

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

**CONTROL DE TRÁFICO AÉREO Y  
MARÍTIMO. IDENTIFICACIÓN DE  
IDIOSINCRASIAS Y  
APORTACIONES AL CONTEXTO  
DE LA SEGURIDAD MARÍTIMA**

Autor: Francisco Marí Sagarra

Director: Ricard Marí Sagarra

## **CAPÍTULO 8**

### **EL FACTOR HUMANO**

## 8.1. Definición de Factor Humano. Aspectos comunes

¿Qué entendemos por Factor Humano? Al responder esta pregunta conviene asegurarse de que todos hablamos el mismo lenguaje a fin de evitar confusiones y poder concentrar los esfuerzos en los especiales problemas asociados al papel que desempeñan las personas dentro del sistema aeronáutico.

Desde luego los factores humanos tratan de la gente, esto es de la gente actuando en su entorno tanto laboral como doméstico. Tratan de la relación del hombre con sus herramientas, sus máquinas, desde las más simples a las más sofisticadas, con los procedimientos a seguir en tareas complejas y desde luego trata de la relación con otros sujetos dentro del sistema, así como de la relación del sujeto con su entorno.

De las muchas definiciones más o menos comprensivas y por tanto, más o menos complejas que podemos dar, escogemos aquí la que nos dice: “Los factores Humanos son la tecnología aplicada que trata de llevar a su óptimo nivel la relación entre las personas y sus actividades, mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integradas dentro del marco de la ingeniería de sistemas” [HAWK-87]. No hay unanimidad en cuanto a cómo definir factor humano, que en definitiva, no es ni más ni menos que aquel que afecta la relación de las personas entre sí, y entre éstas y sus herramientas o máquinas, así como con el entorno.

Sus dos objetivos esenciales son *la eficacia del sistema*, medida por los logros del mismo en relación con los costes, que incluye seguridad y eficiencia, y el *bienestar de la persona*, abarcando éste, tanto la prevención de accidentes, como el intento de proporcionar satisfacción en la tarea que se realiza.

Apuntemos aquí algunos aspectos de la definición anterior siguiendo a Wiener & Nagel (1988) [WIEN-88].

- 1 Aunque en un principio el término Ergonomía, del griego ergon (trabajo) y nomos (ley natural), introducido por Murrell en 1949 y definido como “el estudio de la eficiencia de las personas en sus ambientes de trabajo”, era más restrictivo, con el paso del tiempo su significado se ha ido ampliando y hoy podemos decir que en

muchos contextos se usa como sinónimo del término Factor Humano. Dicho término es problemático pues en su sentido vulgar puede aplicarse a cualquier factor relacionado con los humanos. Quizá el uso de letras mayúsculas iniciales indica cuándo nos referimos a la tecnología y evite confusiones derivadas de un exceso de generalización.

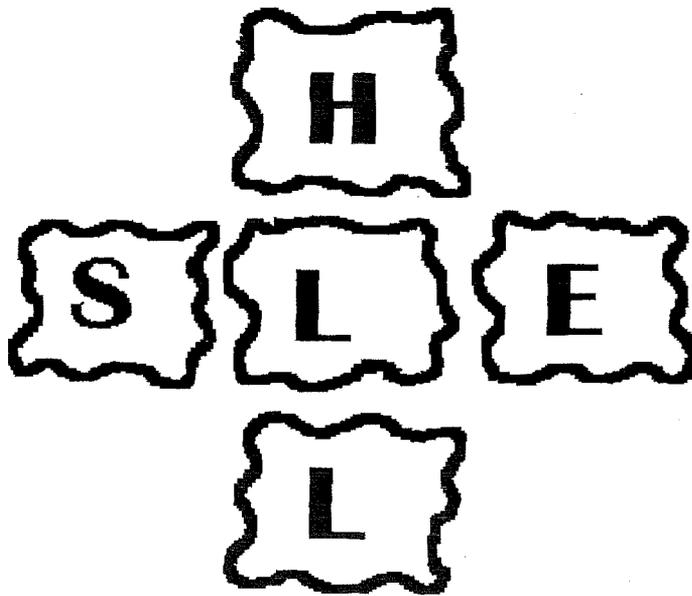
- 2 Al describir los Factores Humanos como una tecnología, se pone énfasis en su carácter práctico, esto es, más bien orientada a resolver problemas que a crear un cuerpo teórico de conocimientos. La relación existente entre los Factores Humanos y las humanidades puede compararse a la que existe entre las ciencias físicas y tecnología.
- 3 Algunas definiciones anteriores de Ergonomía empleaban términos muy simplificados como “el hombre en su trabajo” etc. , en la definición de Edwards se amplía a “personas” y “actividades”. Esto es debido en primer lugar a que el término personas incluye a ambos sexos, el plural nos indica un interés en la comunicación entre personas y su conducta en grupo y, por último, se extiende el concepto más allá del estricto ámbito laboral, incluyendo los edificios públicos, hospitales, el hogar e incluso los lugares de ocio y descanso.
- 4 Las ciencias humanas comprende todo el conjunto de estudios relativos a la estructura y naturaleza de los seres humanos, sus capacidades, sus limitaciones y su conducta tanto en solitario como en grupo. Como otras tecnologías, los Factores Humanos se encargan de aplicar conceptos y conjuntos de datos relevantes a los problemas prácticos.
- 5 Para que los conocimientos de los expertos en ciencias humanas puedan ser de mayor utilidad, estos han de tener conciencia del campo al cual van a aplicar sus conceptos. Deben tener noción de los objetivos y métodos de los operadores del sistema y de las dificultades y restricciones bajo las cuales estos desarrollan su tarea. Los profesionales de los Factores Humanos deben poner especial atención en la oportunidad de sus contribuciones, pues la experiencia ha demostrado que dar consejos desde la barrera y en un lenguaje “puro” de las ciencias humanas ha sido muchas veces ineficaz, cuando no contraproducente.
- 6 El perfeccionamiento de las relaciones entre las personas y sus actividades comprende dos diferentes ámbitos que se miden por criterios también diferentes.

Primero está el criterio del bienestar de las personas que abarca no solo la prevención de accidentes y el evitar las condiciones penosas de trabajo sino que tiene que tender a proporcionar satisfacción en la tarea que se realiza, y en segundo lugar tenemos el criterio de la eficacia del sistema que se mide por los logros del mismo, teniendo en cuenta los costos. Las preferencias por uno u otro criterio pueden producir ciertas tensiones dentro del sistema, baste decir que las circunstancias juegan un papel esencial en el peso específico que se le atribuye a cada criterio en cada momento. Para convertir la definición anterior en algo más operativo de cara a la introducción de un programa de trabajo, lo más indicado es ayudarnos de un modelo conceptual que nos oriente en las diferentes áreas que abarca la definición. Tomando el modelo de E. Edwards de 1972, puesto de manifiesto en sus obras "Man and Machine: systems for safety" y "Human factors in aviation" (1985); modificado por Hawkins en 1984 [HAWK-87]: este modelo parte de la ingeniería de sistemas y se denomina SHEL, nombre derivado de las letras iniciales de sus componentes en inglés, abarcando los cuatro elementos que componen los recursos básicos a nuestra disposición para diseñar un sistema. Estos son: Software, Hardware, Environment y Liveware. (Figura 8-1).

El Software, - soporte lógico -, incluye las reglas, regulaciones, leyes, órdenes, procedimientos standard de operaciones, costumbres, prácticas y hábitos que gobiernan la forma en la cual opera el sistema y como la información se organiza dentro de él, además de los programas propiamente dichos que maneja el hardware.

El Hardware, - equipo -, incluye los elementos físicos del sistema tales como edificios, vehículos, equipos, herramientas, materiales etc.

El Environment, - ambiente -, hay que tenerlo en cuenta pues ninguna actividad de los humanos dentro del sistema se realiza en el vacío, esto es, el entorno esta compuesto por características físicas tanto como por los factores políticos, económicos, y sociales que afectan a todo el sistema.



Modelo SHEL de Edwards modificado por Hawkins.

Figura 8-1

Y por último el Liveware, - elemento humano -, es el centro del modelo y es el componente más delicado y a la vez más flexible del sistema. A él deben acoplarse los demás elementos del sistema intentando evitar tensiones derivadas de la relación entre ellos. A fin de lograr el mejor acoplamiento posible es indispensable comprender las características de este elemento central. Describimos brevemente algunos de sus rasgos más importantes:

- a) Tamaño y forma físicos.- En la concepción de cualquier lugar de trabajo así como en el diseño de los equipos, desempeñan una función especial las medidas y movimientos del cuerpo, que varían con la edad, los grupos étnicos y el sexo. Las decisiones a este respecto se toman en la fase de diseño, tanto de edificios como en equipos y los datos requeridos son suministrados por la antropometría y la biomecánica.
- b) Necesidades físicas.- Las necesidades de agua, oxígeno, etc., que tienen las personas son tenidas en cuenta por la fisiología y la biología.
- c) Características sensoriales.- Los seres humanos están dotados de un sistema sensorial que les permite recopilar información del mundo que les rodea. Pero todos

sus sentidos tienen ciertas limitaciones y además están sujetos a degradación por una u otra razón, y en este caso las fuentes de conocimiento son la fisiología, la psicología y la biología.

- d) Tratamiento de la información.- Esta capacidad es de gran importancia en las tareas cognitivas como las que tienen lugar en el ATC y está afectada por serias limitaciones. Frecuentemente, la concepción y diseño deficientes de instrumentos, así como de sistemas de alarma, ha sido el resultado de no haber tomado en cuenta las capacidades y limitaciones del ser humano como procesador de información. En este aspecto, la psicología es la fuente básica de conocimientos.
- e) Características de la respuesta.- Una vez que se ha detectado y procesado la información, se envían mensajes a los músculos para iniciar la respuesta deseada, sea ésta una acción motora o verbal. Es necesario conocer las capacidades tanto físicas como de comunicación de los humanos así como sus limitaciones. La biomecánica, la fisiología y la psicología suministran aquí los conocimientos requeridos.
- f) Tolerancias ambientales.- La temperatura, la presión, la humedad, la iluminación, el ruido y los ciclos de trabajo son elementos que se reflejan en la conducta y en el rendimiento de las personas así como su bienestar. Esta vez la información se obtiene de la fisiología, la biología y la psicología.

El modelo analiza las relaciones (interface), entre los distintos componentes del sistema, poniendo en el centro del mismo al elemento humano, dándonos cuatro conexiones básicas que son las que debemos tener presente al estudiar los factores humanos en cualquier campo, estas relaciones son: elemento humano–equipo L-H, elemento humano – soporte lógico L-S, elemento humano – ambiente L-E y elemento humano – elemento humano L-L. [HAWK-87].

- **Relación persona/máquina. (L – H)**

Esta relación, L-H (elemento humano – equipo). – es la más clásica y es la primera que nos viene a la mente al considerar el sistema ser humano – máquina. El diseño de los asientos, de las consolas o de las pantallas (de modo que se ajusten a las capacidades sensoriales y físicas de los humanos), así como que los controles de operación sean

adecuados en forma y ubicación, son elementos de esta relación. Los desajustes que provengan de esa relación, pueden constituir un peligro potencial al surgir problemas ocasionados por inadvertencia del propio operador, de una deficiencia en el sistema, o bien, al intentar paliarla, mediante la adaptación al desajuste, encubriendo por tanto la deficiencia.

Incluye el intercambio de energía entre la máquina y el usuario. Es aquí donde muchos de los problemas ocurren cuando el sistema está operando. Es cierto que los defectos en esta relación, más que los fallos catastróficos de uno solo de los componentes, son típicos de los desastres aéreos. Puede que el usuario no se dé nunca cuenta de una deficiencia L-H, aún cuando finalmente pueda provocar un accidente; esto es debido a la característica natural del ser humano de adaptarse a los desajustes de L-H, en virtud de su flexibilidad, encubriendo estas deficiencias. Esto constituye un peligro potencial que debe ser advertido por los especialistas en Factores Humanos en la fase de diseño de equipos.

- **Relación persona/soporte de información. (L – S)**

Esta relación L-S (elemento humano – soporte lógico). – [HAWK-87] abarca los aspectos no físicos del sistema tales como procedimientos, manuales operativos, la simbología y cada vez más los programas de computadoras. Para lograr seguridad y efectividad en las operaciones, la interface L-S, debe ser estudiada con especial dedicación. El soporte lógico no debe entrar en conflicto con las capacidades de los humanos; es inútil prescribir reglas que no pueden ser cumplidas y poco conveniente formular procedimientos que añaden dificultad. En las investigaciones sobre incumplimiento de normas, a veces queda de manifiesto que son las normas en sí mismas y no los que las violan, las que necesitarían una revisión. Por tanto, es inútil prescribir reglas que no pueden ser cumplidas, como tampoco es conveniente formular procedimientos que puedan añadir dificultad a la tarea. En definitiva, los conceptos de diseño de los, manuales operativos, prácticas, costumbres y hábitos que gobiernan la forma en la cual opera el sistema, y cómo la información se organiza dentro él, han de ser igualmente tenidas en cuenta de forma muy seria, ya que algunas veces, el origen del fallo humano, no es el operador, sino unos procedimientos operativos mal diseñados.

