se han identificado y resuelto. También se incluye una lista de aptitudes y resultados CRM/LOFT que reflejan el aprendizaje que se obtendrá del escenario mismo. Esto último constituye un componente clave del diseño de escenarios CRM/LOFT debido a que el facilitador/instructor LOFT puede basar la exposición verbal posterior de la tripulación en ese componente.

Escenario 1

Amenaza de bomba notificada a bordo. Este es un vuelo de sector corto desde Singapur a Penang. Después de unos 10 minutos desde el comienzo del descenso (TOD), el personal auxiliar de a bordo notifica que han advertido un paquete sellado en el compartimiento del baño de la parte posterior. Una inspección más detallada revela que el paquete contiene una bomba.

Fase de vuelo	*Escenario*	*Amenazas*	*Competencia y resultados CRM/LOFT*
Previa al vuelo	La aeronave se sobre-abastece de combustible, pero sin efecto adverso en el peso de aterrizaje. Se informa a la tripulación de la situación 15 minutos antes de la hora prevista de salida (ETD).	Cambio de la performance de la aeronave Presión en la tripulación para salir	*Gestión del volumen de trabajo.* Nuevo requisito del manifiesto de carga, manteniéndose informado al mismo tiempo de las restricciones y la presión relativas a la salida. El vuelo sale. *Comunicación.* Anuncio público (PA) a los pasajeros y a la tripulación, según corresponda.
Crucero	Turbulencia moderada	Posibles lesiones de los pasajeros y la tripulación	*Vigilancia.* Se informó a los pasajeros y a la tripulación anticipadamente de la turbulencia. Se evitan los riesgos de lesiones. *Conocimiento de la situación.* Se encarga al personal auxiliar de vuelo que notifique al puesto de pilotaje de toda eventualidad producida por la turbulencia.
Diez minutos después de TOD	El personal auxiliar de vuelo notifica al puesto de pilotaje que un pasajero ha descubierto un paquete en el baño. Éste contiene una bomba.	Bomba a bordo Inquietud progresiva de los pasajeros y la tripulación	*Toma de decisiones.* Se seleccionó la opción óptima, guiándose por los procedimientos de la compañía; se notifica debidamente la amenaza a la compañía y al ATC. *Gestión de emergencias.* La tripulación adopta la mejor línea de conducta para evitar el pánico indebido de los pasajeros. *Conocimiento de la situación.* Se observa atentamente si existen señales de peligro de seguridad crecientes en la cabina.
Descenso	El personal auxiliar de a bordo notifica que los pasajeros en el área posterior de la cabina son incontrolables. Como resultado, un pasajero experimenta un ataque al corazón.	Muerte a bordo Múltiples tareas con compresión de tiempo Pasajeros incontrolables	*Liderazgo y mando.* Se hace el anuncio PA correspondiente. *Toma de decisiones.* Se toma la decisión de aterrizar tan pronto como sea posible. *Comunicación.* Se notifica a ATC y a la compañía de la situación y se ponen en práctica los requisitos de los servicios de tierra. *Gestión del volumen de trabajo.* Las tareas se distribuyen equitativamente entre los miembros de la tripulación, y se establecen requisitos mínimos, completándose las exposiciones y las listas de verificación.
Aproximación y aterrizaje	Falla de la pendiente de planeo ILS con techo de nubes de 1 000 ft	Control constante de pasajeros a bordo Presión producida por la falla de la pendiente de planeo ILS	*Exposiciones.* Se analizan medidas alternativas durante la exposición, advirtiendo lo que se prevé que ocurrirá después del aterrizaje y en tierra. *Gestión del volumen de trabajo.* Se continúa la reconfiguración de los mínimos y el aterrizaje.

Escenario 2

Este es un vuelo de Zurich a Milán en un avión bimotor de fuselaje ancho; el primer oficial es el piloto a cargo de la aeronave. El vuelo experimenta un fallo de motor en el despegue. Los aspectos fundamentales del escenario son la transición estable de las funciones desde el primer oficial al comandante, así como la utilización de automatización para contribuir a cumplir con los objetivos de un vuelo seguro. Otras amenazas al vuelo tendrán un efecto en el desempeño de la tripulación.

Fase de vuelo	*Escenario*	*Amenazas*	*Competencia y resultados CRM/LOFT*
Previa al vuelo	Normal; sin un efecto significativo en el evento. Se realizan verificaciones y procedimientos normales. Sector del primer oficial.	Despegue con peso sustancial	*Exposiciones.* Se analizan las consideraciones sobre performance en vista de los aspectos relativos al terreno.
Despegue	Fallo de motor después de V_1	Se evita el terreno Inversión de funciones	*Liderazgo/mando.* Transición estable entre las funciones del primer oficial que vuela la aeronave y el comandante que no estaba volando.
		Control asimétrico del vuelo debido al fallo de motor	*Comunicación.* Se informa a la compañía y a ATC.
		Temores de los pasajeros y la tripulación	*Gestión del volumen de trabajo.* Se examinan las listas de verificación correspondientes.
Ascenso	El aeropuerto de Zurich se cierra por razones de seguridad. ATC recomienda una desviación a Francfort.	El vuelo no puede aterrizar de inmediato, aumentando la presión	*Gestión de automatización.* Se relegan las tareas subordinadas a la automatización.
		Aumenta el tiempo transcurrido después del fallo de motor	*Comunicación.* Coordinación clara de las acciones en la compañía y ATC; anuncio PA para dar seguridad a los pasajeros sobre la situación y los aspectos relativos a la seguridad.
		Temores de los pasajeros y la tripulación	
Crucero	Desviación a Francfort	Elevado volumen de trabajo con un tiempo de desviación breve	*Exposición.* Se comunican los planes. Se recomienda hacer preguntas.
		Presión para aterrizar tan pronto como sea posible después de la falla de motor	*Comunicación.* Se informa a los pasajeros y al personal auxiliar de a bordo sobre la desviación y la situación presente. Se dan amplias garantías de seguridad en forma verbal.
Aproximación	Motor inactivo en la aproximación y el aterrizaje	Aproximación y aterrizaje no normales	*Gestión de automatización.* Se utiliza automatización para ayudar en la aproximación y el aterrizaje.

LISTA DE BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Dekker, S., y E. Hollnagel. 1999. *Coping with Computers in the Cockpit.* Aldershot, England: Ashgate Publishing.

Hayward, B.J. y A.R. Lowe, eds. 1996. *Applied Aviation Psychology: Achievement, Change and Challenge.* Aldershot, England: Ashgate.

Hawkins, F. 1993. *Human Factors in Flight.* 2nd ed. Brookfield, VT: Ashgate Publishing Co.

Helmreich, R.L., A.C. Merritt, y J.A. Wilhelm. 1999. "The Evolution of Crew Resource Management Training in Commercial Aviation". *International Journal of Aviation Psychology.* 9(1), 19-32.(UTHFRP Pub 235).

Helmreich, R.L. 1999. "CRM Training Primary Line of Defence Against Threats to Flight Safety, Including Human Error". *International Civil Aviation Organization (ICAO) Journal.* 54(5), 6-10, 29.

Helmreich, R.L. 1999. "Ten Years of Change: Crew Resource Management 1989–1999". En: *Proceedings of the Fourth ICAO Global Flight Safety and Human Factors Symposium* (pp. 139-149). Santiago, Chile: ICAO.

