



Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado

**Manual de Factores Humanos
para la Aviación de Estado**

MAFAH



REPÚBLICA DE COLOMBIA
AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
FUERZA AEROSPACIAL COLOMBIANA



MAFAH

MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

Edición Original
Resolución 003 del día 14 de diciembre de 2023
Diario Oficial No. 52.610 del día 15 de diciembre de 2023



MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

El presente Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado “MAFAH”, fue adoptado mediante Resolución No.003 del 14 de diciembre de 2023. Publicado en el Diario Oficial de la Imprenta Nacional de Colombia No. 52.610 del 15 de diciembre de 2023.

DETALLE DE ENMIENDAS AL MAFAH

| Enmienda Numero | Origen | Tema | Adoptada/ Surte efecto |
|---------------------|---------------------------------------|---|--|
| Edición Original | Necesidad de la Aviación de Estado | Factores Humanos para la Aviación de Estado | Adopción Resolución No.003 del día 14 de diciembre de 2023. Publicado en el Diario Oficial de la Imprenta Nacional de Colombia No. 52.610 del día 15 de diciembre de 2023 Surte Efecto 15 de diciembre de 2023 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| PREÁMBULO | 7 |
| AGRADECIMIENTOS | 9 |
| CAPÍTULO 1 GENERALIDADES | 10 |
| 1.1. Definiciones, acrónimos, abreviaturas y símbolos | 10 |
| 1.2. Facultad Legal..... | 19 |
| 1.3. Objeto | 24 |
| 1.4. Responsabilidades | 24 |
| 1.5. Aplicación..... | 25 |
| 1.6. Importancia de la Instrucción y el Entrenamiento en Factores Humanos.. | 28 |
| 1.7. Vigencia | 30 |
| CAPÍTULO 2 ABORDAJE EN FACTORES HUMANOS | 31 |
| 2.1. Factores Humanos en el área Aeronáutica..... | 31 |
| 2.2. Historia de los Factores Humanos..... | 34 |
| 2.3. Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial..... | 37 |
| 2.4. Cultura de seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos..... | 39 |
| Estudio de Casos Recomendados “Abordaje Factores Humanos” | 49 |
| Estudio de Caso Recomendado “Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos” | 50 |
| CAPÍTULO 3 INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 51 |
| 3.1. Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | 51 |
| 3.2. Modelo SHELL | 55 |
| 3.3. Modelo Reason | 57 |
| 3.4. Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS . | 58 |
| 3.5. Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | 59 |
| 3.6. Integración Hombre Sistema (HSI)..... | 61 |

| | |
|---|------------|
| 3.7. Gestión Completa de Recursos - CRM..... | 65 |
| 3.7.1. Competencias CRM | 71 |
| 3.8. Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | 77 |
| 3.9. Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | 85 |
| 3.10. Gestión de Amenazas y Errores (TEM) | 87 |
| Estudio de Casos Recomendados “Interacción Hombre Sistema” | 94 |
| CAPÍTULO 4 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO | 95 |
| 4.1. Factores Psicofisiológicos | 95 |
| 4.1.1. Factores Fisiológicos..... | 95 |
| 4.1.2. Funciones Cognitivas | 116 |
| 4.1.2.1. Funciones Cognitivas Básicas | 117 |
| 4.1.2.2. Funciones Cognitivas Superiores..... | 119 |
| 4.2. Fatiga | 124 |
| 4.3. Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia..... | 136 |
| Estudio de Casos Recomendados “Factores que afectan el desempeño humano” | 146 |
| CAPÍTULO 5 INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO EN FACTORES HUMANOS | 147 |
| 5.1. Instrucción y evaluación basadas en Competencias (CBTA)..... | 147 |
| 5.2. Entrenamiento Basado en la Evidencia (EBT)..... | 153 |
| 5.3. Air Crew Coordination (ACC)..... | 154 |
| 5.4. Entornos de aprendizaje con realidad virtual | 157 |
| 5.5. Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos | 158 |
| 5.6. Entrenamiento Fisiológico de Vuelo | 161 |
| CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO..... | 164 |
| Apéndice 1 Programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos..... | 168 |

| | |
|---|------------|
| Apéndice 2 Programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos para Tripulantes de Vuelo..... | 173 |
| Apéndice 3 Programa de Factores Humanos para la Gestión de Recursos de Mantenimiento..... | 177 |
| Apéndice 4 Programa de Entrenamiento Basado en Competencias para el personal de Servicios a la Navegación Aérea | 181 |
| Apéndice 5 Programa de Entrenamiento para el personal de pilotos RPAS y Operadores UAS | 189 |
| Apéndice 6 Programa de Entrenamiento Fisiológico de Vuelo | 193 |
| Apéndice 7. Programa de Entrenamiento para Investigadores de Factores Humanos..... | 196 |
| Apéndice 8. Programa de Entrenamiento para Instructores de Factores Humanos..... | 200 |
| Apéndice 9. Programa de Entrenamiento en Intervención en Crisis: Primeros Auxilios Psicológicos | 204 |
| Apéndice 10. Programa Alas que Soportan..... | 207 |
| Adjunto A. Formato de Evaluación Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado..... | 209 |
| Adjunto B. Formatos Entrenamiento Basado en Evidencia EBT | 212 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 216 |

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

PREÁMBULO

El Convenio sobre la Aviación Civil Internacional, firmado en Chicago (EUA), el 7 de diciembre de 1944, fue aprobado por el Congreso de la República, mediante la Ley 12 del 23 de octubre de 1947 y consagra en su artículo 3 "Aeronaves civiles y de Estado", literal a) que dicho convenio será aplicable solamente a las aeronaves civiles y no aplicará a las aeronaves del Estado.

Que de conformidad con el artículo 1775 del Código de Comercio, "Son aeronaves de Estado las que se utilicen en servicios militares, de aduanas y de policía. (...)". Que según lo previsto en el inciso final del artículo 1773 del Código de Comercio, "(...) Las aeronaves de Estado sólo quedarán sujetas a las disposiciones de este libro cuando así se disponga expresamente."