Así, sólo por el hecho de trabajar cumpliendo las normas, nadie puede asegurar que se esté trabajando con seguridad. En esta relación, los problemas son a menudo más sutiles, menos tangibles y en consecuencia, más difíciles de resolver.

- **Relación persona/ambiente. (L – E)**

En esta relación L-E (elemento humano – ambiente). –[ICAO], muchos de los problemas que planteados entre estos dos elementos han sido hoy día superados por medio de mejora en los edificios, acondicionadores de aire, insonorización etc.. Aún así, hay que tener en cuenta que la actividad aeronáutica se realiza dentro de un contexto con amplias restricciones políticas y económicas, y esos aspectos del ambiente actuarán en esta interface. Aunque la posibilidad de modificar estas influencias está fuera del alcance de los especialistas en Factores Humanos, su incidencia es central y deben ser tenidas en cuenta dentro de lo posible.

Otro de los inconvenientes que podemos tratar en este apartado, es aquel que se deriva de un conocimiento insuficiente del idioma de trabajo por un lado, y por otro, el hecho de que se puedan mantener en determinadas áreas geográficas, comunicaciones en el idioma de trabajo local y además en el operacional (inglés). La evidencia ha demostrado que algunos accidentes han sucedido a causa de dificultades lingüísticas. Sirva de ejemplo, el informe de la NTSB de 21 de febrero de 1990 referente al accidente de un Boeing 707 de la compañía Colombiana Avianca, vuelo AVA 052, ocurrido en Cove Neck, Nueva York, el 25 de enero de ese mismo año. [BSV] En ese accidente, estuvieron presentes diversos factores que provocaron que el avión se quedase sin combustible y se precipitase contra el suelo. En sus recomendaciones, el informe pone énfasis en la “necesidad de que las comunicaciones sean claras y sin ambigüedades, de modo que se pueda identificar una situación de emergencia o la necesidad de asistencia complementaria del ATC”, (la ambigüedad provino de la falta de entendimiento idiomático entre piloto y controlador, y la no-utilización del procedimiento correcto para declarar “emergencia”; existía una diferenciación cultural por parte del piloto con el significado de la palabra “prioridad”.)

- **Relación persona/hombre. (L – L)**

L-L (elemento humano – elemento humano). - [ICAO-90], se trata de la interface entre personas. En el contexto ATC esta interface es de suma importancia pues las tareas a realizar se resuelven en equipo; esto es, aunque el controlador en una posición imparte autorizaciones con total autonomía, el tráfico en su conjunto está afectado por las acciones de otros controladores, tanto en el mismo centro como en los colaterales. No en vano uno de los conceptos claves en ATC es el de *coordinación*. En esta interface, los especialistas en Factores Humanos estudian la personalidad, así como la relación de distintos tipos de la misma y su influencia en la conducta y rendimiento del grupo.

Es aquí donde la personalidad de los implicados puede jugar un importante papel, además de que el rendimiento global del sistema se puede ver lógicamente afectado. Por otro lado, las diferencias culturales e idiomáticas pueden jugar un papel decisivo en la seguridad, nos referimos a la relación entre personas de distintos países cuando trabajan para un fin común.

No existe referencia inmediata de que las diferencias culturales sean un factor contribuyente en la seguridad aérea. Sin embargo, nadie sabe con seguridad si este argumento es válido, ni si las diferencias culturales, que normalmente pueden no ser evidentes en una situación cotidiana, en una crisis sean desveladas, transformando una emergencia soslayable en un desastre. Este es el caso, en el cual los súbditos de distintos países de la Unión Europea, puedan trabajar como controladores o como miembro de una tripulación en otro país de la Unión.

Por tanto, es importante entender las diferencias culturales en aviación y decidir si provocan un impacto significativo, y si es así, bajo qué condiciones. Bajo este contexto, existe otro tipo de relación que no debemos olvidar, como la que puede existir entre piloto y controlador. Detrás de ella se encuentra el Paradigma Tierra/Aire. (Figura 8-2):

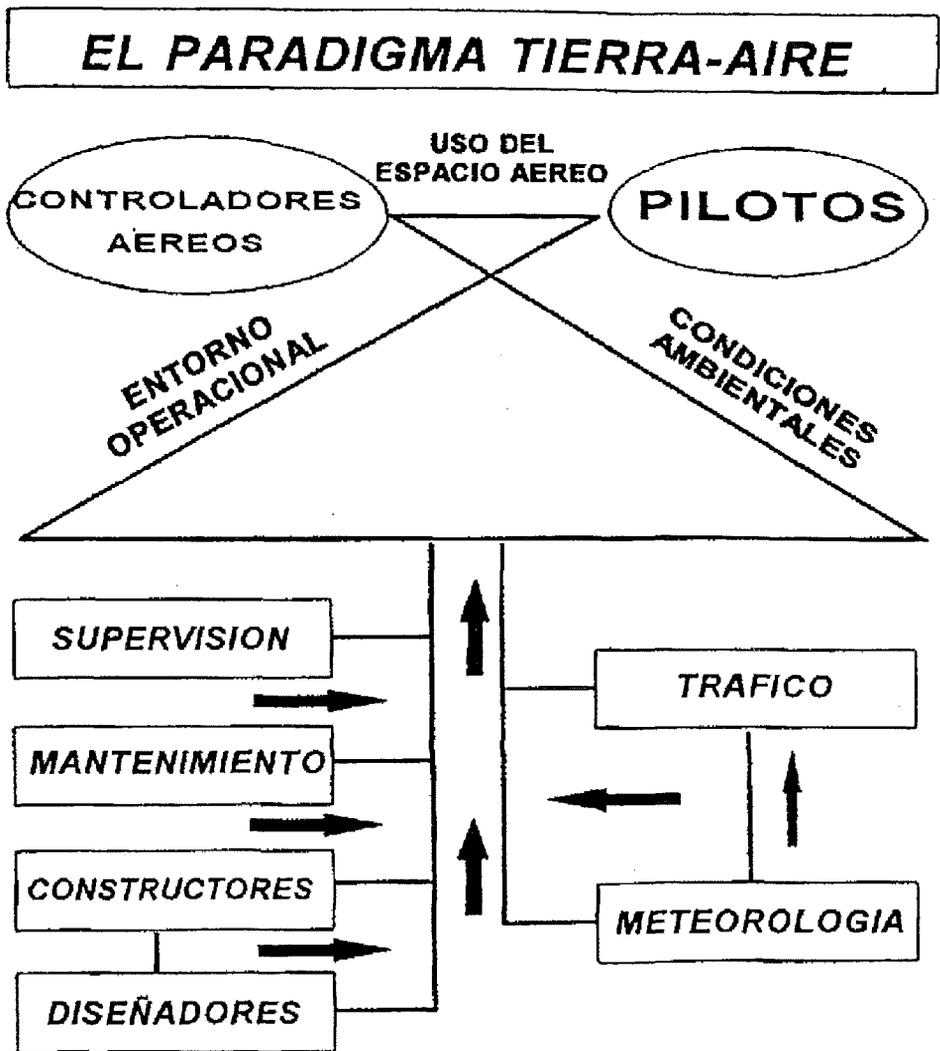


Figura 8-2

Este muestra como uno y otro comparten el mismo entorno humano de trabajo, así como las condiciones ambientales, donde uno controla o gestiona, el espacio aéreo que el otro utiliza.

El paradigma representa esta clase de interrelación humana y muestra como las dos partes trabajan juntas.

El modelo SHEL puede usarse para identificar áreas problemáticas, establecer los orígenes de las fricciones y definir la información que hay que recopilar para intentar solventar los problemas.

A efectos didácticos, los diversos temas relativos a los Factores Humanos en ATC se analizan separadamente. En la práctica, estos aspectos nunca están separados sino que suelen presentarse relacionados entre sí. Por ejemplo, lo que un controlador ve en su pantalla puede depender de qué información es la que se presenta (equipo), cuán apropiado es para la tarea (soporte lógico), si está afectado por las condiciones de iluminación en la sala (medio ambiente) y qué es lo que el controlador está esperando ver tras la comunicación con el piloto (elemento humano).

## **8.2. El Factor Humano en el control aéreo**

La seguridad es sin duda la marca distintiva en el mundo de la aviación, no sólo por las enormes energías y recursos que se dedican, sino también porque durante décadas se ha desarrollado en la comunidad aeronáutica una percepción acerca de la inviolabilidad de algo así como un dogma para todos los miembros de dicha comunidad; este dogma reza así: en aviación lo primero es la seguridad.

Mucho se ha avanzado en los últimos años en estas materias, sin embargo, siguen ocurriendo de tanto en cuanto accidentes que ponen de manifiesto lo acertado de las palabras del Capitán Daniel Mauriño dirigiéndose a los participantes en la 21 Conferencia de la WEAAP en Dublín en marzo de 1994: “El mensaje que intento transmitir es que la batalla por la seguridad es una tarea interminable contra un enemigo infatigable, de infinitos recursos y que nunca se rendirá.” [JONH-94].

La finalidad del sistema ATC es mantener la seguridad, el orden y la fluidez del tránsito aéreo y constituye un claro ejemplo de un gran sistema, ser humano - máquina operando en forma ininterrumpida. A medida que el tráfico aéreo aumenta, el ATC debe evolucionar para hacer frente a esa mayor demanda, a menudo introduciendo las últimas innovaciones tecnológicas. El papel a desempeñar por los controladores debe, en consecuencia, variar. La capacidad del controlador debe acoplarse a las disponibilidades de las nuevas tecnologías para cumplir el objetivo de atender al mencionado incremento de tráfico.

Pero además de esos objetivos principales, el ATC tiene otros fines menos conocidos pero de gran importancia como son: la economía de combustible, atenuación de ruidos, perturbación mínima del medio ambiente, rentabilidad, imparcialidad respecto a todos los usuarios en materia de normas y procedimientos y la satisfacción de las peticiones de los usuarios, referentes a variaciones de ruta, siempre que sea posible. Si a esto le añadimos el incremento de los niveles de tráfico, y la entrada en escena de sistemas automatizados cada vez más sofisticados, y en ocasiones menos comprensibles por el operador, nos encontramos con que el elemento humano puede llegar a convertirse en una amenaza latente y real, creándose, llegado el caso, una situación de riesgo potencial para las aeronaves en cualquier fase del vuelo, lo cual no hace sino añadir complejidad al ya de por sí complejo sistema. Al margen de las estadísticas, el número de autorizaciones que diariamente se expiden en todo el mundo a miles y miles de vuelos, se pueden contar por millones. Tampoco hay que olvidar que son expedidas por seres humanos, y que éstos, cometen errores; errores que, por otro lado, podrían ser soslayables (al menos algunos), si se dedicase más atención a sus causas y al modo de remediarlas.

El usuario empieza a interesarse cada vez más por asuntos relacionados con el control de tráfico aéreo, porque al aumentar la densidad del mismo también aumentan las regulaciones y restricciones que conllevan demoras para sí mismo. También los incidentes y accidentes en que están implicados los controladores, tienen una amplia difusión en los medios de comunicación. En otras palabras, la preocupación por la seguridad no es hoy en día un asunto exclusivo de los profesionales, sino del público en general.

Sin duda los operadores que están en el centro del sistema son un elemento esencial para el mantenimiento y aumento de la seguridad. Es conocido el dato de que de cada cuatro accidentes, tres resultan de comportamiento humano no óptimo, lo cual indica que cualquier progreso en esta área tendrá una importante repercusión en el mejoramiento de los niveles de seguridad.

Por esta razón, la Asamblea de la OACI adoptó en 1986 la Resolución A 26-9, sobre la seguridad de vuelo y Factores humanos con el objetivo de: “Aumentar la seguridad de la aviación, instando a los Estados que se muestren más conscientes y atentos a la importancia del Factor Humano en las operaciones de aviación civil, adoptando textos y medidas prácticas en relación con el Factor Humano, elaborados a partir de la experiencia adquirida”. [ICAO].

### **8.2.1 Antecedentes históricos**

Desde hace muchos siglos el hombre ha construido equipos de muy diversos tipos como medio para alcanzar ciertos fines. La relación entre el hombre y los equipos, es el principio sobre el que van a ir asentándose, a lo largo de los años, cuando las herramientas simples devengan máquinas y éstas a su vez devengan sistemas complejos, los Factores Humanos.

Dos conjuntos de hechos nos servirán de guía para dar un breve repaso a algunos hitos históricos en el desarrollo y perfeccionamiento de la aviación en todos sus aspectos y de otra parte la dolorosa experiencia de los accidentes que continuamente nos recuerdan la fragilidad del sistema y su tremenda vulnerabilidad a pesar de los avances tecnológicos experimentados.