Helmreich, R.L., J.R. Klinect y J.A. Wilhelm. 1999. "Models of Threat, Error, and CRM in Flight Operations". En: *Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 677-682). Columbus, OH: The Ohio State University. (UTHFRP Pub 240).

Organización de Aviación Civil Internacional. *Compendios sobre factores humanos núm. 10 — Factores humanos, gestión y organización* (Circ 247), 1993. Montreal, Canadá: Organización de Aviación Civil Internacional.

Maurino, D.E., J. Reason, N. Johnston, y R. Lee. 1995. *Beyond Aviation Human Factors: Safety in High Tech-nology Systems.* Brookfield, VT: Avebury Aviation.

Orlady, H.W. y L.M. Orlady. 1999. *Human Factors in Multi-crew Flight Operations.* Aldershot, England: Ashgate Publishing.

Reason, J. 1990. *Human Error.* Cambridge, England: Cambridge University Press.

Reason, J. 1997. *Managing the Risks of Organizational Accidents.* Aldershot, England: Ashgate Publishing.

Salas, E., C.A. Bowers, y E. Edens, eds. 2001. *Applying Resource Management in Organizations.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Inc.

Wiener, E L., B.G. Kanki, y R.L. Helmreich, eds. 1993. *Cockpit Resource Management.* San Diego, CA: Academic Press.

Wiener, E. 1989. *Human Factors of Advanced Technology ("Glass Cockpit") Transport Aircraft.* NASA Contractor Report 177528. NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA.

Wiener, E. 1993. "Crew Coordination and Training in the Advanced-technology Cockpit". En: *Cockpit Resource Management.* E. Wiener, B. Kanki, y R. Helmreich, eds. San Diego, CA: Academic Press.

CAPÍTULO 3

PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA INSTRUCCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS PUESTOS DE PILOTAJE DE TECNOLOGÍA 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 AUTOMATIZACIÓN

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 supersónicos 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 vuelo[2], 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

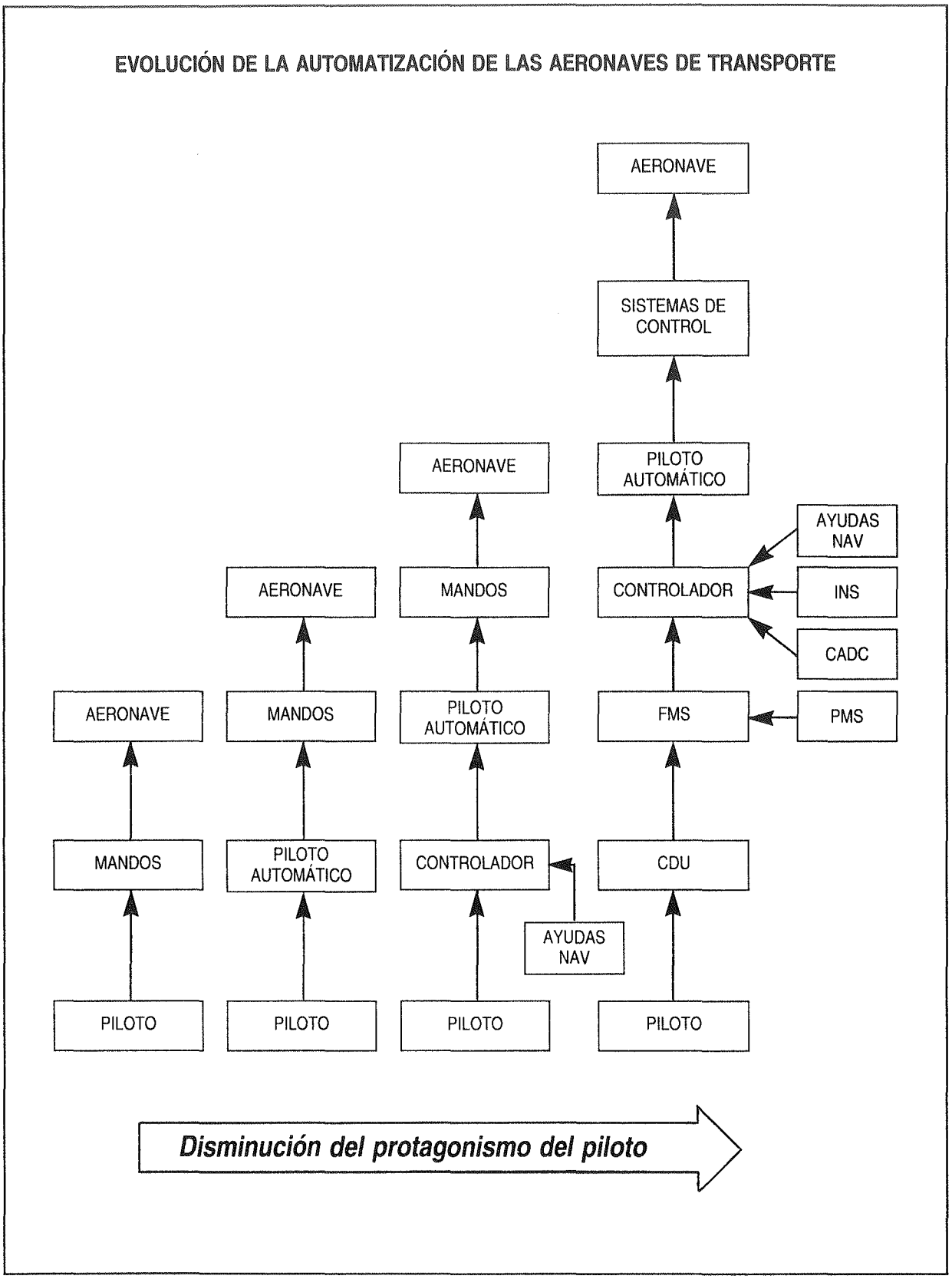

EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS AERONAVES DE TRANSPORTE
AERONAVE
SISTEMAS DE CONTROL
PILOTO AUTOMÁTICO
CONTROLADOR
AYUDAS NAV
INS
CADC
FMS
PMS
CDU
AERONAVE
MANDOS
PILOTO AUTOMÁTICO
CONTROLADOR
AYUDAS NAV
AERONAVE
MANDOS
PILOTO AUTOMÁTICO
AERONAVE
MANDOS
PILOTO
PILOTO
PILOTO
PILOTO
Disminución del 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