Que de conformidad con el Decreto 2937 del 5 de agosto de 2010, artículo 1 "Designase a la Fuerza Aérea Colombiana (hoy Fuerza Aeroespacial Colombiana) como Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado y ente coordinador ante la Autoridad Aeronáutica Civil Colombiana" y en el artículo 5 establece que "La Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, tendrá entre otras, las siguientes funciones: 1. Adoptar métodos y procedimientos encaminados a estandarizar las actividades aeronáuticas desarrolladas por la Aviación de Estado en lo concerniente a: (a) Entrenamiento de tierra y/o de vuelo para el personal de tripulantes, técnicos de operaciones y mantenimiento de las aeronaves y de los servicios de control del tránsito aéreo, (b) Condiciones de aptitud psicofísica e idoneidad aeronáutica del personal de tripulantes, técnicos de operaciones y mantenimiento de las aeronaves y de los servicios de control del tránsito aéreo, (d) Operaciones de Vuelo y tiempos máximos de desempeño de los tripulantes durante tales operaciones y 4 Liderar la investigación de accidentes e incidentes de aviación en que incurran aeronaves de Estado".

En virtud de lo anterior, la Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado adopta prácticas para la instrucción y entrenamiento en Factores Humanos en los Entes de Aviación de Estado, con el fin de contar con personal aeronáutico entrenado, capacitado y competente, para garantizar la seguridad operacional a través de la gestión del conocimiento, estandarizando pautas académicas, metodológicas y científicas, acorde con las regulaciones aeronáuticas nacionales, regionales e internacionales asociadas al desempeño y factor humano, que se incluye a nivel mundial como un factor causal en la mayoría de los accidentes aéreos, por tanto, comprender y aplicar el conocimiento de los factores humanos permite realizar un abordaje más amplio para prevenir y reducir la tasa de accidentes, mitigar los riesgos operacionales y actuar de manera proactiva en la consolidación de una cultura de seguridad proactiva.

Es así como, el Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado, realiza una aproximación teórico-práctica para generar conciencia en los Entes de Aviación de Estado de la importancia de desarrollar programas de Instrucción y Entrenamiento estandarizados para el personal aeronáutico, aportando en la consolidación de una aviación más segura y eficiente, en respuesta a la necesidad en la aplicación de temáticas asociados a los factores humanos y en concordancia con los estándares establecidos por la OACI en los requisitos para diseñar programas de instrucción destinados a desarrollar conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana, para la capacitación y para la concesión de licencias incluidos en el Anexo 1 Licencias al Personal (OACI, 2022), Anexo 6 Operación de aeronaves (OACI, 2022), así como

en el proceso de investigación de accidentes incluido en el Anexo 13 Investigación de accidentes e incidentes de aviación.

Por tanto, el propósito del primer Capítulo “Generalidades” es abordar la aplicación del presente Manual para la Aviación de Estado, definiendo algunos conceptos generales, estableciendo el objeto, marco normativo, responsabilidades, y vigencia para el cumplimiento de este en los Entes de Aviación de Estado. En el segundo capítulo, se realiza un abordaje en factores humanos desde su contexto histórico hasta la importancia que tiene en los procesos de la instrucción y entrenamiento para la Aviación de Estado. Posteriormente, el tercer capítulo realiza una aproximación a los modelos y teorías del error y del estudio de los factores humanos desde un enfoque sistémico basado en la interacción Hombre-Sistema. Luego, el cuarto capítulo realiza una revisión de los factores que afectan el desempeño humano desde el componente psicofísico hasta el componente social. Consecutivamente, el quinto capítulo, realiza una propuesta hacia la estandarización de los programas de instrucción y entrenamiento en factores humanos, de acuerdo con las diferentes poblaciones aeronáuticas presentes en la Aviación de Estado. Y, para terminar, el sexto capítulo comprende la evaluación como herramienta para las acciones de mejora derivadas de la aplicación del presente Manual.

Finalmente, es importante mencionar que el Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado - MAFAH, apoya el cumplimiento de las funciones de la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, toda vez que aplica al personal aeronáutico de los Entes de Aviación de Estado y a los alumnos de los Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado, que desarrollan procesos de instrucción, entrenamiento y/o prácticas académicas en actividades de vuelo, actividades adicionales o complementarias al vuelo a la misión, en servicios y soporte al vuelo.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

AGRADECIMIENTOS

La Oficina de Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado agradece al siguiente personal de los Entes de Aviación de Estado, su participaron en las diferentes mesas de trabajo y realización de aportes y contribuciones profesionales para la estructuración y elaboración del presente Manual:

| AVIACIÓN DE EJÉRCITO NACIONAL | |
|---|---|
| TC Julio Andrés Prieto López | Piloto - Seguridad Operacional |
| TC Miguel Ángel Malagón Páez | Piloto - Seguridad Operacional |
| TC Sonia Cómbita Guzmán | Psicóloga |
| CT. Lina María Ríos Muñoz | Psicóloga |
| CT(R) Diana Judith Monroy Ríos | Médica Aeroespacial |
| SMSM Sandra Liliana Jiménez Restrepo | Médica Aeroespacial |
| SMSM Shirley Torres Escalante | Psicóloga |
| AVIACIÓN NAVAL | |
| CC Christian Yamith Chamorro Cabrera | Piloto |
| TN Odín Peña Narváez | Médico Aeroespacial |
| TN Diana Paola Chávez Sánchez | Médico Aeroespacial |
| TF Diana Carolina Penagos Cabrera | Psicóloga |
| S2 Edgar Javier Montaña Hernández | Auxiliar Enfermería |
| FUERZA AEROESPACIAL COLOMBIANA | |
| CR Alexander Díaz Ariza | Psicólogo - Neuropsicólogo |
| TC Catherine Otálora Mosquera | Psicóloga - Psicóloga Clínica |
| TC Erick Jhonattan Robayo Muñoz | Piloto – Seguridad Operacional |
| MY Jenny Maritza Guzmán Ramos | Médica Neuróloga |
| MY Nindre Pico Quintero | Psicóloga - Doctorado en neurociencias cognitivas aplicadas |
| MY Javier Jiménez Gaona | Psicólogo |
| CT Johana Cristina Hurtado Carvajal | Psicóloga |
| TE. William Rojas | Psicólogo |
| SMSM16 Diego Leonel Malpica Hincapié | Médico Aeroespacial |
| AVIACIÓN POLICIAL | |
| CR (R) Rafael Vásquez Quintero | Médico Aeroespacial |
| CT Jenny Alejandra Ayala Sánchez | Psicóloga - Neuropsicóloga |
| CT Lizbeth Alejandra Astaiza Polindara | Fonoaudióloga |
| CT Erika Tatiana Amaya Farfán | Psicóloga |
| ST María del Rosario Muñoz | Odontóloga |
| SI Leidy Alexandra Tovar Palma | Psicóloga |
| SM Deisy Patricia Rodríguez | Enfermera Jefe |
| OFICINA AAAES | |
| Coronel Jorge Augusto Saavedra Chacón | Jefe Oficina Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado - AAAES |
| Teniente Coronel Andrea del Pilar Flórez Rivas | Jefe Área de Personal Aeronáutico - AAAES Psicóloga Jurídica - Seguridad Operacional |
| Técnico Jefe Hobeimar Sichacá Bello | Técnico Asesor Certificación Aptitud Psicofísica AAAES Auxiliar de Enfermería |