Ya en 1869 llegó a la Psicología el concepto de Tiempo de Reacción (TR) [PIO-84] importado de los estudios fisiológicos de Helmholtz. El TR es el tiempo transcurrido entre la llegada de una señal en particular (estímulo) y la producción de una respuesta a dicha señal. En el caso más sencillo, podemos imaginar un sujeto con su dedo apoyado sobre un botón, mirando a una bombilla y esperando a que ésta se ilumine. En este ejemplo es casi seguro que el TR sería aproximadamente un quinto de segundo. Sin embargo, si la persona tiene dos bombillas y dos botones, y necesita pulsar el botón izquierdo en el momento en que se ilumine la bombilla izquierda y el derecho, al iluminarse la correspondiente, veremos como aumenta el TR y podemos atribuir dicho aumento al tiempo necesario para procesar la información antes de ejecutar la respuesta. Con el paso de los años, el TR, junto con otros parámetros tales como la tasa de errores etc., ha contribuido en forma decisiva al diseño de equipos así como a la mejora de

métodos de aprendizaje de los controladores. Asimismo, de las décadas 1880 y 1890 vienen los primeros trabajos de Taylor y otros sobre factores que afectan a la producción industrial. También de esa época son los trabajos de Galton sobre diferencias intelectuales y su incidencia en el mundo laboral y los de Catell sobre capacidades sensoriales y motoras.

Durante la Primera Guerra Mundial, se incrementa el estudio de los factores Humanos, al objeto de aumentar al máximo la producción industrial y en los Estados Unidos entre 1917 y 1918 se hacen tests de inteligencia a dos millones de soldados para así poderlos asignar mejor a las diferentes unidades, sentándose un precedente para las modernas baterías de tests usadas en la selección de personal.

Un hito histórico en el desarrollo de los Factores Humanos fue el trabajo realizado en los talleres Hawthorne de la Western Electric entre 1924 y 1930 [HAWK-87] donde se determinó que la eficacia en el trabajo podía verse influenciada favorablemente (o desfavorablemente) por factores psicológicos no relacionados con el trabajo en sí mismo. Este hecho, conocido como el “Efecto Hawthorne”, introduce un factor psicológico de capital importancia cual es la *motivación*, en los estudios sobre el rendimiento de los trabajadores en entornos industriales y modifica concepciones anteriores más simples sobre la relación más directa y física entre el hombre y las máquinas.

Un drástico empuje al estudio de los Factores Humanos así como el desarrollo de la aviación vino como consecuencia de la segunda Guerra Mundial. Aquí los problemas humanos en cuanto a capacidades y rendimiento aparecieron con toda intensidad. Hubo que seleccionar y entrenar a muchas personas. Los rendimientos requeridos de los aviones en combate se extremaron, y se solicitaba de los pilotos unas capacidades enormes para realizar misiones en ambientes extremadamente hostiles. Esto puso de manifiesto grandes lagunas en la comprensión de los procesos psicológicos relacionados con la adquisición y mantenimiento de todo tipo de habilidades y por consiguiente, se pusieron en marcha numerosos programas para arrojar luz sobre estos problemas y en lo posible resolverlos.

En la Universidad de Cambridge en 1939, el doctor Sir. Frederic Bartle, [HAWK-87] realizó estudios relacionados con la aviación militar y se concentró en comprender los fundamentos de las habilidades humanas. Entre los muchos resultados prácticos de sus investigaciones, tenemos su contribución en las áreas de selección y formación de personal, los efectos de la falta de sueño y de la fatiga en el rendimiento, así como varios aspectos de la percepción visual y del diseño de instrumentos.

La institucionalización de los Factores Humanos, se lleva a cabo con la fundación de varias organizaciones tales como la Sociedad de Investigación Ergonómica en Inglaterra en 1949, seguido en 1959 de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA). En Estados Unidos se crea en 1957 la Sociedad de Factores Humanos (HFS) que posteriormente se fusionó con la IEA, formando la Human Factors & Ergonomics Society. [HAWK-87].

Ya en 1951 se publicó un informe relativo a los factores humanos en control de tráfico aéreo, que con el tiempo ha devenido un clásico, titulado Human engineering for an effective airnavigation and traffic-control system. [FITT-51] Es sin lugar a dudas el trabajo pionero en esta área y en él se abordaban cuestiones tales como:

1. El papel a desempeñar por las personas en los sistemas complejos
2. La división de responsabilidad entre hombres y máquinas.
3. Los procesos de toma de decisiones, el diseño y evaluación de los sistemas de información visual.
4. Los problemas de la comunicación.

Todas estas cuestiones siguen estando de actualidad hasta el punto de que en uno de los textos más comprehensivo en esta materia, el de V.D. Hopkin de 1982, [HOPK-82] vuelven a aparecer y a exponerse como una necesidad su estudio y desarrollo. Esto es así, porque si bien es cierto que en los años que median entre estas dos fechas, el ATC ha progresado de forma inimaginable, en términos de densidad de tráfico, complejidad del entramado de rutas, variaciones importantes en las actuaciones operativas y de capacidad de los aviones, sistemas de navegación, computadoras aplicadas a los sistemas, tanto en tierra como a bordo etc., no es menos cierto que las capacidades y

limitaciones básicas de los seres humanos en cuanto a aprendizaje, procesamiento de la información, toma de decisiones, capacidad de efectuar predicciones y de resolver problemas en un entorno dinámico, continúan desafiándonos y reclamando nuestra atención.

Por ello, muchos de los problemas básicos a los que nos enfrentamos hoy día pueden aún formularse en los mismos términos de 1951, ya que, si bien la tecnología ha introducido enormes cambios en el panorama, los factores humanos tratan de las personas y sus características de actuación, y estas permanecen en general constantes. No puede olvidarse que el controlador es el “alma” del sistema ATC y su interacción con los otros elementos del mismo es de suma importancia. El controlador influye en el sistema en términos de seguridad y rendimiento del mismo, debido a sus conocimientos y a su capacidad para adaptarse a situaciones imprevistas. El sistema afecta al controlador en cuanto a salud, moral, satisfacción, carrera profesional etc.

## **8.2.2 Datos del factor humano en ATC**

Desde que en 1940 Meier Müller calculara que de cada cuatro accidentes aéreos tres eran atribuibles a error humano, la necesidad de mejorar el rendimiento de los humanos dentro del sistema, no ha dejado de ponerse de manifiesto: Tres décadas después, en 1982, el ya mencionado V.D. Hopkin en su obra “Human factors in air traffic control”, vuelve a tratar el tema, poniéndose definitivamente de manifiesto la necesidad de un profundo estudio de los factores humanos.

Durante 1989 la Canadian Aviation Safety Board llevó a cabo un estudio [HARL], sobre incidentes ATC, los datos nos muestran que casi en el 90 % de ellos, el factor humano ha sido la causa única o un destacado factor contribuyente. De 217 casos estudiados, en 192 se encontraron uno o más factores humanos, directamente relacionados con los incidentes. Los factores que más aparecen en dicho informe son: errores de planificación, de enjuiciamiento de la situación, falta de atención<sup>12</sup>, [RODR-

---

<sup>12</sup> La atención se ha utilizado como parámetro para el estudio de la carga de trabajo y del rendimiento. Un trabajo llevado a cabo en operadores de radar, ha mostrado que el descenso del nivel atencional, a diferencia del deterioro progresivo que se produce en el esfuerzo físico continuado, sucede de forma fásica, alternando periodos de respuesta relativamente buena con periodos de capacidad de reacción francamente disminuida.

95], excesiva carga de trabajo y olvidos, que aparecen en un 76 % de los casos, seguidos de otros factores como: intercambio defectuoso de información en las coordinaciones, distracciones, falta de conocimiento de reglas y procedimientos, cansancio y algún otro de menor importancia en cuanto a su incidencia estadística.

Harle, tras exponer con detenimiento algunos de los factores más arriba mencionados concluye: “a pesar de que el enfoque tradicional de los factores humanos en aviación ha estado centrado tradicionalmente en las actuaciones de los pilotos, hoy debemos ampliar este enfoque para incluir otro de los potenciales puntos débiles del sistema, cual es, las limitaciones en las capacidades de actuación de los controladores de tráfico aéreo”.

Unos años antes, concretamente en 1986, la Asamblea de la OACI adoptaba la resolución A26-9 sobre seguridad en vuelo y factores humanos. En virtud de la mencionada resolución, la Comisión de Aeronavegación propuso el objetivo de “Aumentar la seguridad de la aviación instando a los Estados a que se muestren más conscientes y atentos a la importancia del Factor Humano en las operaciones de aviación civil, adoptando textos y medidas prácticas en relación con el Factor Humano, elaborados a partir de la experiencia adquirida por los Estados”.

Toda la comunidad aeronáutica está, sin excepción, de acuerdo con la conclusión anterior, y así, la OACI continuando con su programa, consecuencia de la Resolución mencionada anteriormente, publica en Abril de 1993, la Circular 241 – AN/145, [ICAO-90]. Compendio sobre factores humanos nº 8: “Los factores humanos en el Control de tránsito aéreo”, cuyo objetivo es “proporcionar orientación práctica en material de Factores Humanos a las personas interesadas en los sistemas ATC”. Su propósito es demostrar cómo las capacidades y limitaciones de los seres humanos pueden influir en el desempeño de las tareas y en la seguridad.

Uno de los puntos a destacar de la mencionada Circular, es el reconocimiento de que el sistema ATC deviene cada vez más complejo. Las nuevas tecnologías que ya están llamando a nuestra puerta y que incorporarán, en un futuro no muy lejano, entre otras, ideas tan novedosas como el uso de programas de inteligencia artificial para ayudar al

controlador en la planificación y toma de decisiones, presentan nuevos desafíos. Ahora bien, los sistemas actuales de control y los futuros tienen que hacer frente a estas demandas sin detrimento de sus tres funciones vitales: seguridad, orden y rapidez. Al contemplar este panorama, se nos aparece como imprescindible y vital otro objetivo que es garantizar el suministro continuo de una plantilla de controladores que puedan cumplir con los objetivos del sistema haciendo uso de los equipamientos y normas existentes o los nuevos.

Finalmente, en 1996, Jack Howell, director de navegación aérea de la OACI, en un discurso pronunciado con ocasión del 3º Simposio sobre seguridad de vuelo y factores humanos dijo: “No nos equivoquemos, los fallos de las personas envueltas en el ciclo ordinario de las operaciones son síntomas de deficiencias más profundas en los cimientos mismos del sistema aeronáutico. Los fallos de la arquitectura del sistema y de los procesos subyacentes, constituyen las causas que esconden los síntomas que observamos en los puestos de pilotaje, en las salas de control de tráfico aéreo y en los talleres de mantenimiento. Debemos continuar subsanando los síntomas como medida intermedia a la espera de que las estrategias de largo alcance destinadas a eliminar las causas entren en acción, pero sería lamentable que, en intentos de gran cortedad de vista, dedicáramos todas nuestras energías a subsanar los síntomas solamente”.

El sistema ATC es un claro ejemplo de lo expuesto en el modelo SHELL de Edwards, y muestra en toda su complejidad las variadas relaciones entre los elementos que componen el sistema, con dos importantes características que lo distinguen de otros sistemas complejos, a saber: que se trabaja en tiempo real y que los errores pueden devenir en catástrofes.

En el desarrollo de los Factores Humanos en ATC se tienen en cuenta los atributos específicos de los seres humanos desde dos puntos de vista, según sus orígenes y el modo en que puede abordarse su modificación. Una categoría de atributos humanos se refiere a las influencias que el sistema ATC ejerce sobre los controladores. Esta categoría abarca cuestiones en las que pueden influir los cambios de procedimientos, medio ambiente y condiciones del ATC. Comprende cuestiones tales como la tensión, el

tedio, la complacencia y el error humano inducidos por el sistema y que pueden cambiarse modificando el sistema.

La segunda categoría se refiere a los atributos fundamentales y universales de los humanos que son relativamente independientes del sistema ATC. Esta categoría incluye las necesidades de las personas en al trabajo, las diferencias individuales, así como la forma en que los controladores perciben, sienten, aprenden, comprenden, recuerdan, interpretan, procesan y usan la información en su relación con los otros elementos del sistema. Si bien el ATC no puede cambiar dichos atributos, sí debe tenerlos en cuenta para aprovechar sus ventajas y evitar en lo posible sus limitaciones. (Figura 8-3).