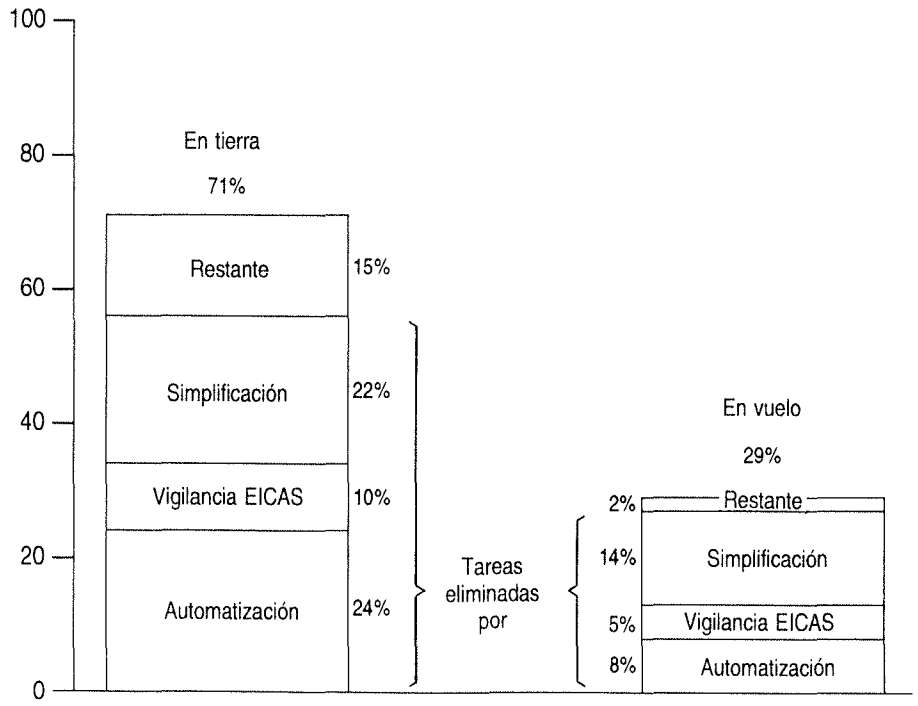


Figura 3-2

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.

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 microprocesadores. 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 diseñarlo, aplicarlo y defenderlo de nuevo.

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 operacionales, 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 AUTOMATIZACIÓN

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 (G-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 G-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

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

6 000 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 instrumentos 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 al lado 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 funcionamiento (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 diseño 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 desempeño inicial. Véase el siguiente 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 en fijar 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 señalar 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 difícil de observar). De ahí lo fácil que resulte apoyar la idea de mejorar la comunicación 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 15 ° 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 usuario crea frustración, 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 preocupación 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 transportar 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 aerodinámica válidos, a unas pocas pulgadas del indicador de límite de velocidad rápida y lenta que se estaba supervisando. 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 una fuerte tormenta. Una falla 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 diseño 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 confían demasiado. En el caso particular del exceso de confianza, las personas tienden a confiar tanto en que los sistemas automáticos funcionarán eficazmente, que se hacen 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 pequeños y frecuentes intervalos, es mejor que pedirles que, simplemente, supervisen el funcionamiento del sistema por períodos prolongados. Véase el siguiente informe de un piloto, incluido en el estudio realizado por Wiener en 1989:

  "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".

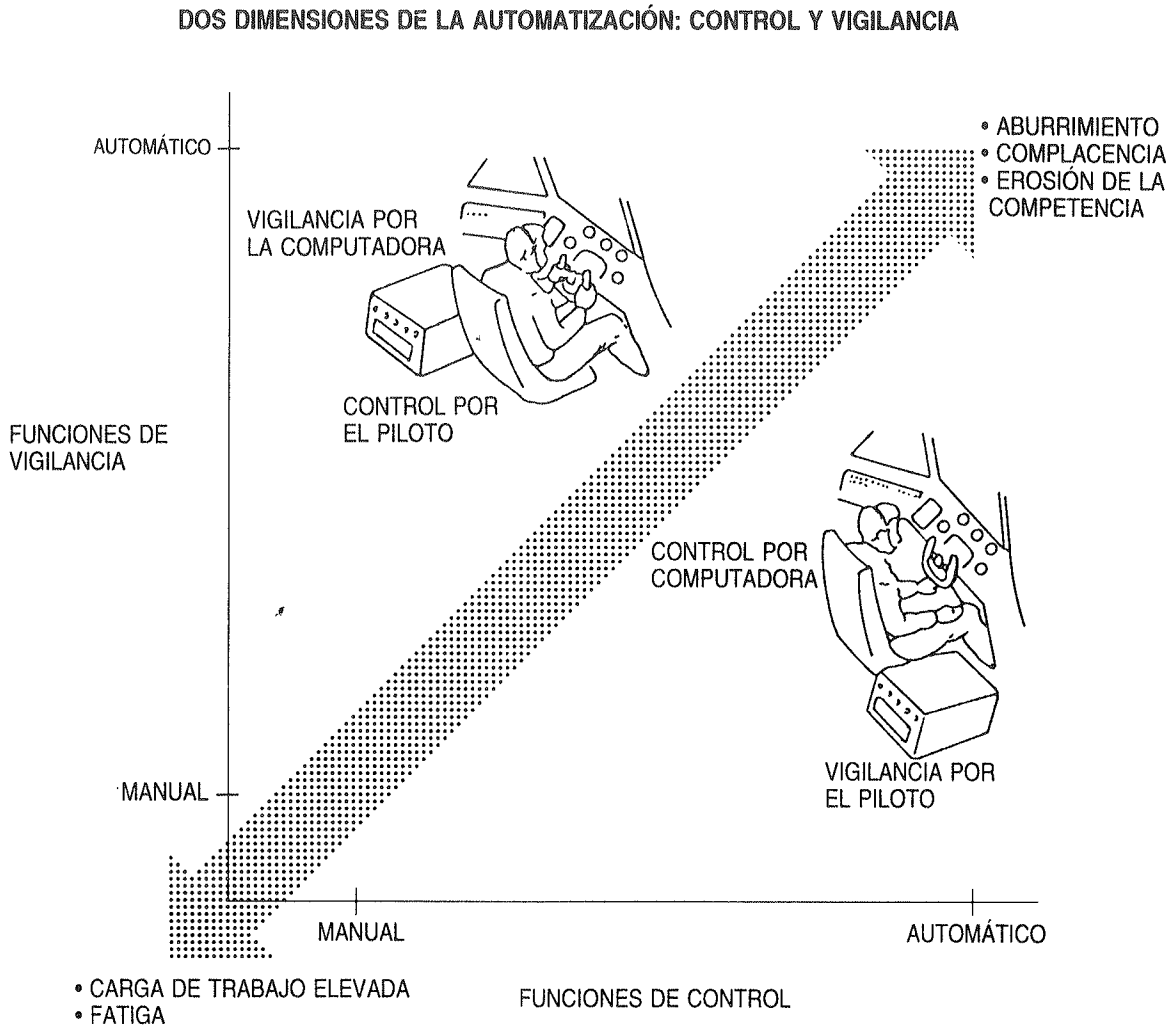
- **El temor a la automatización** es en parte resultado del aumento de componentes en el sistema, lo que a su vez genera un problema de dependencia, pues cuanto mayor sea el número de componentes, tanto mayor será la posibilidad de que uno de ellos falle. Con todo, algunos pilotos siguen renuentes a 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 tipografía 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 diseño de los sistemas que generan señales de alarma injustificadas, como las que plagaron la primera generación de sistemas de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS)[3].

- **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 entraña 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 sistemáticos 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:

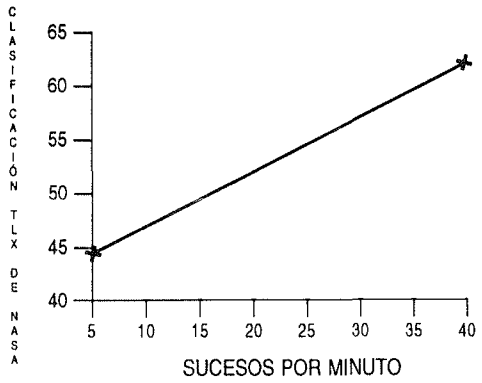


El pilotaje de una aeronave (y muchas otras tareas con sistemas modernos) entraña control y vigilancia. En la figura se muestra la posibilidad de los diferentes niveles de automatización en estas subtareas (tomado de Wiener y Curry, 1980, pág.. 1004).