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. Definiciones, acrónimos, abreviaturas y símbolos

(a) Para los propósitos del presente manual, son de aplicación las siguientes definiciones:

Actitud. Es un estado o disposición mental persistente que puede aprenderse, y que influye en la elección de una acción personal hacia un objeto, persona o evento. Las actitudes tienen componentes afectivos, aspectos cognitivos y consecuencias conductuales.

Actividad de instrucción específica. Es un mecanismo para crear conciencia o proporcionar formación mediante una actividad de instrucción específica.

Actuación humana. Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficacia de las operaciones aeronáuticas.

Amenaza. Los eventos o errores que ocurren más allá de la influencia de la tripulación de vuelo, aumentan la complejidad operativa y deben ser gestionados para mantener el margen de seguridad.

Auditoría en Factores Humanos. Una investigación metódica del lugar de trabajo, organización y tarea que es probable que mejore el rendimiento humano y reduzca errores. Chequeos de procedimientos de mantenimiento diseñados para evaluar el rendimiento de tareas o procedimientos de mantenimiento, largos o pequeños.

Atención canalizada. Estado mental en el que toda la atención de la persona se concentra en un estímulo con exclusión de todos los demás. Constituye un problema cuando la persona omite ejecutar una tarea o procesar información de más prioridad, y por eso no advierte o no tiene tiempo de reaccionar ante estímulos que requieren una atención inmediata.

Cadena de errores. Una secuencia de factores contribuyentes que resultan en un error.

Capacitación. Procesos educativos que fortalecen la formación militar y policial con programas de educación que complementan la misionalidad de cada Ente de Aviación de Estado. (Adoptado del PEFuP - 2021-2026).

Clima de seguridad. Conjunto de percepciones que el personal de una organización se forma respecto al sistema de seguridad operacional al que pertenece y que incide directamente en el desempeño de la organización.

Competencia. Dimensión de la actuación humana que se utiliza para predecir de manera fiable un buen desempeño en el trabajo. Una competencia se manifiesta y se observa mediante comportamientos que movilizan los conocimientos, habilidades y actitudes pertinentes para llevar a cabo actividades o tareas bajo condiciones especificadas.

Complacencia. Estado en que la atención consciente se ve disminuida por una sensación de seguridad y confianza en sí mismo. Las características de la complacencia en la conducta incluyen el exceso de confianza y el aburrimiento, que pueden disminuir sensiblemente el rendimiento.

Comportamiento observable. Determinada conducta relacionada con una función que puede observarse. Puede ser o no ser mensurable.

Conciencia de la situación. La capacidad del individuo de ir procesando los hechos significativos y las condiciones reinantes en su entorno en relación con la percepción de lo que ha sucedido, comprensión de lo que sucede y previsión de lo que sucederá, con el fin de evaluar y procesar la información, anticiparse a las contingencias y comenzar la acción apropiada y necesaria requerida ante la situación evidenciada.

Conocimientos. Son el resultado del proceso de aprendizaje, por la cual, se consolida la información específica requerida para que un alumno desarrolle y aplique las habilidades y actitudes para recordar hechos, identificar conceptos, aplicar reglas y principios, resolver problemas y pensar creativamente en el contexto del trabajo.

Cultura de seguridad. Forma en que se percibe, valora y prioriza la seguridad en una organización, reflejando actitudes, normas y comportamientos individuales, grupales y sociales asociados al principio de la seguridad, compartidos en todos los niveles de la organización, de manera que se distingue "cómo se comporta una organización cuando nadie está mirando".

Desempeño humano. Representa la contribución humana al rendimiento del sistema y se refiere a cómo las personas realizan sus tareas, su trabajo y son tanto la fuente de algunos de los riesgos como una parte integral de la identificación y gestión de todos los riesgos.

Desorientación espacial. Falta de reconocimiento o error de orientación en el espacio.

Diseño de sistemas de instrucción. Proceso formal para el diseño de la capacitación que incluye el análisis, el diseño, el desarrollo, la implementación y la evaluación.

Dispositivo de Instrucción para Simulación de Vuelo (FSTD). Cualquiera de los tres tipos de equipos que a continuación se describen, en los cuales se simulan en tierra las condiciones de vuelo:

- (1) **Simulador de Vuelo (FFS).** Equipo que proporciona una representación muy similar del puesto de pilotaje de un tipo particular de aeronave o una representación exacta del sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS), hasta el punto de que simula con fidelidad las funciones de los mandos de las instalaciones y sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc., de a bordo, el entorno normal de los

miembros de la tripulación de vuelo, y la performance y las características de vuelo de ese tipo de aeronave.

- (2) **Entrenador para Procedimientos de Vuelo (FTD).** Equipo que reproduce con fidelidad un entorno del puesto de pilotaje o un entorno de RPAS, y que simula las indicaciones de los instrumentos, las funciones simples de los mandos de las instalaciones y sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc., de a bordo, y la performance y las características de vuelo de las aeronaves de una clase determinada.
- (3) **Entrenador básico de vuelo por instrumentos.** Equipo que está provisto con los instrumentos apropiados, y que simula el entorno del puesto de pilotaje de una aeronave en vuelo, en condiciones de vuelo por instrumentos o el entorno de RPAS.

Distracción. La interrupción y cambio de dirección de la atención provocada por estímulos ambientales o procesos mentales.