### EL PAPEL DE LA MEMORIA Y DE LAS APTITUDES EN LA TOMA DE DECISIONES DEL CONTROLADOR

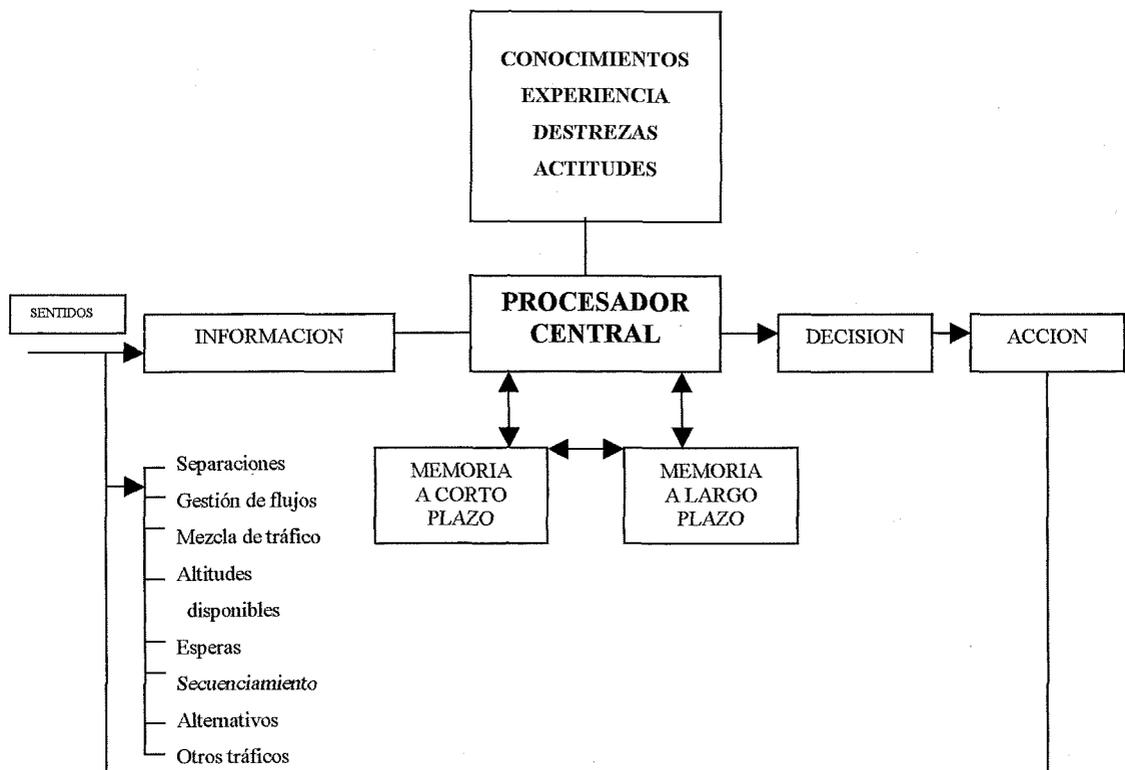


Figura 8-3

Los problemas que plantea el diseño de sistemas complejos suponen un salto cualitativo respecto a otros tipos de herramientas no sólo debido a la complejidad de las máquinas mismas (hardware), sino fundamentalmente por el tipo de material sobre el

que éstas trabajan, a saber: la información. Se va sustituyendo la Ergonomía clásica, derivada de la ingeniería, por otra perspectiva que viene denominándose Ergonomía cognitiva, interesada en estudiar el ajuste de las máquinas a la forma en que pensamos. El énfasis de la llamada Psicología del Software (Curtis et al.1986), [CURT-86] se encuentra en los factores cognitivos del desarrollo y uso del software.

El ATC debe tener en cuenta las capacidades básicas cognitivas de los controladores, memoria, atención, percepción, pensamiento etc. Las funciones y tareas que el controlador va a realizar, deben diseñarse teniendo en cuenta dichas capacidades y la instrucción debe tender a aumentarlas y acoplarlas al sistema. Las personas necesitan poder usar sus capacidades cognitivas de forma tal que, por una parte, se sientan útiles y por otra, no tengan una sensación de inferioridad respecto a otros elementos del sistema, (por ej. el software).

Así, un aumento de la complejidad del entorno de trabajo (por ejemplo: el aumento de tráfico), puede afectar a la capacidad del individuo, incrementándola en principio (ya que la dificultad de la tarea le motiva), hasta un cierto límite de dificultad, a partir del cual, puede decaer bruscamente apareciendo conductas erráticas e incluso pánico. (Figura 8-4). Por lo tanto, al margen del grado de ansiedad que una determinada tarea pueda exigir para su realización, existe asimismo un punto de equilibrio *ansiedad/ejecución*, en el cual, si la tarea es muy fácil, el individuo estará muy poco motivado, y si es demasiado difícil, disminuirá su capacidad de ejecución. Esto también ha de tenerse en cuenta.

El ATC tiene ya grandes cambios tecnológicos como, por ejemplo, la información vía satélite, los enlaces de datos, la codificación por colores, la inteligencia artificial etc., a fin de hacer frente a la prevista expansión del tráfico aéreo. La tarea del controlador también debe de evolucionar, pero permaneciendo en el centro del sistema y potenciando sus capacidades, como innovación, flexibilidad y creatividad para enfrentarse a lo imprevisto, sin que perjudique a las tres funciones básicas: seguridad, orden y rapidez.

## EFICACIA



Figura 8-4

Sin embargo, existen numerosas disfunciones y perturbaciones en el sistema, referidas fundamentalmente a la problemática de las comunicaciones verbales y la creciente congestión de tráfico, presentando las siguientes particularidades:

**DIFICULTADES** de lenguaje o malentendidos entre controlador y piloto.

**SATURACIÓN** de los canales de voz y excesiva carga de trabajo del controlador.

**LA INFORMACIÓN** que transmite el piloto al controlador debe ser introducida manualmente por éste en los ordenadores para su tratamiento.

**CONGESTIÓN DE TRÁFICO** Debido a que en las zonas del espacio aéreo donde la densidad de tráfico es muy elevada, el control del tráfico aéreo está próximo a la saturación, causado por el excesivo número de aeronaves que debe de atender el controlador.

Actualmente la única forma de disminuir la carga de trabajo del controlador, consiste en reducir el tamaño del sector a controlar, y con ello las aeronaves a controlar por cada controlador. El inconveniente de este método es que al reducir el tamaño de los sectores, aumenta el número de transferencias entre controladores y con ello su carga de trabajo,

por tanto existe un límite en el cual la reducción del tamaño de los sectores no supone una reducción en la carga de trabajo del controlador.

Debido a este aumento de tráfico, se hace imprescindible en ciertas zonas disminuir la carga de trabajo del controlador, mediante otros medios como son la reducción de las comunicaciones orales y la automatización de partes de las funciones del controlador, apareciendo así la necesidad de utilizar un enlace de datos entre la aeronave y el centro de control.

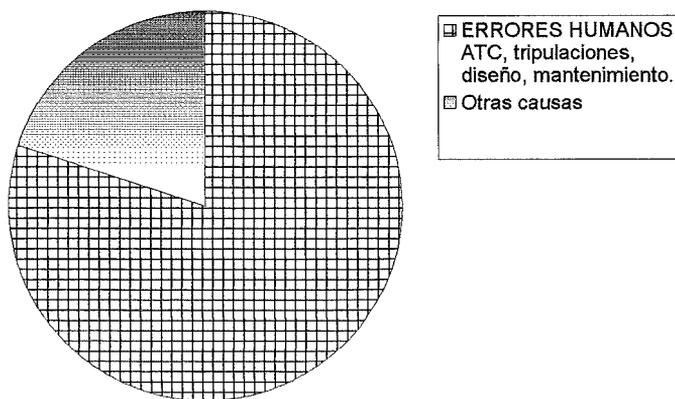


Fig. 8-5

El primer cálculo de la incidencia de los errores humanos en los accidentes de aviación data de los años cuarenta y nos muestra que tres de cuatro accidentes son atribuibles a errores humanos, (figura 8-5); lo más impresionante de esta cifra no es ella en sí misma, sino su evolución, ya que en una estadística de la IATA de 1975 se mantiene la misma proporción. Este conjunto de datos nos lleva a otro hito histórico, el reconocimiento por parte de las organizaciones, tanto estatales como privadas, de la necesidad de suministrar una educación básica en la disciplina “Factores Humanos” a fin de reducir la incidencia de los errores humanos en las catástrofes aéreas. Así en 1971 se pone en marcha un curso de dos semanas en la Universidad de Loughborough sobre “Human Factors in Transport Aircraft Operation”, y algo después en 1978 la compañía holandesa KLM introduce el “Human Factors Awareness Course” (KHUFAC) [HAWK-87] con el objetivo de suministrar enseñanza en estas materias a gran escala y bajo coste y con una perspectiva propia. Este curso fue posteriormente adquirido por

numerosas compañías aéreas de todo el mundo, y puede decirse que hoy en día es un clásico en la materia.

Como para enfatizar la necesidad de introducir estas enseñanzas, se producen, en el momento en que se empezaban los programas educacionales, tres tragedias en solo dos años: el 27 Marzo de 1977 a las 17:06 UTC, se produjo en el aeropuerto de Los Rodeos en Tenerife, la mayor catástrofe de la historia de la aviación al producirse una colisión entre dos B747 dejando en las pistas 583 muertos, unos 150 millones de dólares en pérdidas y una sensación profunda y angustiada en la comunidad aeronáutica con relación a los márgenes de seguridad del sistema.

Aunque las colisiones en vuelo son poco frecuentes, en el año 1978 se producen dos accidentes que alertan a los investigadores sobre la necesidad de hacer algo para mejorar el sistema ATC. El primero de estos accidentes ocurrió en Memphis al chocar en pleno vuelo un Falcon jet, matrícula N121GW con un Cessna 150, matrícula N6423K [NTSB-78], y el segundo en San Diego al chocar un Cessna 172, N7711G con el B727 de la Pacific Southwest Airlines, vuelo PSA 182 de Los Ángeles a San Diego Lindburgh Field [NTSB-79]. En las conclusiones finales de los informes pertinentes aparecen de forma determinante problemas relacionados con las capacidades y actuaciones de los operadores humanos del sistema.

Quizá a causa de estos accidentes, los pilotos y controladores empezaron a contribuir de forma masiva, con sus informes en el programa que se había puesto en marcha por la NASA en 1976, llamado Aviation Safety Reporting System (ASRS). [SHER]. Dicho programa se sustenta en un principio fundamental y novedoso, cual es el de mantener el anonimato de los informantes, reconociendo, de forma explícita que no se pueden obtener datos suficientes y significativos de la conducta de las personas y de sus fallos, si al mismo tiempo pesa sobre dichas personas la amenaza de acciones penales. Una notificación voluntaria de incidente es remitida por el informante sin presión legal, administrativa o económica de ningún tipo. El sistema protege la identidad del informante.

Este tipo de programas promueve el conocimiento de los errores humanos que de otra forma nunca saldrían a la luz y ayudan a otros a aprender de los errores cometidos. Este cambio de actitud en un organismo oficial produjo y aún está produciendo enormes beneficios, en los primeros diez años de funcionamiento del programa se recibieron 52.000 informes, desarrollándose 950 estudios y publicándose 850 notificaciones específicas de alerta para pilotos y controladores. La importancia del programa ASRS nos la da el hecho de que en 1986 su boletín de información llamado "Callback" se distribuía en más de 50 países con una tirada mensual de 4.000 ejemplares.

Otros países siguieron el ejemplo y así en Inglaterra se puso en marcha el programa CHIRP (Confidential Human Factors Incident Reporting Program). Con su correspondiente boletín de información llamado "Feedback". Este procedimiento se intenta aplicar al ámbito marítimo para notificación de los accidentes ocurridos en los buques, según el informe elaborado por un comité de expertos europeos dentro de la Acción Concertada (CA) que durante 3 años trabajó al respecto bajo los auspicios de la Dirección General VII, Transportes, de la CE.

Aun con todas sus ventajas, los informes confidenciales tienen algunas limitaciones (Chappell 1994), [SHER] como son la falta de validación por otras fuentes, y los sesgos del informante en cuanto a "quien" notifica y "que" se notifica. Y por ello quizá la nueva generación de informes en ATC (Jones 1994), [CHAR-94] intenta promover un cambio en la filosofía de los controladores con relación a una nueva "cultura de seguridad", introduciendo la idea de que puede limitarse en cierta medida el carácter confidencial de los informes, recabando más información de las organizaciones para obviar algunas limitaciones, sin acciones punitivas pero con acciones educativas para el informante. Para conservar las garantías se efectúa por medio de una institución intermediaria, como es la Universidad de Austin (Texas). (Programa NASSA/UT).

Aun con todos los esfuerzos por aumentar la seguridad derivados de lo expuesto anteriormente, en 1983 se produce otra catástrofe que por sus características (ausencia de fallos mecánicos y condiciones meteorológicas buenas) llaman poderosamente la atención sobre el hecho de que los errores humanos encadenados, pueden ellos solos

producir accidentes aunque el resto del sistema opere satisfactoriamente. La noche del 27 de Noviembre el B-747 de Avianca, vuelo 011 de París a Madrid, se estrelló cerca de la baliza exterior de la pista 33 de Barajas cuando volaba a 139 nudos de indicada y a un régimen de descenso de 1.015 pies por minuto. El análisis de los registros de los últimos 30 minutos de vuelo revela una secuencia de pequeños fallos individuales de la tripulación y los controladores que culminaron en el impacto. En forma escueta este accidente nos ilustra sobre seis factores que en repetidas ocasiones contribuyen a incidentes y accidentes en aviación. Estos son:

1. Falta de respuesta a sistemas de alarma.
2. Exceso de confianza en los sistemas automáticos.
3. Errores en lectura de cartas de aproximación.
4. Errores en comunicación.
5. Difusión de la responsabilidad.
6. Fallos en la vigilancia de la tripulación.