Figura 3-5

EFECTO DEL ABURRIMIENTO EN LA CARGA DE TRABAJO Y EN EL RENDIMIENTO

Influencia del aburrimiento en la carga de trabajo nominal





Influencia del aburrimiento en el rendimiento

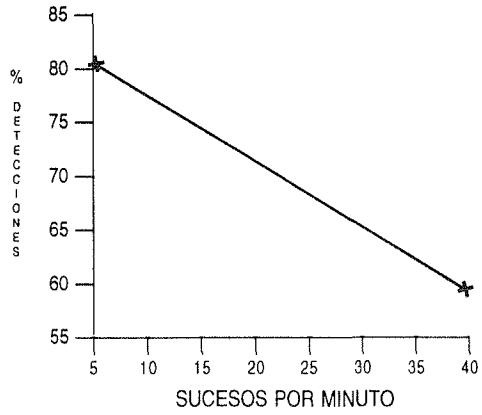


Figura 3-6

"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 la fase 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 2500/3 000 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 ATC, 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 diseño 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 automatización 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 autorización: 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 no se ajustaba al formato 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 exactamente. 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 que 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 tripulación centre su atención en el interior 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 tripulación mire al entorno exterior. Existe preocupación 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 operacionales 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 desafíos.

3.4 INSTRUCCIÓN EN MATERIA DE AUTOMATIZACIÓN

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 solido exigir para manejar aeronaves 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 alcanzado, 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 conocimiento 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 operacionales, 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 intuitivamente 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 Inertial 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 torno al sistema simulado, hasta dispositivos de mesa ultramodernos 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 entrañe costes de instrucción superiores a los previstos. Cabe esperar que durante el período 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 vuelo, 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 compañías 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 difícil 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 performance 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 computadoras 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 tecnología 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, así 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 organización. 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 difícil para un piloto ver lo que hace el otro.* Por ejemplo, en los aviones de la generación 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 difícil 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 involuntariamente, 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. Especialmente en momentos de gran volumen 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 autoridad[5] 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 difíciles problemas de la interfaz ser humano-máquina. Actualmente pueden diseñarse 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 ***Los fabricantes 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 diseño 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 instructores/inspectores*** 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 físico 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 Difícilmente 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 información 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 difícil para los pilotos que realizan la transición a aeronaves modernas al final de su carrera, aunque también podría serlo 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 verificación, 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 larga 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 desempeña 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 señalar 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 diseñado 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 controladores se familiarizan con la nueva generación de aeronaves. Los viajes de familiarización en este tipo de aeronaves ofrecen al personal de ATC 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 VOR. 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 tripulación. Este es un viejo problema que se ha hecho más crítico al aumentar el volumen de trabajo de las aeronaves con tripulaciones 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 directrices 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, WA.

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 Engineeers. 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 Paris (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 of Air Safety*, No.1, 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 Erebus*. Auckland, Nueva Zelandia, 1984.

McCormick E.J., & Sanders, M.S. *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill: Nueva York; 1982.

Melvin, W.W. "A philosophy of automation". En Behavioral Objectives in Aviation Automated Systems Symposium (págs. 319 a 325). 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.D. "Workload and Automation". En Human Error Avoidance 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-177333). 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

1. 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 of New 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 TECNOLOGÍAS 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 principios 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 los 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 contradicciones. 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 nuevamente 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:

- *Interfaz física (acceso y observación)* — ubicación de los controles, acceso y manipulación, ubicación de la pantalla de visualización, legibilidad, 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 AUTOMATIZACIÓN 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 modelos 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 "oprímase para comprobar"); es posible que los sistemas de mayor tamaño requieran comprobaciones lógicas.

14. En el formato de la alarma se debe indicar el grado de emergencia. Sería útil contar con niveles múltiples de urgencia para una misma situación.

15. 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 automatización 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

4.1 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 medio 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 médico; 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 13 del Convenio de Chicago y los textos de orientación pertinentes, la OACI ha ayudado a los 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, qué información debería recopilarse, dónde se la puede localizar y presenta una exposición de cómo analizar 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 ésto 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 "errar 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. Parker, 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 sólo 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 describa cómo 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 y 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, ésta 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 y 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 querrían 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, Capítulo 5). 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 y 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 haciendo 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 acaeció. 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 más 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 sí 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 está 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.