Entorno. Condiciones en las cuales el “sistema” humano – máquina – software debe funcionar. También significa el conjunto de todas las condiciones y elementos que componen el medio en el que un individuo se encuentra.

Entrenamiento. Proceso que afianza las habilidades y destrezas adquiridas para mantener las competencias militares y policiales. (Adoptado del PEFuP - 2021-2026).

Ergonomía. La ciencia aplicada que tiene el objetivo de adaptar el trabajo, o las condiciones de trabajo para mejorar el rendimiento del trabajador.

Error. Acción u omisión, por parte de un miembro del personal de operaciones, que da lugar a desviaciones de las intenciones o expectativas de organización o de un miembro del personal de operaciones.

Error humano. Se refiere a una acción humana (inacción) o serie planificada de acciones (inacciones) que fracasa en la consecución de una meta deseada explícita o implícita.

Escenario. Parte relativamente independiente de la instrucción constituida por varios sucesos.

Estrategia de prevención. Una medida diseñada para reducir, eliminar, o controlar la ocurrencia de un evento de accidente o incidente.

Evaluación. Determinación tomada por un instructor o evaluador respecto de si un candidato satisface los requisitos correspondientes a la norma de competencia en determinadas condiciones, mediante recopilación de evidencias de comportamientos observables. La evaluación tiene lugar durante la instrucción y valoración.

Evaluador. Persona autorizada para realizar la evaluación formal y sumatoria final del rendimiento de un alumno.

Estrés. Exigencia mental o física que requiere alguna forma de acción o ajuste.

Factor contribuyente. Un factor o causa que afecta al rendimiento humano, que, si es alterado, se podría prevenir o reducir la probabilidad de un accidente o incidente.

Factor humano. Es el estudio científico de la interacción entre el hombre en sus situaciones de vida, trabajo y su relación con la máquina, los procedimientos, ambiente que le rodea y con las demás personas, estudiando el rendimiento del hombre en un sistema operacional, incorporando métodos y principios de las ciencias sociales y de la conducta, ingeniería, ergonomía, y fisiología, incluyendo la identificación y estudio de variables que influyen en el rendimiento individual y de equipo.

Factores Humanos. Es un campo multidisciplinario, donde confluyen diferentes ciencias del conocimiento dedicadas a la optimización del rendimiento humano, estudiando temas relacionados con la aplicación de lo que los seres humanos conocen, de sus habilidades, de sus características y limitaciones, de sus errores, al diseño de los equipos que utilizan, los entornos en los que funcionan, los trabajos que realizan y los riesgos a los cuales se exponen, buscando una performance segura en la operación de los sistemas aeronáuticos.

Falla activa. Un tipo de error humano cuyos efectos se sienten inmediatamente en un sistema.

Falla latente. Un tipo de error humano cuyos efectos pueden estar inactivos hasta que luego se activan usualmente por otros factores atenuantes cuyas consecuencias pueden permanecer latentes durante largo tiempo.

Falta de atención. La falta de atención por lo común se debe a una sensación de seguridad, confianza en sí mismo o la percepción de que no existen amenazas. El aburrimiento es una forma de falta de atención causada por un entorno poco interesante y exigente. La complacencia es otra forma, causada por una actitud de exceso de confianza, laxitud o falta de motivación.

Fatiga. Estado fisiológico que afecta la capacidad de rendimiento mental o físico, el estado de alerta y la capacidad de una persona para realizar tareas operativas relacionadas con la seguridad debida la falta de sueño, vigilia prolongada, alteración del ciclo circadiano, excesiva carga de trabajo (actividad mental y / o física) y / o estrés por acontecimientos en la vida de un individuo.

Fatiga aguda. El resultado de una actividad física o mental excesiva en un periodo breve. Condición transitoria que puede desaparecer con un descanso adecuado.

Fatiga crónica. El resultado de una prolongada exposición a periodos sucesivos de fatiga aguda, en el transcurso de muchos días o semanas, sin periodos adecuados de descanso para la recuperación.

Formación. Proceso educativo que desarrolla las competencias necesarias, de acuerdo de necesarias de acuerdo con su rol, su especialidad y las necesidades de cada Ente de Aviación de Estado, en las diferentes áreas del conocimiento. (Adoptado del PEFuP - 2021-2026).

Formación práctica. Describe la formación que pone énfasis en el desarrollo de habilidades técnicas o prácticas específicas, que normalmente va precedida de una formación académica.

Gestión de amenazas. El proceso de detectar y responder a las amenazas con contramedidas que reducen o eliminan las consecuencias de las amenazas y mitigan la probabilidad de errores o estados no deseados del avión.

Gestión de Recursos de la Tripulación. (Crew Resource Management -CRM por sus siglas en inglés). Es un entrenamiento de Factores Humanos basado en el desarrollo de competencias no técnicas para el personal aeronáutico que desempeña diferentes actividades relacionadas con el vuelo con el fin de fortalecer la seguridad operacional.

Gestión de Recursos de Mantenimiento. (Maintenance Resource Management -MRM por sus siglas en inglés). Es un entrenamiento de Factores Humanos basado en el desarrollo de competencias no técnicas para el personal técnico aeronáutico con el fin de fortalecer la seguridad operacional.

Gradiente de autoridad en el puesto de pilotaje. La experiencia y pericias relativas en un entorno particular que son factores para determinar el grado de autoridad del piloto.

Habilidad. Es la capacidad para realizar una actividad o acción, de tipo motriz o cognitiva o y metacognitiva. 3.2 La habilidad motriz es un movimiento intencional, con un componente motor o muscular, que tiene que aprenderse y producirse voluntariamente para realizar competentemente una tarea orientada hacia un objetivo.

Hora académica teórica. Tiempo de duración de la hora académica equivalente a 45 minutos (1 hora = 45 minutos).

Ilusión. Percepción errónea de la realidad causada por limitaciones de los receptores sensoriales o la forma en que se presenta o interpreta la información.

Instrucción. Son las actividades de preparación individual y colectiva que realizan los Entes de Aviación de Estado en forma permanente y sistemática con el objetivo de incrementar en el tiempo conductas y conocimientos (Adoptado CREI 5, 2016).