Cada uno de estos errores continúan repitiéndose como se evidencia por los informes de incidentes y por los confidenciales, pero solo una pequeña proporción de ellos concluye en accidente. Lo que el destino del vuelo 011 de Avianca nos muestra con claridad es como una concatenación de dichos errores puede aumentar en gran medida las probabilidades globales de un accidente.

En el año 1986 el almirante Donald Engen, a la sazón ex Director de la FAA dijo: "Hemos empleado más de cincuenta años en el equipo, que ahora es bastante fiable. Ya es hora de que trabajemos con las personas". Esta declaración establece, en cierto modo, las bases que permiten evaluar y en su caso satisfacer la necesidad de los Factores Humanos en los modernos y complejos sistemas de producción y servicios. [ICAO].

### **8.2.3. Factores y Seguridad**

La profesión de controlador aéreo posee unas peculiaridades específicas que han de ser tenidas en cuenta para comprender las repercusiones que tanto a nivel individual (estado anímico), por cuanto a conducta se refiere, como a nivel colectivo (trabajo en equipo), pueden influir en la seguridad de forma decisiva.

Las personas que tienen profesiones con un horario fijo todos los días del año, que además su trabajo les permite dormir en su casa a diario, disfrutar de todos los fines de semana, así como de vacaciones cuando su familia y amigos las disfrutan; o sea aquellas que siempre tienen referencias fijas, pueden mantener con mayor facilidad un equilibrio psíquico aceptable. Mientras que otros (p.e. los controladores), debido al trabajo a turnos (mañana, tarde y noche), o sin fines de semana fijos, no tienen opción a disfrutar de las cosas anteriormente mencionadas, viéndose obligados a prescindir de esas referencias, y por tanto, del equilibrio consiguiente.

Así, una persona que no tiene su vida equilibrada, no puede actuar constantemente de forma equilibrada, por lo que pueden surgir (no es condición necesaria) problemas de un relativo desarraigo familiar y/o social. Si a eso le añadimos el handicap específico de la profesión de controlador – el estrés – (en ocasiones un desencadenante), nos podemos encontrar con algunas constantes que se repiten en relación con la atención, la toma de decisiones o el error de juicio implicadas en algunos incidentes.

Así llegamos al punto (mencionado anteriormente), conocido como efecto Hawthorne, que aporta un elemento psicológico importante cual es la motivación, entendida ésta, como el conjunto de factores que mueven al sujeto en un sentido determinado, generalmente para conseguir algo considerado como bueno para la persona. Por ejemplo, si el deseo de alcanzar algo es muy fuerte y la posibilidad de obtenerlo en un plazo de tiempo dado es real, el sujeto se sacrifica para obtener lo deseado, produciéndose un aplazamiento, considerado por el propio sujeto como razonable, mientras llega lo esperado. Para que este aplazamiento pueda ser mantenido, el *estímulo*, esto es, el objeto del aplazamiento y por tanto de la conducta, ha de estar siempre presente, porque, cuando el hecho esperado deja de producirse (desaparece la posibilidad), se busca la satisfacción en otras direcciones y el aplazamiento queda cancelado. Así la desaparición de posibilidades de promoción, o de acceso real y tangible a cursos de perfeccionamiento profesional (por nombrar algún ejemplo), puede conllevar la aparición de una *relajación* de la profesionalidad por un lado, y por otro, la búsqueda de la satisfacción en otras áreas extraprofesionales.

Secundariamente, puede aparecer una disminución de la propia estima, una materialización de la vida y una desaparición o degradación de algunos de los valores en los que se basa la vida de las personas. Pudiendo todo ello traducirse en una sensación de hastío, poco deseo de cooperación, inhibición, agresividad o aburrimiento. Produciéndose como consecuencia, conductas faltas de atención, descuidadas o rutinarias.

En este caso, pueden dejar de atenderse señales de aviso que exigirían una respuesta, que obviamente, en esta situación anímica no se da, haciendo aparición las *conductas inseguras*, basadas principalmente en una actitud inadecuada de la persona para, en nuestro caso, realizar una labor de control adecuada de las aeronaves bajo su responsabilidad, y que puede conducir al desencadenante último del incidente o accidente, fruto del error, ya sea de valoración, de juicio o de decisión. Evidentemente, su incidencia desfavorable en la seguridad aérea se hace patente, al existir una desviación significativa de los procedimientos y/o de las técnicas de control.

#### **8.2.4. Los Recursos Humanos**

La circulación aérea ha evolucionado históricamente produciendo una concentración de funciones en determinadas profesiones, generando con ello tensiones que son determinantes de la capacidad del Servicio de Navegación Aérea (SNA). Esta concentración de funciones, determinada por la propia concepción actual del ATC, ha producido un incremento de la carga de trabajo en el controlador.

La relación entre el incremento de la demanda y el número de controladores sigue una ley de saturación, por lo que teóricamente es preciso un cambio cualitativo en el actual esquema de asignación de funciones relativas a la circulación aérea.

Datos correspondientes al período 88/90 de la D.G.A.C. indican que mientras el tráfico creció en este período un 11%, la plantilla de controladores lo hizo en un 22 %, los costes salariales se duplicaron, mientras las demoras y los incidentes ATS permanecieron sensiblemente constantes. Esto parece indicar una merma de la productividad del sistema. Esta situación es extrapolable a otros países europeos y confirma la hipótesis de saturación enunciada previamente.

Para que las funciones relativas al tránsito aéreo ordenado de aeronaves puedan ser desarrolladas se requiere un entorno técnico en estado operativo, por lo que el desarrollo y explotación técnica de estos medios exige la concurrencia de ingenieros y técnicos especializados.

Si se considera al SNA como el conjunto de medios técnicos, procedimientos y recursos humanos que hacen posible el uso adecuado del espacio aéreo, este SNA constituye una “empresa” de prestación de servicios a los usuarios. Desde este punto de vista, el controlador de tránsito aéreo actúa como imagen de esa empresa, constituyendo el resto de los profesionales (operadores de estación aeronáutica e ingenieros) el soporte para que esta “imagen” pueda ser positiva, haciendo que la función del controlador pueda ejercerse con plena garantía y suficiencia de medios.

En relación con los profesionales que se dedican a la prestación del servicio, esto es, controladores y operadores de estación aeronáutica, sus funciones están establecidas a través de una habilitación, (como ya hemos comentado anteriormente), definidas en el anexo 2: Licencias al Personal, de la OACI, y recogidas en las reglamentaciones nacionales. La habilitación actúa como contraste objetivo y mensurable de lo que se es capaz de hacer.

En la actualidad, en muchos casos, la necesidad de hacer evolucionar de forma continua el SNA, al mismo tiempo que mantener de forma permanente la capacidad de servicio y el déficit de capacidad en determinados períodos, está rompiendo fronteras entre las funciones de los distintos profesionales demandando una mayor relación entre los mismos y generando escenarios, dentro de la organización, de convergencia de experiencia en todas las áreas.

Al mismo tiempo la gestión de flujos de aeronaves, en situaciones de limitación de capacidad, ha hecho aparecer un nuevo concepto, denominado ATM (Air Traffic Management), Gestión del tráfico Aéreo y, con ello, un nuevo grupo profesional: los reguladores de tráfico aéreo. Esta nueva función debe desempeñarse sobre espacios

aéreos muy superiores a los que corresponden a un Estado, y al mismo tiempo su actividad debe estar investida de autoridad operacional dentro de su marco de actuación.

De cara al futuro se cuestionan las reglas de vuelo visual (VFR) e instrumental (IFR) como procedimientos exclusivos para el ATC, por entenderse que el método actualmente empleado carga sobre el controlador toda la responsabilidad de la separación entre aeronaves cuando la aviónica de a bordo y el piloto posiblemente puedan asumir algunas funciones relacionadas con este tema, dando lugar lo que en algunos estudios se denomina reglas de vuelo electrónicas (EFR).

De igual modo, el incrementar los sectores de control en respuesta al incremento de la demanda, no sigue una respuesta lineal y está tocando al límite en determinados espacios aéreos. Este incremento de la demanda (en torno al 8% anual) y una mejora de las condiciones de trabajo, principalmente de los controladores de toda Europa, ha producido una crisis de recursos humanos que ha impedido dar una respuesta global al tratamiento que en un futuro debe darse a estos profesionales.

Por otro lado, la importancia que el ATC tiene para sectores estratégicos de un Estado, como es la defensa y, al mismo tiempo, la relación mercantil que mantiene con las compañías de transporte aéreo, confiere a la organización del SNA una personalidad doble con perfiles simultáneos de servicio público y de empresa; y al ser prestado en régimen de monopolio, la capacidad de defensa de los intereses de los usuarios no siempre encuentra los canales más apropiados, generándose una imagen de cierta parálisis del SNA en Europa, en la que los precios del servicio suben, mientras que su calidad no mejora.

El principal esfuerzo armonizador es el EATCHIP que declara como objetivo de implantación número cinco lo siguiente: “El elemento humano es clave, por lo que hay que establecer guías formativas para ayudar a las agencias o administraciones nacionales”. Se observa que este enunciado no es muy ambicioso, dejando que un futuro ambiguo se produzca alguna iniciativa tendente a la armonización de licencias.

La importancia de establecer las limitaciones objetivas de los controladores radica en que el binomio capacidad/seguridad del sistema está afectado fuertemente por este aspecto. En 1986 el NTSB, Oficina Nacional para la Seguridad en el Transporte, de Estados Unidos, realizó un estudio sobre incidentes relativos a incursiones en pista, cuyas conclusiones pueden ser consideradas como muy reveladoras:

- La mayoría de los incidentes se produjeron bajo condiciones de baja densidad de tráfico y excelentes condiciones meteorológicas.
- Las limitaciones de medios contribuyen en alguna medida, sin embargo son actitudes complacientes y la falta de vigilancia las causas principales de esos incidentes.

### **8.2.5. La automatización en el ATC**

En la actualidad, existen muchos sistemas para el control del tráfico aéreo que utilizan en mayor o menor medida, procesos automatizados para algunas funciones tales como: el tratamiento del plan de vuelo, tratamiento radar, detección y resolución de conflictos, enlace de datos vía satélite, etc., sin que sea necesaria la intervención directa del operador humano. Pero todas estas funciones, pueden tener implicaciones directas en el factor humano, haciendo surgir nuevos tipos de error todavía sin identificar. La pregunta resultante es: ¿si la automatización hace aflorar nuevas familias de errores humanos, entonces, porqué se automatiza?. Existen varias razones para la progresiva automatización de los sistemas ATC. Una de ellas, tiene que ver con la serie de avances que han sufrido la tecnología y la navegación, que ofrecen más exactitud, precisión, fiabilidad y actualización de datos de posición de cada avión y de sus intenciones de vuelo (nivel, velocidad, ruta, etc.). Otra razón, tiene que ver con el gran avance que ha experimentado la industria del transporte aéreo, provocando un aumento de tráfico considerable, imposible de gestionar con procedimientos manuales de control, que a su vez, ha forzado a la industria a desarrollar sistemas que pudieran gestionar, de forma más eficiente, ese tráfico en auge, y a las autoridades ATC a implantarlos si no se quiere que el tráfico circule por otras áreas.

Esos nuevos sistemas, han traído nuevos monitores, fichas de progresión de vuelo electrónicas, herramientas de asistencia en la resolución de conflictos y en la toma de

decisiones, entre otras, a las que el operador ha de adaptarse. Además, con el aumento del tráfico, ahora hay más información que procesar de cada avión, exigencia de procesarla sin demora ya que paulatinamente los aviones, a fin de aprovechar al máximo el espacio aéreo cada vez más congestionado, vuelan más cerca unos de otros, lo que provoca que los controladores tengan cada vez menos tiempo para dedicar a la gestión de cada avión.

### **8.2.6. Control Automatizado vs. Manual**

Hay dos posibilidades a tener en cuenta con la entrada en escena de estos sistemas, esto es, que funcionen bien, o que no lo hagan.

Si los sistemas funcionan bien, y no ha sido convenientemente estudiada su interacción con el ser humano, pueden surgir algunos problemas, tales como:

- El controlador puede que no sea capaz de percibir si las funciones automatizadas se han completado satisfactoriamente (p.e. transmisión de datos), necesitando de verificación ulterior.
- Es necesario conocer, entender y confiar en el sistema, aunque ello pueda dar lugar a complacencia.
- Hay que dividir el trabajo y las responsabilidades entre controladores, sin que exista ambigüedad en sus funciones.
- La coordinación hombre-máquina, no sólo consiste en el intercambio de información; además, no debe existir interferencia entre el proceso de decisión del sistema y las acciones del controlador.
- Si la máquina funciona siempre bien, el controlador puede desarrollar excesiva confianza en ella y dejar de estar alerta. Por el contrario, si no es fiable, puede que no sean utilizados todos sus recursos; viéndose el tráfico afectado, tanto en seguridad como en capacidad de gestión.
- La automatización puede afectar a la coordinación y, como consecuencia, algunos métodos de verificación y supervisión pueden cambiar. Un sistema manual está abierto a inspección continua y chequeo. Un supervisor u otro controlador puede ver lo que hace el controlador, formar un juicio sobre su competencia, ayudar si está

sobrecargado y prestar atención a problemas que pueden haber pasado desapercibidos.