4.2.12 Las fallas latentes que se originan en decisiones cuestionables o acciones incorrectas, aún cuando no sean

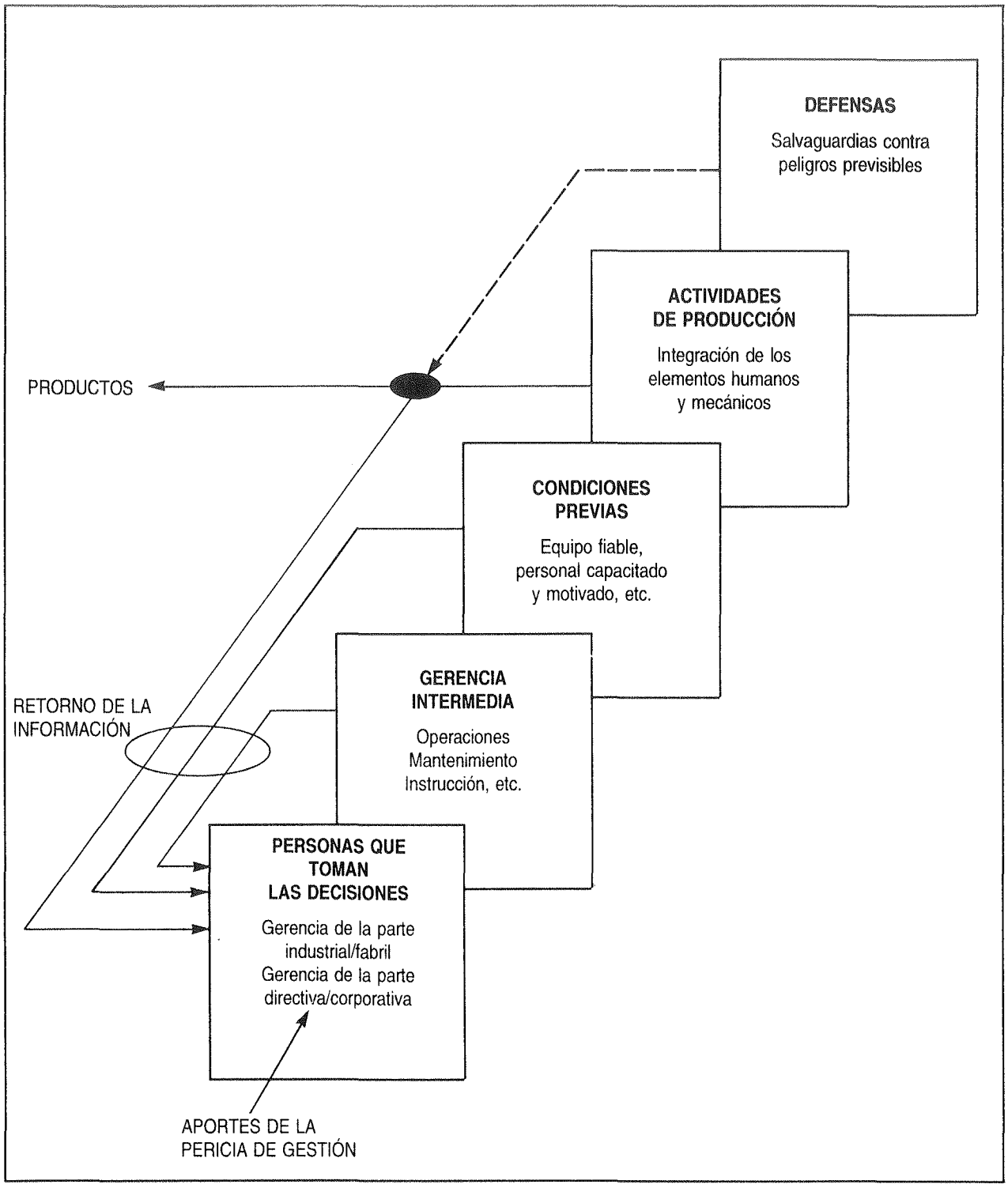


Figura 4-1. Componentes básicos de todo sistema de productividad
(Fuente: James Reason, *Human Error*, Reino Unido: Cambridge University Press)

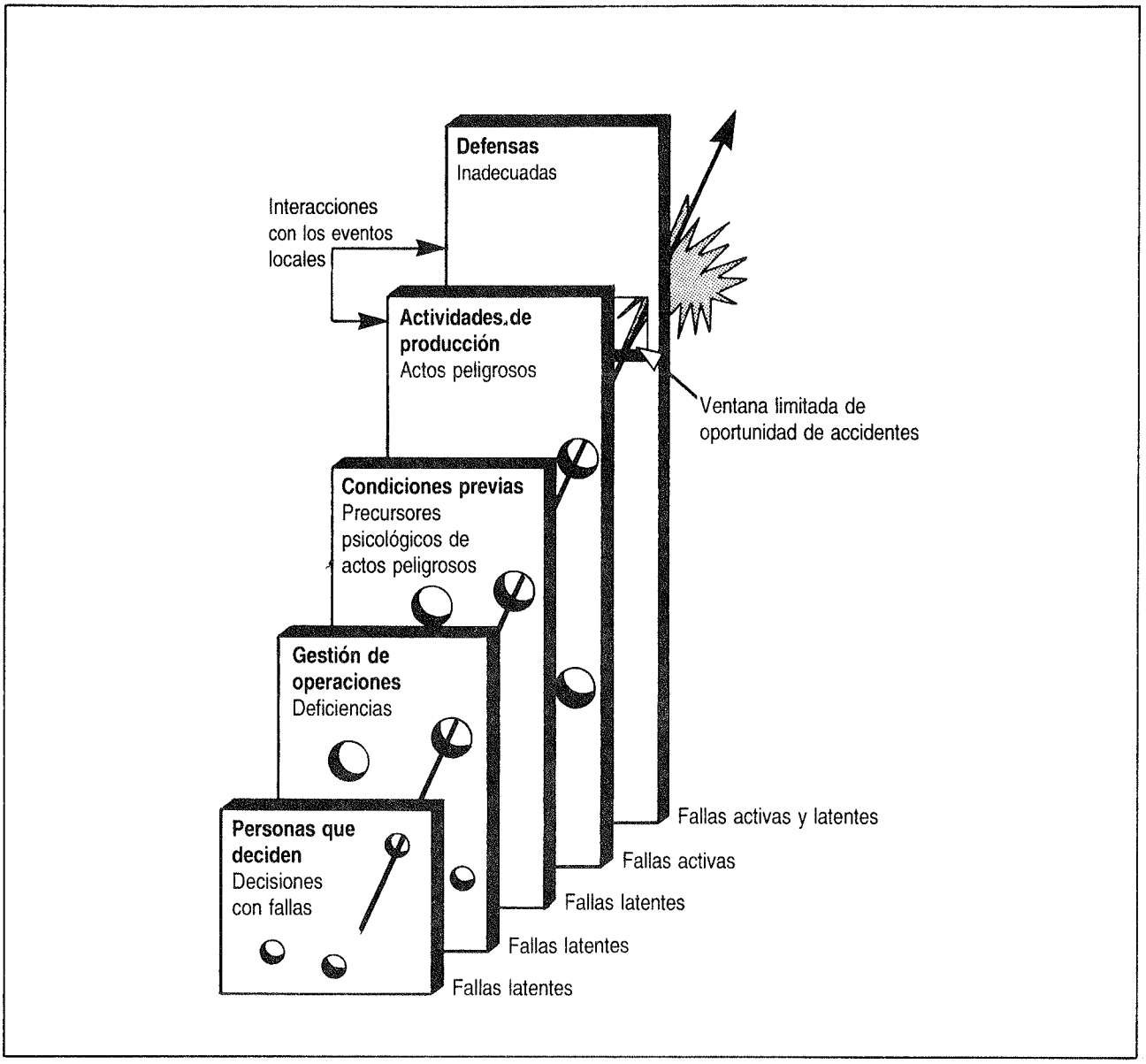


Figura 4-2. Versión modificada del modelo de James Reason de causas de accidentes. En esta figura se muestran diversas contribuciones humanas a la falla de un sistema complejo.
(*Fuente*: James Reason. *Human Error*, 1990. Reino Unido: Cambridge University Press)

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.

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 sumamente 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 transforma 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. Toda la región en la que está situada Anytown City es una zona de tormentas durante el verano.*

- *La pista de Anytown tiene una longitud de 4 520 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. Éste era el penúltimo vuelo del día para dicha tripulación de vuelo. Se había presentado para asumir sus funciones a las 1130 horas y debía ser reemplazado 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. Había 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, aun cuando había tormentas en la proximidad 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 sobrepasó 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 varios 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 pilotando la noche del accidente. No había tenido oportunidad de volar a Anytown antes debido a que los tipos de aeronaves de gran tamaño que había estado volando previamente no se utilizaban para los vuelos a 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 más 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 sí mismas explicar el sobrepasamiento del extremo de la pista y concentrar la investigación sobre una conclusión de "error de la tripulación" como causa 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. en Anytown; 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 tenía deficiencias conocidas en sus instalaciones (iluminación y 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 medio ambiente organizado y operacional. También ilustra la importancia crítica de identificar las fallas latentes que se relacionan con la prevención de accidentes futuros.

4.2.22 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.

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 humana 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 dado 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 acciones 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, o 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.