Instrucción académica. Instrucción que hace hincapié en los aspectos de estudio y razonamiento y está dirigida a mejorar los niveles de conocimientos de un tema en particular, en vez de desarrollar habilidades técnicas o prácticas específicas.

Instrucción basada en escenarios. Entrenamiento que incorpora maniobras en experiencias del mundo real para cultivar habilidades prácticas de vuelo en un entorno operativo.

Instrucción basada en maniobras. Instrucción que se concentra en un único suceso o maniobra aisladamente. El énfasis es el desarrollo de las habilidades motoras requeridas para lograr satisfactoriamente una recuperación.

Instrucción Orientada a la Línea de Vuelo (LOFT). Instrucción y evaluación en un simulacro realista, “en tiempo real” de una misión completa en escenarios representativos de las operaciones de línea.

Instrucción hasta alcanzar la competencia. Instrucción reconocida dirigida a lograr los objetivos finales de actuación, y que proporciona garantía suficiente de que el individuo en formación es capaz de realizar continua y eficazmente sus tareas específicas en condiciones de seguridad.

Instrucción práctica. Instrucción que hace hincapié en el desarrollo de habilidades técnicas o prácticas específicas, y que normalmente es precedida por la instrucción académica.

Instrucción y evaluación basadas en competencias. Instrucción y evaluación cuyas características son la orientación hacia la actuación, el énfasis en normas de actuación y su medición y la preparación de programas de instrucción de acuerdo con normas específicas de actuación.

Interferencia en la pauta habitual. Conducta en la cual el sujeto vuelve a pautas de reacción anteriormente aprendidas que son inapropiadas para la tarea que está realizando.

Investigación. Función sustantiva de la educación, aplicada a la actividad académica, apoyada en el método científico para el desarrollo y apropiación del conocimiento y la aplicación de este a la solución de situaciones específicas. Es el fundamento para la generación de conocimiento en ciencias militares y policiales y debe proponer respuestas a las necesidades institucionales. (Adoptado CREI 5, 2016).

Manejo de amenazas. Proceso de detección de amenazas y respuesta a ellas con contramedidas que reduzcan o eliminen las consecuencias y disminuyan la probabilidad de errores o estados no deseados.

Manejo de errores. Proceso de detección de errores y respuesta a ellos con contramedidas que reduzcan o eliminen las consecuencias y disminuyan la posibilidad de errores o estados no deseados.

Marco de competencias de la OACI. Un marco de competencias, elaborado por la OACI, es una selección de competencias para determinada disciplina de aviación. A cada competencia corresponde una descripción y comportamientos observables.

Modelo de competencias adaptado. Grupo de competencias, con su descripción y criterios de actuaciones correspondientes, adaptadas basándose en el marco de competencias de la OACI, que una organización utiliza para elaborar instrucción y evaluación basadas en competencias, para determinada función.

Norma de competencia. Nivel de actuación que se define como aceptable al evaluar si se ha adquirido o no se ha adquirido una competencia.

Objetivo de instrucción. Enunciación clara que consta de tres partes, es decir, la actuación deseada o la que se espera que el alumno sea capaz de ejercer al concluir la instrucción (o al terminar etapas particulares de ésta), la norma de actuación que debe

alcanzarse para confirmar el nivel de competencia del alumno y las condiciones en las que el alumno demostrará su competencia.

Prevención. Capacidad específicamente humana que permite a la persona anticiparse de manera libre y consciente a la posible presencia de hechos o condiciones de riesgo, facilitando la adopción interna de medidas que retrasan, contrarrestan o evitan sus efectos.

Prevención primaria. Es una variedad del actuar preventivo que se centra en la promoción de la salud y en la protección puntual de las condiciones que facilitan la aparición de un problema.

Prevención secundaria. Es una variedad del actuar preventivo centrado en el diagnóstico temprano, la intervención oportuna y la limitación del daño generado por la presencia de fases precoces del problema o la situación de alto riesgo de un individuo o una comunidad.

Prevención terciaria. Es el proceso del actuar preventivo centrado en la rehabilitación de un individuo o de una comunidad afectada por un problema avanzado.

Psicología Aeronáutica. Área aplicada de la psicología que, en tanto disciplina científica, aporta sus prácticas y métodos para la comprensión de las interacciones humanas en el ámbito aeronáutico, sus mutuas afectaciones y las motivaciones del comportamiento tanto individual como organizacional con el fin de predecir y prevenir su efecto en la seguridad aérea.

Respuesta al estrés. La respuesta a un evento amenazante que incluye efectos fisiológicos, psicológicos y cognitivos. Estos efectos pueden variar de positivos a negativos y pueden mejorar o degradar el rendimiento.

Riesgo. El impacto futuro de un peligro que no se controla ni elimina. Es la posibilidad de pérdida o lesión. El nivel de riesgo se mide por el número de personas o recursos afectados (exposición); el alcance de la posible pérdida (gravedad); y probabilidad de pérdida (probabilidad).

Saturación cognitiva. Estado en donde la información que debe procesarse excede la capacidad de atención del individuo.

Seguridad. Ausencia de aquellas condiciones que pueden causar la muerte, lesiones, enfermedades ocupacionales o daños o pérdida de equipos o propiedades, o daños al medio ambiente. Tenga en cuenta que la seguridad absoluta no es posible porque no es posible la ausencia completa de todas las condiciones peligrosas. Por lo tanto, la seguridad es un término relativo que implica un nivel de riesgo que se percibe y se acepta.

Sesgo de confirmación. La expectativa de que suceda algo en particular, que puede disminuir la capacidad del individuo para reconocer que las cosas no se están dando en la forma prevista.

Sistema de Gestión del Riesgo de Fatiga (FRMS). Un medio basado en datos para monitorear y gestionar continuamente los riesgos de seguridad relacionados con la

fatiga, basado en principios científicos, conocimiento y experiencia operativa que tiene como objetivo garantizar que el personal relevante se desempeñe a niveles adecuados de alerta. *Personal operativo. Personal involucrado en actividades de aviación que está en condiciones de reportar información de seguridad.

Situación insegura. Una situación que ha llevado a una reducción inaceptable del margen de seguridad.

Sobreviviente. Es una víctima que no ha sufrido lesiones mortales como resultado del accidente de aviación.