- Una ventaja de la automatización, es que provoca la estandarización de procesos y acciones, haciendo desaparecer los criterios particulares.
- Si en los sistemas manuales se pueden cometer errores de tipo hablado, causados por confusiones fonéticas (sonidos que son muy similares entre sí, para ser distinguidos), por su parte, con los sistemas automatizados, pueden existir errores visuales y lecturas erróneas provocadas por caracteres alfanuméricos que parecen similares, líneas de datos que pueden equivocarse entre sí, o bloques de datos similares. De modo que la forma y contenido de la información mostrada determina el tipo de error humano que puede tener lugar. Por otro lado, no es posible saber a priori, quién va cometer un error en particular y bajo qué circunstancias, ni si hay controladores más proclives a cometer errores que otros.
- Asimismo, la destreza debe ser mantenida, ya que cualquier sistema, por muy fiable que sea, posee desde su diseño, un porcentaje de probabilidad de fallo, por lo que el controlador debe ser capaz de continuar prestando servicio con la consiguiente carga de trabajo. Carga que en todo momento, debe estar calculada para permanecer entre un umbral máximo y mínimo. Demasiado poco trabajo produce aburrimiento, falta de atención y pérdida de destreza, lo que puede ser peligroso en períodos de baja densidad de tráfico. Por encima del umbral máximo, el controlador no puede garantizar la seguridad. Lo cierto es, que no existe un modo válido de cuantificar la cantidad de trabajo idónea.

Si en algún momento, uno de los más sofisticados y decisivos sistemas con que hoy cuenta el ATC para gestionar y proveer separación segura al tráfico aéreo, esto es, el radar, falla por alguna razón, la provisión segura del servicio de control de tráfico aéreo pasaría entonces a basarse en notificaciones de posición y en estimadas proporcionadas por los pilotos y la correspondiente extrapolación de cálculos y utilización de procedimientos manuales por parte del ATC (control convencional). Y aquí empezaría el problema. Primeramente, porque podría darse el caso de notificar una posición errónea por parte del piloto. Y en segundo lugar, porque una vez que dejan de utilizarse

los procedimientos manuales para el control, tienden lógicamente a olvidarse (al menos la destreza) a favor de los nuevos y sofisticados sistemas.

Por todo ello, la nueva situación requiere especificar un paralelepípedo móvil de más volumen que el que sería necesario en un ambiente operativo en el que todo funcionase de forma adecuada, dentro del cual se encontraría, con un grado razonable de seguridad, la aeronave en cuestión, que sería separada de otras sin que sus correspondientes áreas de seguridad, mucho más amplias, sean invadidas por las de otras aeronaves. De modo que en el momento en que las notificaciones al ATC sean incorrectas, éstas se proyectan tridimensionalmente, y si a ello le añadimos la falta de destreza en un procedimiento de control “pasado de moda”, se hace patente la posibilidad de un error y la consiguiente merma de la seguridad.

Por tanto, cuando un sistema falla, surgen nuevos problemas si el humano debe utilizar procedimientos manuales. Esto significa que el controlador, debe reutilizar destrezas manuales a menudo olvidadas. Por todo ello, aunque los procedimientos manuales puedan ser lentos y menos productivos, deberían ser practicados (al menos en simulación) de forma regular para solventar una posible emergencia, de modo que la seguridad no se vea afectada.

### **8.2.7. De controlador a monitor**

Con la creciente automatización, las funciones rutinarias cambian paulatinamente desde el control a monitoreo de los sistemas, alterando las demandas requeridas en el controlador; el hecho de que este monitoreo sea aburrido y rutinario, significa que es difícil mantener un apropiado estado de alerta y de observación de la realidad. Esto es extremadamente importante cuando hay cualquier desviación de la rutina que requiere un tiempo de respuesta adecuado, además puede conllevar otros riesgos.

A medio plazo se presenta un problema con el aburrimiento, ya que con una mayor automatización se cambia gradualmente de papel, pasando del “hombre que guía la máquina a la máquina que guía al hombre”, dando lugar a que el profesional actúe en respuesta a hechos y condiciones impuestas por el ordenador. Esto puede significar,

llegado el caso, una pérdida del necesario estímulo y satisfacción en el trabajo; asimismo, si el equipo no exige esfuerzos y es fácil de manejar, el papel del controlador puede reducirse a vigilar el tráfico y eso puede relajarle en una sensación de falsa seguridad.

Las investigaciones sobre la interacción hombre – máquina, han demostrado que un hombre tarda al menos siete segundos, a veces más, en realizar la transición de vigilante a controlador del sistema. Según el Dr. Lauber “algunos accidentes e incidentes recientes me han convencido de que en lugar de eliminar el error humano, parte de la nueva tecnología crea nuevas oportunidades para categorías totalmente nuevas de error humano. Después de observar monótonamente el vuelo del piloto automático durante horas, el piloto se puede encontrar en lo que los psicólogos denominan “ modo de vigilancia de sistema”, volviéndose un observador pasivo en vez de un piloto activo”. Está claro que lo mismo le puede pasar al controlador durante la transición entre diferentes cantidades de tráfico.

En 1986, el “Traffic Quality Staff” estableció que: “La frecuencia de errores no se incrementa con el número de aeronaves tratadas por un controlador”. Llegando a concluir: “es más probable un error con un régimen de 6 aeronaves por hora, que con otro de 24”. A la vista de estos resultados, no es necesaria la automatización para llegar a la conclusión de que los diversos ritmos de trabajo, en labores altamente especializadas y críticas pueden ser decisivos en temas relacionados con la seguridad, planteándose la cuestión de si la automatización va a ayudar a mantener el necesario estado de actividad que la seguridad requiere.

### **8.2.8. Investigación, diseño y certificación**

Según los países, el tema del factor se enfrenta de diferente forma. Unos se contentan con que sean los demás los que tomen la iniciativa, mientras que otros, como USA, son los que llevan la delantera.

Consciente de la implicación que el factor humano tendría en el futuro, en el año 1990, el Congreso de los Estados Unidos, ordenó a la FAA el inicio de un programa a

largo plazo sobre investigación de factores humanos que satisficiera la creciente preocupación por la importancia dada a la implicación de la actuación humana en la seguridad aérea. En respuesta al mandato del Congreso, la FAA preparó un “Plan nacional sobre factores humanos en Aviación” que pretendía guiar los esfuerzos de la investigación en las áreas de: Cabina, ATC, Comunicaciones tierra-aire, Mantenimiento de aeronaves y Mantenimiento de ayudas.

En apoyo del plan, el Centro Técnico de la FAA en Atlantic City, abrió su nuevo laboratorio de factores humanos en Noviembre de 1992 para estudiar, bajo un ambiente científico controlado, temas específicos relacionados con la interacción del humano con la aviación, investigando las variables que pueden afectar al elemento humano en la utilización de los actuales y futuros sistemas a su disposición, así como mejorar la comprensión, entender y ayudar a reducir el régimen de incidentes y accidentes debidos al error humano. También examina nuevas técnicas para medir, establecer y mejorar la capacidad humana en la utilización de esos sistemas. Para todo ello, dispone de diversas herramientas específicamente desarrolladas para determinar los principios de la automatización centrada en el operador, incremento de la seguridad en la aviación y mejora de los actuales sistemas.

Adicionalmente, el laboratorio ayudará a determinar como las nuevas tecnologías deben ser integradas tanto en los sistemas ATC como en la cabina de vuelo. Además, investigará y desarrollará sistemas de entrenamiento, modelos de carga de trabajo, evaluaciones antropométricas, evaluación y chequeo de sistemas, modelos básicos de actuación humana, diseño de estaciones de trabajo, interacción humano/ordenador, desarrollo de sistemas inteligentes y expertos, y análisis trabajo/tarea.

Uno de los principales elementos que está estudiando, trata del medio principal utilizado por el controlador para recopilar información; esto es, la vista. Para lo cual, se sirve de un instrumento que puede seguir el recorrido de los ojos de los controladores, denominado “eye tracker”. Profesionales entrenados y competentes, a menudo realizan juicios basados en la creencia de que han asimilado toda la información que aparece ante sus ojos, cuando de hecho, existen datos disponibles, justo delante de ellos, que no fueron apreciados.

Las estaciones de trabajo (consolas), pueden ser más seguras si se tiene en cuenta en su diseño la conducta normal de observación de los controladores. Así, el laboratorio utiliza el “eye tracker” para medir la localización, duración y período de respuesta del esfuerzo cognitivo visual mientras se realizan diversas tareas.

Tras una serie de pruebas realizadas a un grupo de diez controladores voluntarios, divididos en un grupo de control y un grupo de experimentación, se pudo comprobar, que ambos grupos cambiaron sus pautas de escaneo de la pantalla a medida que el tráfico aumentaba durante un período de una hora. Una vez establecida la pauta del tráfico y adaptados a ella, el escaneo se redujo sensiblemente a zonas externas al escenario de tráfico. Estos datos proporcionan una clave de por qué se puede perder tráfico más allá de las sendas comunes de aproximación a pistas paralelas. Los controladores con menos experiencia, escaneaban con menos frecuencia pero con fijaciones más duraderas, cubriendo menos espacio aéreo con su vista. Asimismo, tuvieron conflictos más frecuentes entre su sector y los adyacentes, pudiendo ser el resultado de haber escaneado menos en la periferia de la pantalla.

La atención sobre el escenario de tráfico es esencial en cualquier condición. Una forma de mantenerla es ofrecer al controlador más información que procesar para que se mantenga ocupado, lo que puede dar lugar a tener la sensación de que se necesitan asimilar y procesar numerosos elementos de información, por lo que quizás “más” no sea necesariamente “mejor”. Además, existe una diferencia real entre lo que se necesita y lo que es requerido en un momento dado.

Si bien la tecnología permite que la presentación de información sea casi en cualquier momento que se desee, y en una gran variedad de formatos. También es cierto, que hasta que se entienda lo que el controlador realmente hace, es imposible diferenciar entre lo que realmente necesita y lo que es opcional. Y hasta que se entienda la secuencia, es imposible identificar cuándo esta información será más efectiva y en qué modo. El controlador conoce lo que hace, pero los diseñadores de sistemas, que son los responsables de ofrecer la información de forma apropiada, a menudo no conocen lo que hacen los controladores, y como las peculiaridades humanas influyen en la

necesidad de información y el modo en que es presentada (ergonomía). Si se alargase el proceso de investigación y diseño, estableciendo una lista de criterios, parte de este problema quedaría soslayado, estableciendo una certificación de factor humano.

Es un error desarrollar primero los sistemas y después tratar de conseguir un modo de que los utilice el ser humano. Los problemas relacionados con el interface hombre – máquina deben ser identificados y resueltos en la fase de diseño.

Aunque normalmente los nuevos sistemas automatizados son evaluados por controladores expertos, se hace necesaria que cada fase de desarrollo pase por una evaluación de factor humano, que por ejemplo, tenga en cuenta que si los nuevos sistemas deben ser a prueba de fallos, incluso bajo condiciones adversas, deben también ser aptos para el operador menos diestro, y que deben ser operables por los más jóvenes y por los menos jóvenes. Así el elemento humano puede ser chequeado en cada fase por un experto.

Podrían ser necesarios diferentes tipos de especialistas, cada uno asignado a una fase en particular, reduciendo la responsabilidad de un experto individual para todo el sistema, dando cada uno su informe evitando de este modo la posible coacción de diseños inadecuados que llevan asimismo a inadecuados procedimientos que no tienen en cuenta los factores humanos hasta el último momento. De este modo, se puede impedir que surjan problemas cuando un elemento del equipo, que ha sido probado para una determinada función, es instalado en el sistema para su operación. Esto sucede a veces con componentes que no son apropiados; cada uno por separado es un buen producto, y al ser instalado junto a otros, la interrelación e integración pueden resultar ser un desastre.

Otro tema a tener en cuenta es el de la gestión, muy a menudo, con sistemas muy complejos, no existe nadie que tenga una visión global del sistema. En definitiva, cualquier proceso de certificación debe ser un continuo diálogo entre expertos en factores humanos de la compañía que lo desarrolla y los expertos en factores humanos de la entidad que debe certificarlo, que no debe ser otra, que la que lo va a utilizar.

### **8.3. Factor Humano en los VTS**

Una vez finalizado el análisis teórico del factor humano en el control de tráfico aéreo, en el que buena parte de lo citado tiene su aplicación en la actividad marítima, e intentando comenzar en este apartado el correspondiente al control de tráfico marítimo se hace evidente una carencia de referencia sólida, rigurosa, actualizada e interesada que contemple aspectos novedosos no citados para los primeros.