4.3.2 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, dónde encontrarla y cómo 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 relativos a los factores humanos. Según las necesidades, se consulta a especialistas para

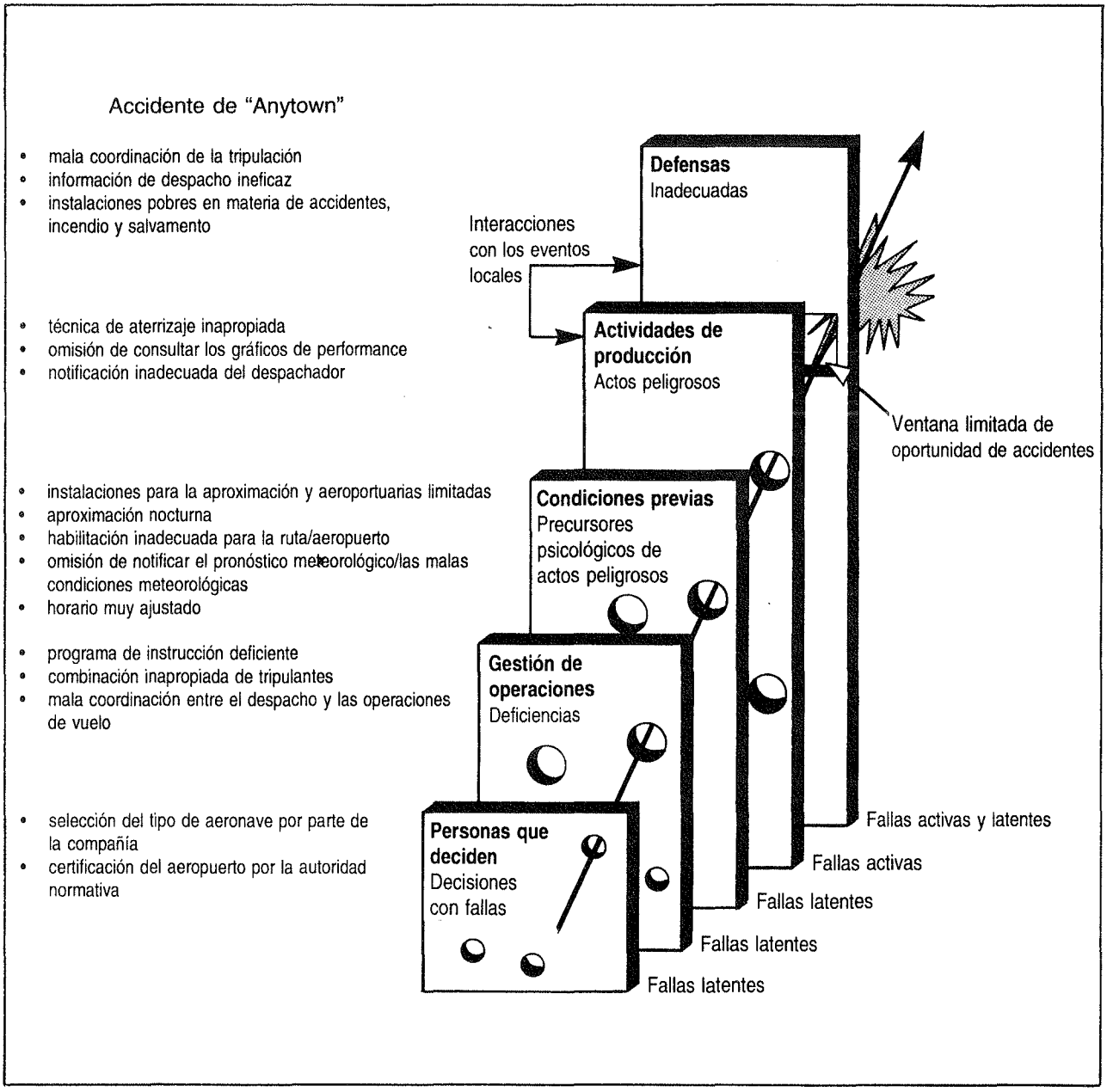


Figura 4-3. Modo en que el accidente de "Anytown" corresponde a la versión modificada del modelo de James Reason de causas de accidentes

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 y 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 sería 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 más 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 dado 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 demás miembros del equipo investigador dado 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 y envergadura del accidente aéreo. Aun cuando cualquier investigador del equipo puede desempañar 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.

4.3.11 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.

¿Cuál 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 sí 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 ayudará 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.

Tarea — Determinar:

- ¿era el individuo físicamente capaz de llevar a cabo la tarea requerida?
- ¿qué impedimentos o limitaciones físicas había para un desempeño satisfactorio? y
- ¿cómo 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:

- ¿era el individuo fisiológicamente apto para desempeñar la tarea requerida?
- ¿de qué manera la aptitud fisiológica influyó en el desempeño y juicio del individuo?

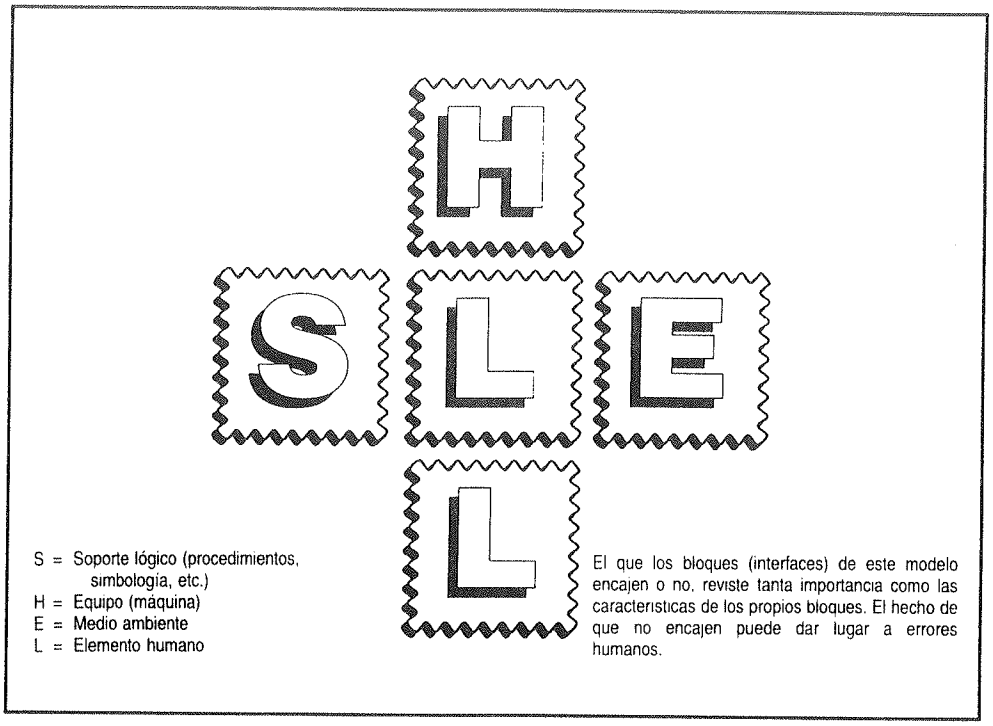


Figura 4-4. El modelo SHEL (adaptado de Hawkins, 1975)

- ¿cómo 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 carga 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:

- ¿eran la instrucción, los conocimientos y la experiencia del individuo suficientes, pertinentes y aplicables a la situación?
- ¿de qué 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 carga 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 ya 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 sí mismo?
- ¿de qué manera estas actitudes influyeron en la motivación, la calidad de trabajo y el juicio?
- ¿de qué 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 ninguna 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 remplazaron, apoyaron o contradijeron la información verbal?
- ¿cómo evaluaría usted las interacciones y compatibilidad de la tripulación en término de personalidad, nivel de experiencia y hábitos de trabajo?
- ¿cómo trabajaban los miembros del equipo juntos?; ¿cómo hacían uso de sus recursos?
- ¿afectaron la política de la gerencia en materia de cuestiones personales 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?
- ¿qué 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 computadorizada 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 automatización 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?