Sorpresa. El reconocimiento basado en las emociones de una diferencia entre lo que se esperaba y lo que es real.

Técnica de facilitación. Método pedagógico activo, que utiliza procedimientos de interrogación y escucha eficaces y un enfoque libre de juicios, que es especialmente eficaz para el desarrollo de habilidades y actitudes, a fin de ayudar a los alumnos a aumentar su perspicacia y hallar sus propias soluciones, con lo cual se logra una mejor comprensión, retención y dedicación.

Víctima. Es un ocupante de la aeronave, o toda persona fuera de ella, que se encuentre involuntariamente involucrada en forma directa en el accidente de aviación, incluido los miembros de la tripulación, los pasajeros y terceros.

Vigilancia. Mantenimiento del nivel de atención consciente que requiere la tarea asignada. Pueden producirse fallas de la atención tras pasar un tiempo prolongado realizando una tarea de observación.

(b) Para los propósitos del presente manual, son de aplicación los siguientes acrónimos:

| | |
|--------------|---|
| ATS | Servicios de Tránsito Aéreo (por la sigla en inglés Air Traffic Service). |
| CBTA | Instrucción y evaluación basadas en competencias (por la sigla en inglés Competency Based Training and Assessment). |
| CHA | Conocimientos, habilidades y actitudes. |
| CRM | Gestión de Recursos de la Tripulación (por la sigla en inglés Crew Resource Management). |
| EBT | Instrucción basada en datos comprobados (por la sigla en inglés Evidence-Based Training). |
| FAA | Administración Federal de Aviación (por la sigla en inglés Federal Aviation Administration). |
| FFHH | Factores Humanos. |
| FFHMH | Factores Humanos en Mantenimiento. |
| FFS | Simulador de vuelo (por la sigla en inglés Full Flight Simulator) |

| | |
|-------------|--|
| FSTD | Dispositivo de instrucción para simulación de vuelo (por la sigla en inglés Flight Simulation Training Device). |
| FTD | Entrenador para procedimientos de vuelo (por la sigla en inglés Flight Training Device) |
| HOF | Factores Humanos y Organizacionales (por la sigla en inglés Humans and Organizations Factors). |
| HSI | Integración Hombre Sistema (por la sigla en inglés Human System Integration). |
| IFR | Reglas de Vuelo Instrumental (Por la sigla en inglés Instrumental Flight Rules). |
| ISD | Diseño de Sistemas de Instrucción (por la sigla en inglés Instructional Systems Design). |
| LOFT | Instrucción en vuelo orientada a la línea (por la sigla en inglés Line Oriented Flight Training). |
| MEDA | Asistencia para la decisión de errores de mantenimiento (por las siglas en inglés Maintenance Error Decision Aid). |
| MRM | Gestión de Recursos de Mantenimiento (por la sigla en inglés Maintenance Resource Management). |
| NREM | Movimiento Ocular No Rápido (por la sigla en inglés Non-Rapid Eye Movement). |
| OACI | Organización de Aviación Civil Internacional (por la sigla en inglés International Civil Aviation Organization). |
| OB | Observable Behaviour |
| PAP | Primeros Auxilios Psicológicos. |
| REM | Movimiento Ocular Rápido (por la sigla en inglés Rapid Eye Movement). |
| RPAS | Sistema de Aeronaves Remotamente Tripuladas (Por la sigla en inglés Remotely Piloted Aircraft System. |
| RV | Realidad Virtual. |
| SRM | Gestión de Recursos de un solo piloto (por la sigla en inglés Single Pilot Resource Management). |
| TEM | Gestión de amenazas y errores (por la sigla en inglés Threat and Error Management). |
| TUC | Tiempo útil de conciencia. |

| | |
|-------------|---|
| UAS | Sistema Aeronave No Tripulada (Por la sigla en inglés Unmanned Aircraft System). |
| UPRT | Entrenamiento en prevención y recuperación de pérdidas (Por la sigla en inglés Upset Prevention and Recovery Training). |
| USAF | Fuerza Aérea de los Estados Unidos (Por la sigla en inglés United States Army Forces). |
| VFR | Reglas de Vuelo Visual (Por las siglas en inglés Visual Flight Rules). |

(c) Para los propósitos del presente manual, son de aplicación las siguientes abreviaturas:

- G** Fuerzas G y aceleración.
- G+** Aceleraciones Positivas (G positiva / G+).
- G-** Aceleraciones Negativas (G negativa /G-).

(d) Para los propósitos del presente manual, son de aplicación los siguientes símbolos:

- ° Grado.
- % Porcentaje.

Nota.- Para cualquier definición, acrónimo, abreviatura y símbolo que no figure en este documento, se considerarán los establecidos por la OACI.

1.2. Facultad Legal

(a) El presente Manual está sustentado por lo dispuesto en:

- (1) Los artículos 1° y 5° del Decreto Ley 2937 de 2010 “Por el cual se designa a la Fuerza Aeroespacial Colombiana como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado y ente coordinador ante la autoridad Aeronáutica Civil Colombiana y se constituye el Comité Interinstitucional de la Aviación de Estado” y a lo dispuesto en la Resolución No. 002 del 09 de agosto de 2018 AAAES, “Por medio de la cual se disponen los documentos emitidos por la Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado” (Diario Oficial Edición 50.805 del 12 de diciembre de 2018).
- (2) El Decreto 2937 del 5 de agosto de 2010, artículo 1 “*Designase a la Fuerza Aérea Colombiana (hoy Fuerza Aeroespacial Colombiana) como Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado y ente coordinador ante la Autoridad Aeronáutica Civil Colombiana*” y en el artículo 5 establece que “*La Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, tendrá entre otras, las siguientes funciones:*”

Para propósitos de este manual especialmente:

1. *“Adoptar métodos y procedimientos encaminados a estandarizar las actividades aeronáuticas desarrolladas por la Aviación de Estado en lo concerniente a: (a) entrenamiento de tierra y/o de vuelo para el personal de tripulantes, técnicos de operaciones y mantenimiento de las aeronaves y de los servicios de control del tránsito aéreo y (d) Operaciones de Vuelo y tiempos máximo de desempeño de los tripulantes durante tales operaciones”.*
 4. *“Liderar la investigación de accidentes e incidentes de aviación en que incurran aeronaves de Estado”.*
 6. *“Adelantar investigaciones tecnológicas en materia aeronáutica y espacial, ya sea directamente o mediante acuerdo con los demás entes de la aviación de Estado, con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, con la Corporación para la Industria Aeronáutica Colombiana - CIAC, con entidades y empresas públicas y privadas del sector aéreo, así como con universidades y centros civiles de instrucción aeronáutica y liderar el diseño, desarrollo y fabricación de productos aeronáuticos y la aplicación de dichas tecnologías a la aviación de Estado”.*
- (3) La Política de Educación para la Fuerza Pública (PEFuP) 2021, a través de la cual se establecen los lineamientos para la consolidación de una educación diferencial y de calidad (formación, capacitación, instrucción, entrenamiento, reentrenamiento e investigación) que realizan cada una de las fuerzas para el desarrollo de competencia específicas y el cumplimiento de la misión constitucional, de manera que respondan a las necesidades y retos del país y orienta procesos de investigación aplicada, desarrollo e innovación militar y policial sostenible de proyección nacional e internacional.
- (b) Adicionalmente, el presente Manual referencia en su estado del arte las siguientes publicaciones:
- (1) OACI (1993) - Circular 240-AN/144 Compendio de Factores Humanos No.7 Investigación de Factores Humanos en Accidentes e Incidentes.
 - (2) OACI (1993) - Circular 241-AN/145 Compendio de Factores Humanos No.8 Factores Humanos en Control de Tráfico Aéreo.
 - (3) OACI (1994) - Circular 247-AN/148 Que trata acerca de los Factores Humanos, Gestión y Organización.
 - (4) OACI (1994) - Circular 249- AN/149 Que trata acerca del desarrollo de la automatización centrada en el ser humano y la tecnología avanzada en los futuros sistemas de aviación.
 - (5) OACI (1998) - Doc. 9683-AN/950 Manual de Instrucción sobre Factores Humanos. a través del cual la OACI realiza un abordaje por diferentes temáticas de los factores humanos en el contexto aeronáutico.
 - (6) OACI (2000) - Doc. 9756 Manual de investigación de accidentes e incidentes de aviación.

- (7) OACI (2000) - Doc. 9758-AN/966 Directrices de factores humanos para el Tránsito Aéreo, a través del cual se pretende mejorar la seguridad en la aviación haciendo énfasis en la importancia de los factores humanos en las operaciones de aviación civil mediante el suministro de material práctico sobre factores humanos en los entornos operacionales presentes y futuros.
- (8) OACI (2002) - Doc. 9806-AN/950 Manual de directrices sobre factores humanos para las auditorías de la seguridad operacional.
- (9) OACI (2003) - Doc. 9824 AN/450 Directrices sobre factores humanos en el mantenimiento de aeronaves, el cual contiene procedimientos normalizados para realizar auditorías de vigilancia de la seguridad operativa, con respecto a los factores que se relacionan con la actuación humana, abordando la comprensión de los conceptos fundamentales en los que se basan los SARPS y las prácticas relacionadas con la seguridad operativa.
- (10) OACI (2003) - Circular 300-AN/173 Compendio de Factores Humanos No.15 Factores Humanos y Seguridad Operacional en la Cabina.
- (11) OACI (2004) - Circular 302-AN/175 Relacionada con los Factores Interculturales en la seguridad aeronáutica.
- (12) OACI (2006) - Anexo 1 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Licencias al personal.
- (13) ISASI (2006) - Directrices para la investigación de factores humanos en accidentes o incidentes desarrolladas por la Sociedad Internacional de Investigadores de Seguridad Aérea.
- (14) UAEAC (2007) - Guía para el Inspector de Aeronavegabilidad. Capítulo V. Factores Humanos involucrado en la inspección y reparación en ambientes de mantenimiento.
- (15) OACI (2010) - Doc. 9824 Directrices sobre factores humanos en el mantenimiento de aeronaves, que resalta la importancia de los factores humanos en el mantenimiento de aeronaves y su incorporación en el funcionamiento de las organizaciones de mantenimiento, incluyendo programas de instrucción para su personal técnico y mecánicos de mantenimiento de aeronaves, abordando también cuestiones fundamentales relacionadas con los errores de mantenimiento, su gestión, análisis y toma de decisiones en pro de la seguridad operacional.
- (16) OACI (2011) - Doc. 9946 Manual sobre organización regional de investigación de accidentes e incidentes.
- (17) OACI (2011) - Circular 328 AN/190 Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).
- (18) OACI (2012) - Doc. 8984 Manual de Medicina Aeronáutica Civil cuyo fin es asistir y orientar a los médicos examinadores y evaluadores respecto al otorgamiento de licencias relativas a la aptitud psicofísica de los solicitantes, según los requisitos que se especifican en el Anexo 1.

- (19) OACI (2013) - Doc. 9973 AN/9973 Manual de asistencia a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares con el fin de proporcionar orientación sobre los tipos de asistencia que pueden prestarse a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares, así como las vías disponibles para hacerlo.
- (20) OACI (2014) - Doc. 10011 AN/5066 Manual de Capacitación en Prevención y Recuperación de la pérdida de control de la aeronave, vinculado con el entrenamiento aplicación de procedimientos inadecuados, incluidos los insumos inapropiados del control de vuelo; b) uno o más miembros de la tripulación de vuelo se desorientan espacialmente; c) mala gestión de la energía de los aviones; d) uno o más miembros de la tripulación de vuelo distraídos; o e) capacitación inadecuada. 1.2.5 También se han registrado varios incidentes de vuelcos de aviones de los que se ha recuperado con éxito y muchos otros casos en los que se ha evitado un vuelco inminente.
- (21) ARCM (2015) - Manual de procedimientos de investigación de accidentes e incidentes de aviación del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica.
- (22) ARCM (2015) - Manual sobre redacción de informes de Investigación de accidentes e incidentes de Aviación del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica.
- (23) ARCM (2016) - Manual de políticas y procedimientos de investigación de accidentes e incidentes de aviación (2016) del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica.
- (24) ARCM (2016) - Programa de instrucción de Investigación de accidentes e incidentes (AIG) del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica.
- (25) FAA (2016) - Manual del Operador para Factores Humanos en Mantenimiento Aeronáutico de la Federal Aviation Administration, abordando temáticas necesarias para implementar un programa de Factores Humanos en Mantenimiento (FFHHM).
- (26) OACI (2016) - Anexo 19 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional – Gestión de la Seguridad Operacional.
- (27) OACI. (2017). Anexo 17 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional Seguridad. Montreal: OACI.
- (28) OACI (2017) - Doc. 9966 Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga- el cual hace parte de una serie de manuales que tratan sobre la gestión de la fatiga que proporciona una visión general de la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga, para gestionar eficazmente sus riesgos asociados a la fatiga.
- (29) OACI (2017) - Doc. 10056 Manual sobre Entrenamiento y Evaluación basadas en competencias para los controladores de tránsito aéreo, el cual identifica las competencias de los controladores de tránsito aéreo (ATCO) necesarias para su entorno y cómo diseñar la formación y la evaluación necesarias para sus diversas etapas del desarrollo: capacitación inicial; capacitación esencial para el desempeño de las tareas de control en las unidades operativas; y capacitación que ayude a los