Creemos que no es debido a la reciente incorporación del control marítimo como una actividad con marcados y diferenciados indicadores propios, ya que aún partiendo sus tímidas apariciones en los albores de los años 60, sigue condicionada, estrechamente ligada, a la marcha ralentizada del transporte marítimo que requiere muchos esfuerzos para cambiar su inercia, distinto del correr de otros ámbitos mucho más activos, incorporadores de las innovaciones tecnológicas.

Existe, pero escasamente, la investigación en el ámbito marítimo que, generalmente avanza recibiendo lo procedente de otros en dosis limitadas, mientras los cambios se producen a largo plazo y no siempre son aplicados internacionalmente ya que incluso muchos países marítimos no los incorporan en su legislación.

¿Puede decirse que la vida de la gente de mar ha variado sustancialmente en parámetros objetivables comparados en otros sectores? El vacío de normativa al respecto, justifica suficientemente el criterio pesimista que sobre el factor humano está vigente en los buques y en su entorno. La parte optimista es la exigencia y capacidad de supervivencia que el sector marítimo deberá aplicar para ocupar un escalón de primer orden en la cada día más competitiva y exigente novedad industrial, lo que cabe esperar se produzca en los brotes entusiastas, decididos y continuados para la optimización de la gestión de la operatividad por la vía marítima.

#### **8.3.1. Tipos, niveles y carga de trabajo de un VTS**

Se considera que hay dos tipos de esquemas VTS esencialmente, a saber: los esquemas VTS costeros o de costa, y los esquemas portuarios o de puerto; aunque otro tercer tipo sería el VTS de estuario.

Hay que destacar, sin embargo, que sus objetivos difieren muy levemente, siendo el que se aplica a cada lugar determinado el que se cree más conveniente según las circunstancias. La diferencia principal entre ambos tipos de esquemas VTS estriba en que los esquemas VTS costeros se refieren con preferencia a la seguridad del buque sobre el eficiente flujo del tráfico marítimo; mientras que los esquemas portuarios se definen como los esquemas VTS basados en las líneas de seguridad y el eficiente flujo marítimo.

Sabemos que los esquemas VTS se tienen que enfrentar con distintas condiciones (meteorológicas o no), volúmenes de tráfico y riesgos de la navegación marítima. Es de esperar, pues, que cada esquema VTS opere a diferentes niveles.

La carga de trabajo de un esquema VTS determinado en cualquier momento, dependerá del número de buques que se manejen y de las dificultades particulares que presenten los buques individualmente al esquema. Hay un punto de saturación, si se aumenta el número de buques que se está controlando en ese momento concreto y esquema VTS determinado se puede producir (y hay que evitarlo al máximo) la sobrecarga de los operadores VTS. Con ello disminuye el control y por ende la seguridad. El estudio sobre la implantación de una gestión de flujo sería una de las mejores soluciones tal y como es en el control aéreo.

Hay esquemas VTS que han adoptado otro canal para el tráfico no comercial pues, para este tipo de tráfico, a menudo se necesita bastante tiempo.

Se establecen limitaciones prácticas en los esquemas VTS a la hora de establecer el número máximo de buques que navegan por su esquema o área para evitar la posible carga de trabajo [IMO-97]. Esto se hace mediante la realización del “planning ahead”, que no es más que una previsión del tráfico de buques por adelantado.

De modo similar es conveniente trabajar cuando se prevé la maniobra de un buque grande cuando ocupa completamente el canal (produce sobrecarga de trabajo según el

momento). Sin embargo, es el operador VTS quién debe estar a gusto en su trabajo y hay quien prefiere coordinarlo directamente cuando lo requiera la situación.

El *planning ahead* también es conveniente efectuarlo a la hora de incorporación de buques en el esquema VTS, hay marinos que prefieren solicitarlo con un tiempo preestablecido, mientras que otros prefieren incorporarse, solicitándolo en el momento de desatracar.

### **8.3.2. Aproximación del factor humano de la tripulación con las de control**

Por su gran similitud y porque existe más conocimiento de ello, se exponen a continuación algunos factores atribuidos al factor humano de las tripulaciones a bordo, que bien directa o indirectamente, tienen una relación o dependencia con la conducta de los controladores de tráfico marítimo, quienes por su formación y experiencia profesional, conocen y viven en todo aquello que se vincula con la actividad marítima.

La realización de las tareas puede estar por debajo de las condiciones óptimas y a veces incluso ser insegura. Si las acciones inseguras no son corregidas o eliminadas, pueden llevar a un accidente. Acciones inseguras son también errores o violaciones.

#### **8.3.2.1. Errores y violaciones**

Según Reason [REAS, 90] el error humano incluye el fallo de un plan mental intencionado o acciones físicas para conseguir la realización de sus deseos. Tres diferentes fases se suceden en caso de acciones intencionadas:

1. Planificar la acción;
2. Almacenado en la memoria de la acción planeada;
3. Ejecución de la acción;

En cada una de estas tres etapas algo puede ir mal. Los fallos de planificación son llamados *errores*, los fallos de almacenamiento son llamados *lapsus* y los fallos de ejecución son llamados *equivocaciones*.

Existe una relación entre equivocaciones, lapsus y errores y modos o niveles de control en los que las funciones de la gente mientras se planean las acciones o se realizan las tareas. Estos niveles de control son: el *nivel de destreza*, el *nivel de normativa* y el *nivel de conocimiento*.

El nivel más bajo es el nivel de destreza. Este nivel está caracterizado por una fuerza integrada, las acciones automáticas. Las actividades rutinarias la mayoría de veces comportan un nivel de destreza.

El control específico es sólo ocasionalmente necesario para verificar si la secuencia de los hechos se cumple. En el nivel de destreza, los errores son gobernados por la variabilidad de la fuerza, espacio o tiempo de coordinación [REAS, 90]. Los errores a este nivel son los arriba mencionados 'equivocaciones' y 'lapsus'. Las equivocaciones y los lapsus ocurren debido a que durante la realización de las tareas a nivel de destreza, la gente puede estar interiormente preocupada o externamente distraída.

La función de la gente en el nivel de normativa cuando encuentran problemas para los cuales se tienen soluciones predeterminadas (Si este es el caso, primero hacer esto luego lo otro...). Las reglas estándares internas son activadas por signos. Estos signos son característicos del medio ambiente o situación que cumple las condiciones para la aplicación de esa regla. Las reglas se aplican sin un análisis completo o un completo entendimiento del problema. En el nivel de normativa, los errores son causados debido a la aplicación de reglas incorrectas en una situación valorada correctamente o el cumplimiento de las reglas adecuadas en una situación mal valorada. Los malos hábitos, inexperiencia y la carencia de pericia, a menudo juegan un papel en los errores de normativa.

En el nivel de conocimiento, las acciones están totalmente planteadas y su ejecución está bajo un permanente control de una atención consciente. Sólo cuando la gente ha fallado repetidamente en encontrar una solución usando reglas conocidas, empieza a funcionar a este nivel. Los problemas son resueltos por razonamientos abstractos o simbólicos dentro de algún modelo mental interno del problema. En el nivel de

conocimiento los errores son llamados también errores. Se producen por falta de información, modelos mentales incorrectos, razonamientos erróneos, etc.

Equivocaciones, lapsus, errores de normativa y errores de conocimiento no se hacen a propósito. Hay de cualquier forma también un comportamiento inseguro que es intencionado. Mientras se está alerta su comportamiento es inseguro, la gente a veces corre riesgos. En ese caso hablamos de *violaciones*. Una violación no actúa contra las reglas, regulaciones o la buena práctica. Sólo es una violación cuando se está alerta por un acto de cuyo comportamiento no se está seguro. Hay al menos cuatro tipos diferentes de violaciones. Según [REAS, 96] esos tipos son:

- **Violaciones rutinarias.** Incluyen esquinas cortantes, tomando el camino de menos esfuerzo entre dos puntos;
- **Violaciones por 'kicks'.** Aquí las normas son rotas por aparecer macho, por emociones, o para aliviar el aburrimiento;
- **Violaciones necesarias.** Aquí, se descubre que es imposible conseguir hacer el trabajo ajustándose a las reglas o se considera como legislación no práctica. Puede ser debido a herramientas incorrectas, malos procedimientos o regulaciones, u otros factores situados fuera del control de la gente en aprietos.
- **Violaciones excepcionales.** Aquí, se hacen cosas de riesgo en situaciones extraordinarias por ejemplo cuando se intenta salvar la vida de los demás en grave peligro. La mayoría de veces las violaciones excepcionales comportan emociones poderosas. Por ejemplo, alguien entra en la bodega de un buque y es afectado por humos. La persona detrás suyo es consciente del peligro, pero está conducido por la necesidad de ayudar a un amigo. Él también se ve afectado; y así continúa.

Los factores que contribuyen a la realización de violaciones son algunos como baja moral, carencia de conocimiento de seguridad a bordo, aburrimiento, objetivos incompatibles, procedimientos inadecuados o equipos o herramientas inadecuadas.

### 8.3.2.2. Precursores psicológicos

Actos inseguros: los errores y violaciones no son hechos al azar. Tienen sus orígenes inmediatos en estados psicológicos de la mente, o modelos de razonamiento, a los que Wagenaar c.s. llama precursores psicológicos. Al nivel de destreza, la mayoría de las veces las equivocaciones son causadas por problemas de atención. Éstos pueden ser intencionados o no intencionados. [REAS, 90] distingue las siguientes equivocaciones o lapsus debidos a la inatención:

- Volver a captar una equivocación
- Omisiones de continuadas interrupciones
- Intencionalidad reducida
- Confusión de percepción
- Errores de interface

Según [REAS, 90 ] las equivocaciones o lapsus al nivel de destreza que llevan a una sobre-atención son:

- Omisiones
- Repeticiones
- Revocaciones

Incluso en excelentes condiciones mentales y fisiológicas las equivocaciones y lapsus ocurren. De cualquier forma, la posibilidad de que ocurran aumenta cuando aspectos como la fatiga, estrés o aburrimiento juegan un papel o cuando se está bajo la influencia de drogas (legales o ilegales) o alcohol o se está en malas condiciones fisiológicas (p.ej. enfermedad).

Los errores de normativa son debidos a la no aplicación de reglas correctas o debido a la buena aplicación de malas reglas. Los tipos de no aplicación de buenas reglas que Rules nombra son:

- Primeras excepciones
- Refrendamientos y falta de signos

- Sobrecarga de información
- Regla fuerte
- Reglas generales
- Redundancia
- Rigidez

Las aplicaciones de malas reglas son:

- Deficiencias de codificación
- Deficiencias de acción
- Reglas erróneas
- Reglas poco elegantes
- Reglas no aconsejables

A nivel de normalización, la gente está más alerta a lo que está haciendo que en el nivel de destreza. Aunque las acciones en el nivel de normativa están planeadas, las consecuencias de éstas no están totalmente controladas. Las acciones son desencadenadas por características específicas del medio ambiente. Si las condiciones o las reglas condicionantes están bajo dicha especificación, lo más probable es que el comportamiento escogiera lo que era exitoso en el pasado. Este tipo de selección se llama frecuencia de juego. Los errores de normalización están entre los errores de destreza y los errores de conocimiento [ZIEV, 97]. Así como las reglas son aplicadas más o menos sin una apreciación total de la situación, los mismos factores sostenidos como la fatiga, estrés, aburrimiento y la influencia del alcohol y drogas, mencionados anteriormente, deberían facilitar la aparición de este tipo de errores. Aparte de estos factores favorables que son los mismos que los mencionados en los errores de destreza, hay factores de más conjunción con la naturaleza como malos hábitos, inexperiencia, carencia de entrenamiento de procedimientos y no tener los adecuados procedimientos donde corresponde.

En el nivel de conocimiento la gente está totalmente atenta a lo que está haciendo. Sólo cuando la situación es tal que no hay reglas a mano para solucionar un problema

específico, la gente tiende a funcionar en el nivel de conocimiento. Los errores de conocimiento son errores de razonamiento y la mayoría son debidos a tendencias o el uso de modelos mentales no exactos. Reason distingue los siguientes tipos de precursores psicológicos en nivel de conocimiento:

- Confirmación de tendencias
- Tendencias notables
- Tendencias estructuradas
- Demasiada confianza
- Heurística representativa
- Heurística asequible
- Heurística "As if"

En el caso de los factores contribuyentes a errores de conocimiento éstos son factores que influyen los procesos conjuntivos. La carencia de situaciones sin alerta e inadecuadas representaciones mentales del problema debido a la falta de conocimiento del sistema, puede facilitar la ocurrencia de errores de conocimiento.

Es muy importante que los investigadores del accidente puedan distinguir los precursores psicológicos en el nivel de destreza, normativa y conocimiento que son mencionados en este párrafo. Esto es imposible sin entrenamiento. La Canadian Transportation Safety Board ha desarrollado un programa de entrenamiento para investigadores de accidentes para varios métodos de transporte, incluido el marítimo.