4.3.23 Al realizar la investigación de los factores humanos, frecuentemente se plantea la pregunta "¿cuántos datos hacen falta?". ¿Cuántos compañeros, parientes y supervisores de piloto debería entrevistarse? ¿Cuán 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 y 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."[3] 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.M. 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]

4.3.27 Obviamente existe un límite a cuán 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 más 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 quién 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 ayudar 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 1 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

4.3.31 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 y 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 concretas 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 concretas 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 y 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 medio 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 reconstitución 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), CAIR (Australia), CHIRP (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 está destinada así como sus limitaciones. Deberían estar familiarizados con el vocabulario utilizado en determinada base de datos dado 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 más 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 medio operacional aeronáutico. En años recientes, los profesionales en la esfera de los 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 1, Capítulo 1 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 sí mismas[5]. 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 analizar 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;
- cómo 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 falló 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 preciso 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 completa. 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 y a 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 casos 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 causa. 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 vistos 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 amplía 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 Wood, 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 qué 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 hablarán por sí solos y que las conclusiones se desprenderán lógicamente del texto. Para redactar un buen informe el investigador debe poner a los lectores en conocimiento de los hechos, condiciones y circunstancias del suceso de manera ordenada y analizar 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 2 — 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 1, la información debería a) proporcionar la comprensión de cómo 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 subsecciones específicas;

- información pertinente relativa a las organizaciones, y a su dirección, que influyen en la 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 y 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 SHEL, 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 ajustó 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.

4.4.11 En 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 causa 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 notificará 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 4.3.52). Richard Wood sugiere que cada subsección del análisis debería leerse "como un mini- informe del accidente" en el que los hechos relativos 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 y 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 qué 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 sus 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 sólo 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 eliminó 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 título "constataciones relacionadas con las causas". A esto sigue una enumeración bajo el título "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 realiza 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 éstos 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 dado 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 específico 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 y 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 vínculo 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 y supervisar.

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 dado que las evidencias sobre los hechos son a menudo más 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 Fairchild Metro III 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

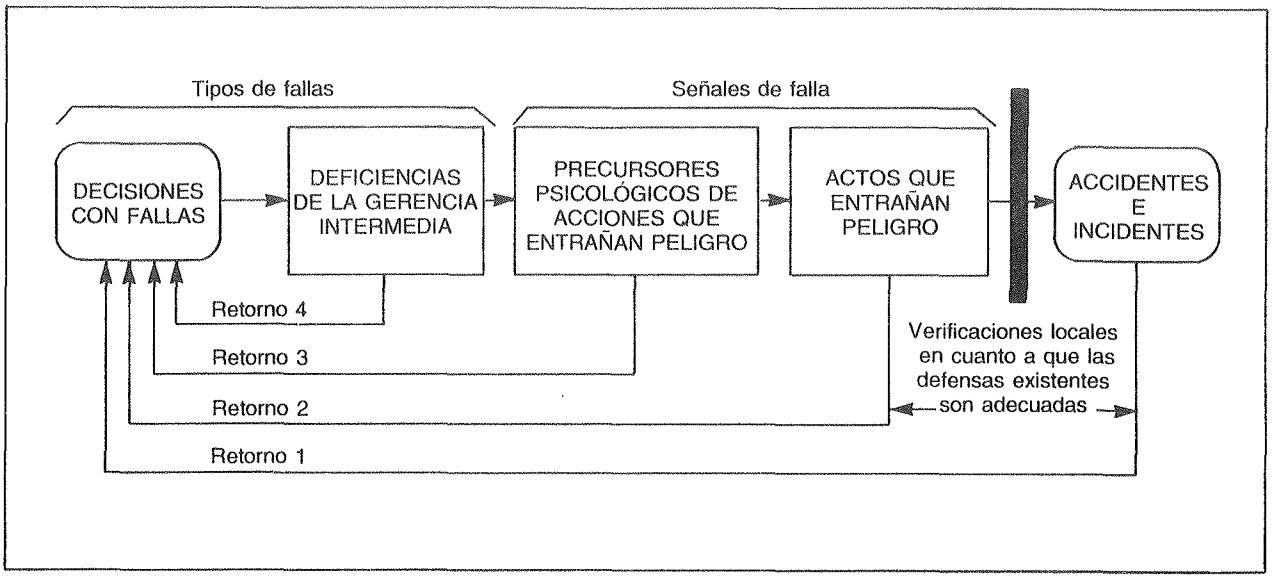


Figura 4-5. Se puede establecer un paralelo entre las medidas preventivas en los accidentes con el enfoque de James Reason respecto al papel que desempeñan los ciclos de retroinformación en el control de operaciones seguras

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.

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 casos 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 autoritativos 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 en 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 junto 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 está 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 más grandes y actualmente la instrucción de CRM está ampliamente aceptada y disponible.

Requisitos de las bases de datos

4.4.36 Como se mencionó 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 sólo 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 específico, 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 medio completo 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 Capítulo 4
LISTA DE VERIFICACIONES 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 sí 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 MÉDICOS

A. Atributos físicos, acondicionamiento y salud en general _____
B. Agudez 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 médico) _____
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. Decompresión _____

O. Mareo _____

P. Desorientación, vértigo _____

Q. Ilusiones visuales _____

S. Tensión _____

R. 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 de tareas (instrucciones, etc.) _____

B. Componentes de la tarea (número, duración, etc.) _____

C. Ritmo de la carga de trabajo _____

D. Saturación de la carga 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 hábito, 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) _____

I. 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 oxígeno _____

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 del 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 tránsito aéreo

A. Atención (vigilancia, tendencia al olvido, etc.) _____

B. Fatiga y carga 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. _____

L. 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 _____

Q. 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. Procedimientos 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 RELATIVOS A LA PERSONA (ELEMENTO HUMANO)

1. FACTORES FÍSICOS

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 costumbres
* 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 atraso, 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

Pasajeros
* comportamiento
* instrucción e información
* conocimiento de la aeronave, procedimientos

EMPLEADO-GERENCIA

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 C — SELECCIÓN, INSTRUCCIÓN 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 casos 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) ¿Cuándo se seleccionó al piloto para este puesto?

2) ¿Cómo se seleccionó al piloto?

   a) ¿Cuáles eran las calificaciones requeridas? (por ejemplo, experiencia, educación, instrucción y requisitos fisiológicos/médicos?

   b) ¿Se exigieron exámenes? ¿sobre qué? ¿cuándo se pasó el examen?

   c) ¿Qué licencias especiales se exigieron?

   d) ¿El empleador verificó antes de la selección para el puesto las calificaciones, referencias y licencias del piloto?

3) ¿Se proporcionó al piloto antes de seleccionarlo para este puesto instrucción específica para el mismo? Si la respuesta es afirmativa,

   a) Describir el contenido de la instrucción.

   b) ¿Cuándo se impartió dicha instrucción?

   c) ¿Quién impartió la instrucción?

4) ¿Se proporcionó al piloto después de haber sido seleccionado para este puesto instrucción específica? Si la respuesta es afirmativa,

   a) Describir el contenido de la instrucción.

   b) ¿Cuándo se impartió dicha instrucción?

   c) ¿Quién impartió la instrucción?

5) ¿Se observó 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) ¿Cuándo 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 preciso 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) ¿Cuánto 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) ¿Cuándo?

   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 notificó 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? ¿Cuándo?

   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) ¿Cuándo recibió el piloto esta instrucción?

   c) ¿Quiénes eran los instructores o supervisores?

   d) ¿Cómo se evaluó el desempeño del piloto (vuelo de verificación, en vuelo simplemente, simulación, examen escrito)?

   e) ¿Cuál era la evaluación general del desempeño del piloto?

   f) ¿Se observó algún problema en el desempeño del piloto? Si la respuesta es afirmativa,

      — ¿Cuál fue el problema?

      — ¿Cómo fue observado y por quién?

      — ¿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 proporcionó la instrucción inicial?

      — ¿Cuándo?

      — ¿Cuánto hincapié se 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?

      — ¿Violó el piloto algún PON que se le había impartido? Si la respuesta es afirmativa,

         — ¿Cuáles eran?

         — ¿Cuándo le fueron impartidos?

      — ¿Violó 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 qué circunstancias sucedió esto?

         — ¿Qué 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 cuándo y de qué tipo.
- Verificar la interferencia potencia de esta instrucción con la operación del equipo para accidentes.

c) ¿Está el piloto actualizado en todos los aspectos de utilización del equipo para accidentes?

- Describir aspectos en los que no está al día.
- Describir los exámenes exigidos, los certificados o licencias en que se indique que está 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 proporcionó 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?
- ¿Cuán 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 cuándo y de qué tipo.
- ¿Cómo se desempeñó el piloto en la instrucción?

g) ¿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.
- ¿Cuándo comenzó esta instrucción y cuánto tiempo hacía 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 está 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 cuándo debe concentrarse en algún punto y cuándo 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 tenía que usar lentes, y, 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 pérdida 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 sí o escuchan o leen las versiones de la prensa. Si es necesario aplazar las entrevistas deberían pedirse declaraciones. Éstas 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 está 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 más 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 utilizarán 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 cree que la reticencia no se disipará, el investigador tendrá que utilizar un método diferente como, por ejemplo, tomar nota; los que prefieren el enfoque del trabajo en equipo podrá

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 específica. 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 legítima 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 más 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 está 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 específico 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 o "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 más específicas — mientras más específica 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; sería 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. — "¿Cuál es la política para practicar interrupción-aterrizaje y nuevo circuito con aviones monomotores?" seguido de "¿cuándo fue la última vez que el

piloto practicó 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 "sí" o un "no") produce información limitada 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 sí o un no como respuesta y el investigador tendrá que utilizar otra táctica para obtener respuestas más completas. El investigador puede tener más 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 y reacción de la parte del entrevistado constituyen todos elementos claves para un resultado satisfactorio. Aun 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
	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

	Factores que se pueden explicar
	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	

	Factores que se pueden explicar

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

	Factores que se pueden explicar
	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
	Instrucciones/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
	Certificación médica
	Licencia/habilitación
	Incumplimiento
	Antecedentes de infracciones
	Otros factores relacionados con los reglamentos
Relaciones laborales	Relaciones empleado/gerencia
	Medidas de la industria
	Sindicato/grupo profesional
Presiones	Presión mental — operacional
	Moral
	Presiones de colegas/compañeros
Otra interacción elemento humano-medio ambiente	

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 medio 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, cuántos accidentes o incidentes han entrañado las mismas limitaciones de desempeño). Por supuesto la información específica sobre los modelos de características 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 que se describe en el Doc 9156. 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 caso 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 más de una base de datos es riesgosa. Aún más 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 acceda 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, qué 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 y 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). Las variables de interés en esta base de datos son la base de vuelo (consideraciones en materia de carga 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	SECURITAS P.O. Box 1996 Station B Hull, P.Q. J8X 3Z2
Reino Unido	CHIRP Freepost RAF IAM Franborough, Hants. GU14 6BR
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 to 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 AGARD-AG-170, 1973.

Robinson, J.O., *The Psychology of Visual Illusion*, Hutchinson, Londres, 1972.

Bond, N.A., Bryan, G.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., & Sichel, H., *Accident Proneness*, Pergamon Press, Oxford, 1971.

ASPECTOS MÉDICOS

Dehnin, G., Sharp, G.R., & Ernsting, J., *Aviation Medicine*, Tri-Med Books, Londres.

Dinges, David F., *The Nature and Timing of Sleep*, Trnasactions 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 Rythms 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.

ASPECTOS OPERACIONALES

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 Human Error*, Wiley, Londres, 1987.

Wickens, C.D., Stokes, A., & Barnett, 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, G.R., Dark, V.J., & Williams, D., *Short-Term Memory Factors in Ground Controller/Pilot Communications*, Human Factors, 21, 169-181, 1979.

Helmreich, R.L., *Social Psychology on the Flight Dech*, Proceedings of a NASA/Industry 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 Association/Aer 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.D., & 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, J.W., & Bateman, L.F., *Human Factors and the Advanced Flight Deck*, The 32nd Iternational Air Safety Seminar, 1979.

Wiener, Earl L., *Human Factors of Cockpit Automation: A Field Study of Flight Crew 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., *Aircrqft 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

1. 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. Gerard 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. III.
12. Richard H. Wood, 1991 *Aviation Safety Programs — A Management Handbook*. IAP Incorporated, Casper, Wyoming, EUA.
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, EUA.
20. Transport Canada, 1991. Company Aviation Safety Officer Manual, Vol. 1.
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. 89H0007.

38. Transport Canada, 1991. Aviation Safety Newsletter, ASL 3/91.

39. James Reason, 1990. Obra citada.

40. Najmedin Meshkati, 1991. Obra citada.

41. 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. Miller, y C. F. Schmidt, *"The Economics of Safety in Civil Aviation (Planning Study)"*, FAA 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 Hill, 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)

1. 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 Ltd., 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". AI 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 automatización 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 Ltd., 1987.

10. Para una información más amplia sobre este tema véase Perrow, C., *Normal Accidents: Living with High-risk Technologies.* Basic Books Inc., Nueva York, 1984.

11. 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 *MANPRINT*, 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 *MANPRINT.* Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1990.

16. Wiener, E.L., "Management of Human Error by Design", Human Error Avoidance 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 (FAA). 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. Price, "Conceptual System Design and the Human Role", en *MANPRINT.* 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 5 — Cuestiones relativas a los factores humanos en la gestión del tránsito aéreo

1. 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 los 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. EATCHIP es el Programa europeo de armonización e integración del ATC. 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

1. 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 35ª 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 Prefecture*, (Accidente en la prefectura de Gunma) Japón, ocurrido el 12 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, el 28 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 46° 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)*, (Tornillos 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-1011, (Junta nacional para la seguridad 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 10 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-1011), 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 Individuals 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, McDonell Douglas DC-10,* (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, el 10 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 Concepts for 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 Aviación 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. Barnett, 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 of Human 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

1. 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 automatización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada

1. 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 control o 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 II). 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 2, 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

1. 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 of a 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 —

©OACI 1998

ISBN 92-9194-231-6

Núm. de pedido 9683
Impreso en la OACI