### **8.3.2.3. Defensas**

Los accidentes en los buques raramente son causados por un solo error o violación [WAGE, 97]. En la mayoría de los casos existe una secuencia y/o coincidencia de hechos y decisiones. Afortunadamente, la mayoría de las veces las acciones inseguras en una cadena no conllevan accidentes, porque las contramedidas que bloquean o minimizan los efectos de las acciones inseguras, son llamadas defensas. Las defensas pueden ser construidas en el sistema, como computadoras preguntando confirmaciones cuando se activa el comando de borrar archivos. Especialmente en el caso de

equivocaciones y lapsus las correcciones son fácilmente aplicadas si se observa la acción insegura antes de que el accidente se produzca.. En estos casos la gente puede hacer las correcciones por si mismos. Los errores de normativa y conocimiento son difíciles de detectar por la gente que comete la acción insegura, porque las acciones han sido planeadas. Otros que observan a otros cometer un error pueden tomar contramedidas.

Si se realizan a tiempo, las correcciones pueden evitar la ocurrencia de accidentes. Otros mecanismos de defensa aun así han intentado minimizar los efectos de los accidentes. Estos mecanismos pueden ir desde las botas de seguridad a los botes salvavidas.

#### **8.3.2.4. Condiciones latentes**

Sin ir más lejos hemos discutido la cadena de hechos actuales que llevan a ciertos accidentes [GROE, 96]. Cual fue el causante de la cadena de violaciones, errores y fallos de las defensas que llevaron al accidente y qué papel jugaron los precursores psicológicos en el nivel de destreza, normativa y conocimiento. De cualquier forma los precursores psicológicos no son un caso aislado. El estado de la mente de alguien es altamente influenciado por el entorno físico y organizativo (las condiciones de trabajo y el modo de trabajo y la convivencia a bordo). Estas son las condiciones latentes o también las llamadas causas base que crean las condiciones locales en el espacio de trabajo que promueven la comisión de errores y violaciones. Las condiciones latentes relacionadas con el manejo de decisiones o factores organizativos como diseño, hardware, operaciones de mantenimiento, entrenamiento, comunicaciones y cosas por el estilo. Las condiciones latentes no son obvias a primera vista cuando se analiza un cierto accidente. Sólo cuando la cadena de hechos lleva a la resolución del accidente y después de que los precursores psicológicos para cada evento han sido clasificados, la búsqueda de las condiciones latentes puede iniciarse. En la búsqueda de las condiciones latentes es importante que sólo esas condiciones latentes o causas base sean registradas que tienen una relación distinta con el accidente. Por ejemplo debería ser descubierto que hay procedimientos pobres de mantenimiento a bordo, pero que no debería tener nada que ver con las causas en particular del accidente. En ese tipo de casos los

procedimientos pobres de mantenimiento no deberían ser mencionados en la base de datos.

En su TRIPOD-modelo de Reason y Wagenaar se han distinguido 11 condiciones latentes o lo que ellos llaman Tipos Generales de Fallo (GFT's). Estos GFT's son:

- **Defectos de hardware** (fallos debido al pobre estado o inviabilidad del equipo y herramientas)
- **Fallos de diseño** (fallos debido a la pobre calidad de la calidad requerida a los procedimientos de mantenimiento, utilidad, disponibilidad y comprensión)
- **Procedimientos pobres de mantenimiento** (fallos debido a la poca calidad de la utilidad requerida de los procedimientos de operación, disponibilidad y comprensión)
- **Procedimientos pobres de operación** (Fallos debido a la pobre calidad de las circunstancias requeridas en el espacio de trabajo que incrementa la posibilidad de errores, como trabajar con productos nuevos que nadie conoce o la instalación de un equipo nuevo con el que nadie ha trabajado)
- **Quehaceres pobres** (fallos debido a los quehaceres pobres)
- **Objetivos incompatibles** (fallos debido al pobre camino de seguridad y bienestar interno son defendidos contra la variedad de otros objetivos como prisas y presupuesto limitado)
- **Fallos organizativos** (fallos debido a como el modo de trabajo a bordo está regulado y la compañía está operando (p.ej. responsabilidades y tareas no asignadas adecuadamente, carga de trabajo, horas de trabajo))
- **Fallos de comunicación** (fallos debido a la pobre calidad o ausencia de líneas de comunicación a bordo o entre buque y tierra)
- **Entrenamiento inadecuado** (fallos debido al entrenamiento inadecuado o a experiencia insuficiente)
- **Defensas inadecuadas** (fallos debido a la pobre calidad de las protecciones contra situaciones peligrosas (como no estipular el uso de casco de seguridad a bordo o tomar ciertas medidas al realizar tareas peligrosas))

Los indicadores de fallos de hardware son:

- la disponibilidad, calidad, fiabilidad, conveniencia de materiales, equipos y herramientas.

Indicadores para fallos de diseño son criterios ergonómicos como:

- uso de amabilidad, no ambigüedad en el mando y control, estandarización, accesibilidad, complejidad, etc.

Los procedimientos pobres de mantenimiento pueden ser indicados por:

- el tiempo usado en mantenimiento, organización y planificación del mismo, etc.

Los indicadores de procedimientos pobres de operación:

- procedimientos complejos e incomprensibles, carencia de procedimientos, no control de las medidas de seguridad, los procedimientos no están documentados ni disponibles, etc.

Condiciones a respetar erróneas pueden ser reveladas por indicadores como:

- no facilidades para la tripulación para relajarse, excesiva carga de trabajo, muchas horas de trabajo (fatiga), calor, vibraciones, etc.

Los signos de pobres quehaceres son:

- no lavar los espacios de trabajo, equipamiento mal almacenado, no lavarse después de un trabajo llevado a cabo, no facilidades de limpieza, etc.

Los objetivos incompatibles pueden ser reconocidos por signos que indican que la seguridad y la economía no están equilibradas, como:

- el requerimiento de que un buque navegue lo más seguro posible y esté lo más rápido posible en un cierto puerto. Signos de esto son bajo presupuesto para aparatos de seguridad y mantenimiento, trabajar bajo constante prisa.

Los fallos organizativos pueden venir indicados por:

- Calidad de la relación entre el buque y tierra (la compañía), la ausencia de consultas regulares a otros sobre el trabajo a realizar, la ausencia de conocimiento sobre seguridad, no asignación específica de responsabilidades y tareas, tamaño de la tripulación pequeño para las tareas necesarias, no supervisión ni control.

Los indicadores de fallos de comunicación son:

- ausencia de un idioma común de trabajo, manuales no disponibles en el idioma de trabajo del buque, no usar el vocabulario marítimo estándar.

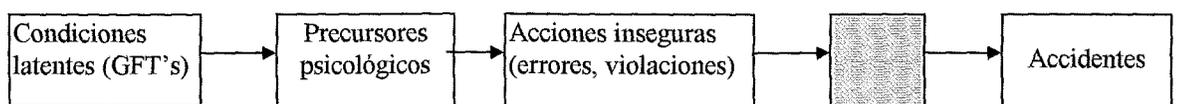
Los indicadores de un entrenamiento inadecuado son:

- miembros de la tripulación realizando tareas para las cuales no han sido muy bien entrenados, no entrenamiento para el uso del equipo específico del buque, no estimulación por parte de la compañía para un entrenamiento adicional. No entrenamiento para el manejo del puente de mando u otras simulaciones para la tripulación, etc.

Los signos de defensas inadecuadas son:

- no revistas regulares, bote salvavidas y ejercicios de lucha contra el fuego, no control y pobre mantenimiento de los dispositivos de seguridad y lucha contra incendios, no ayudas de protección personal como cascos de seguridad, etc. a bordo.

La completa generalización argumento causales discutidos puede representarse sin más en la siguiente figura:



Defensas

<b>GFT's</b>	<b>Precusores psicológicos</b>	<b>Acciones inseguras</b>
* Diseño	* Volver a captar una equivocación	* Equivocaciones y lapsus de destreza
* Hardware		
* Procedimientos	* Omisión continua de interrupciones	* Errores de normativa
* Condiciones erróneas a cumplir	* Intencionalidad reducida	* Errores de conocimiento
* Quehaceres	* Confusión perceptiva	* Violaciones rutinarias
* Entrenamientos	* Errores de interface	* Violaciones 'for kikcs'
* Objetivos incompatibles	* Omisiones	* Violaciones necesarias
* Comunicación	* Repeticiones	* Violaciones excepcionales
* Organización	* Inversiones	
* Administración del mantenimiento	* Primeras excepciones	
* Defensas	* Refrendamientos y falta de signos	
	* Sobrecarga de información	
	* Regla fuerte	
	* Reglas generales	
	* Redundancia	
	* Rigidez	
	* Deficiencias de codificación	
	* Reglas erróneas	
	* Reglas poco elegantes	
	* Reglas inadmisibles	
	* Confirmación de tendencias	
	* Tendencias notables	
	* Tendencias estructuradas	
	* Exceso de confianza	
	* Heurística representativa	
	* Heurística asequible	
	* Heurística "As if"	

### 8.3.2.5. Diseño de base de datos

La base de datos debe contener un análisis de los hechos y circunstancias y para cada hecho o circunstancia su acción insegura, el precursor psicológico y el GFT's incluyendo su aplicación. Los siguientes ejemplos pueden esclarecer esto:

#### Caso 1 (Colisión)

Hecho/circunstancia	Acción insegura	Precursor psicológico	GFT
Funciones de ARPA en el radar, desactivadas	Error de normativa	Reglas erróneas	Entrenamiento
Inefectiva (subestándar) ejecución de la guardia			Entrenamiento
Cruce incorrecto del canal de navegación	Violación rutinaria	Regla fuerte	Objetivos incompatibles
Fuerte estereotipo que "pescadores nunca ceden el paso"	Error de normativa	Regla general	
Espera de que el otro buque vire a estribor	Error de conocimiento	Exceso de confianza	Entrenamiento
Acción evasiva a babor	Defensa (error de conocimiento)	Exceso de confianza	Entrenamiento
Llamada marítima todavía en canal 12 (en vez del 16)	lapsus de destreza	Omisión	
No luces acústicas o visuales	Violación rutinaria		Entrenamiento
No contacto por radio			Entrenamiento
Primera acción evasiva ejecutada cuando los buques estaban muy cerca	Error de conocimiento	Primera excepción	

## Caso 2 (Varada)

Hecho/circunstancia	Acción insegura	Precursor psicológico	GFT
Excesivo abuso de alcohol	Violación 'for kicks'		
Cartas inadecuadas en uso	Violación rutinaria		Objetivos incompatibles
Posicionamiento del barco no registrado en la carta (orden del armador - reducción de costes)	Error de normativa	Regla general	Objetivos incompatibles
Fijación de la posición del barco poco exacta	Error de conocimiento	Confirmación de tendencias	Entrenamiento
Alarma-radar desactivada (no sabían como funcionaba)			Entrenamiento
Radio-alarma desactivada	Defensa (error de normativa)	Regla no aconsejable	
No vigilancia en el puente	Violación rutinaria		Organización

Aunque los hechos y circunstancias son únicas y no pueden ser usadas para análisis, deberían ser almacenadas en una base de datos para la reconstrucción de la cadena de errores. El análisis estadístico puede llevarse a cabo en la segunda, tercera y cuarta columna.

### Caso 3 (Colisión)

Hecho/circunstancia	Acción insegura	Precursor psicológico	GFT
Capitán no informado de la niebla por el OOW	Violación rutinaria		Organización
Sucesivas faltas de respuesta al contactar VTS			Error en el cumplimiento de una condición
Incorrecta información del VTS sobre el tráfico	Error de normativa	Sobrecarga de información	Comunicación
Entrando a puerto a toda máquina con densa niebla	Error de normativa	Regla fuerte	Entrenamiento
Incorrecta interpretación de las señales en la pantalla del radar	Error de conocimiento	Confirmación de tendencias	Entrenamiento
No señales en densa niebla	Violación rutinaria		Entrenamiento
No acción evasiva a estribor	Error de conocimiento	Heurística asequibles	Diseño
Repentino fallo de máquinas (el freno del eje de la hélice no estaba engranado como resultado de la no familiarización con esta función y operación)	Error de normativa	Reglas erróneas	Entrenamiento
Insuficiente capa protectora de las tuberías de calefacción			Hardware

#### **8.4. Conclusiones generales al Capítulo**

El análisis efectuado para los aspectos comunes ha sido aplicado, a efecto de ejemplo y supuesto, en el ámbito de control aéreo, pero quiere indicarse expresamente su validez también al sector marítimo.

En el desarrollo del factor humano del control de tráfico aéreo se demuestra la incorporación de las experiencias obtenidas en los accidentes en los contenidos formativos, y la necesidad y el beneficio compuesto de disponer de programas de información de incidencias que permita procedimientos imparciales y universales en la mejora de la seguridad aérea, ASRS y CHIRPS.

Estos procedimientos que intentan la obtención de experiencias, datos de menor entidad que no llegaron a formar parte de informes normalizados, para considerarlos en rangos de momentos posteriores, todavía no han llegado a la actividad marítima y no será fácil que esto ocurra si no cristalizan acciones aisladas y son aceptadas y cumplidas rigurosamente por los países marítimos.