ATCO calificados a mantener su competencia, basado en los requisitos de conocimientos, habilidades y experiencia detallados en el Anexo 1 — Licencias de personal.

- (30) OACI (2018) - Doc. 9859 Manual de gestión de la seguridad operacional. el cual permite la implementación de la gestión de la seguridad operacional y los programas estatales de seguridad operacional (SSP).
- (31) OACI (2018) - Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Operación de aeronaves.
- (32) OACI (2018) - Anexo 13 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Investigación de accidentes e incidentes de aviación.
- (33) OACI (2019) - Doc. 99962 Manual sobre Políticas y Procedimientos de Investigación de Accidentes e Incidente.
- (34) OACI. (2020) - Doc. 9966 Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga. Montreal: OACI.
- (35) OACI (2020) - Doc. 10002 Manual de Instrucción en Seguridad Operacional para la tripulación de Cabina.
- (36) OACI (2020) – Doc. 9868 Procedimientos para los servicios de navegación aérea - Instrucción.
- (37) OACI (2021) - Doc. 8126 Manual de los Servicios de Información Aeronáutica, que trata del diseño, contenido, tramitación y distribución de la información aeronáutica incluyendo el estudio de los principios de factores humanos que facilitan su óptima utilización.
- (38) OACI (2021) - Doc. 10098 Manual de Capacitación y Evaluación por Competencias para el Personal de Mantenimiento de Aeronaves, que trata de un nuevo enfoque de aplicación de la capacitación y evaluación basadas en competencias al personal de mantenimiento de aeronaves, de acuerdo con los lineamientos establecidos con la Parte III del Doc. 9868 OACI.
- (39) OACI (2021) - Doc. 10151 Manual de actuación humana para reguladores el cual integra tres conceptos básicos: Actuación humana (per se), Desempeño Humano (Human Performance - HP) y Ergonomía, haciendo una contribución al rendimiento del sistema y cómo las personas realizan su trabajo.
- (40) OACI. (2022). Anexo 1 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Operación de aeronaves - Licencias al Personal. Montreal: OACI.
- (41) OACI. (2022). Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Operación de aeronaves - Operación de aeronaves. Montreal: OACI.
- (42) Cuando la anterior normatividad se modifique, aclare, adicione o la evidencia científica lo exija, se hará necesaria la revisión del presente Manual.

Nota.- Al final del presente Manual, se citan las referencias bibliográficas consultadas.

1.3. Objeto

Este Manual realiza un abordaje de los elementos que influyen en el desempeño y factor humano en el área aeronáutica, lo que permitirá:

- (a) Adoptar prácticas para la instrucción y entrenamiento en Factores Humanos en los Entes de Aviación de Estado, con el fin de fortalecer la Seguridad Operacional a través de la gestión del conocimiento en Factores Humanos, impulsar y consolidar los principios de cultura justa en el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional y apoyar la investigación de accidentes e incidentes de aviación en que incurran las aeronaves de Estado.
- (b) Contar con una Aviación de Estado entrenada y capacitada para garantizar la seguridad operacional y ser referente nacional, regional y continental, se exige una formación idónea en Factores Humanos, que, a través del presente manual, estandarice la instrucción, el entrenamiento y la certificación de Factores Humanos en los Entes de Aviación de Estado, en concordancia con las directrices y regulaciones vigentes emanadas por el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio de Defensa Nacional.
- (c) Implantar diversos programas de instrucción y evaluación basadas en competencias, diseñados para cumplir los requisitos establecidos por la OACI en el Anexo 1 (OACI, 2022).
- (d) Impulsar la pertinencia y la calidad de la educación en consonancia con los retos y necesidades del país y orientar procesos de investigación aplicada, desarrollo e innovación militar y policial sostenible de proyección nacional e internacional, en cumplimiento a las líneas estratégicas establecidas en la Política Educativa para la Fuerza Pública 2021-2026.
- (e) Fortalecer la Seguridad Operacional de la Aviación de Estado a través de la gestión del conocimiento en Factores Humanos.
- (f) Consolidar los principios de cultura justa en el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional.

Nota.- El presente MAFAH, fue desarrollado por la AAAES en mesas de trabajo con la participación de personal experto técnico en la materia de los Factores Humanos de los Entes de Aviación de Estado (EAE).

1.4. Responsabilidades

- (a) El presente Manual fue desarrollado por la Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado en mesas de trabajo con la participación de un equipo interdisciplinario de Factores Humanos de los Entes de Aviación de Estado, integrado por médicos aeroespaciales, neurólogos, audiólogos, jefes de enfermería, psicólogos, neuropsicólogos, ingenieros

aeronáuticos, personal de seguridad operacional, instructores de vuelo y otras especialidades afines con el área aeronáutica.

- (b) La AAAES debe efectuar la correcta difusión y aplicación de esta regulación, y la obligación de realizar las actualizaciones posteriores que el documento requiera, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 002 del 09 de agosto de 2018 AAAES, “Por medio de la cual se disponen los documentos emitidos por la Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado” (Diario Oficial Edición 50.805 del 12 de diciembre de 2018).
- (c) La Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado (AAAES) y los Entes de Aviación de Estado (EAE), a través de las dependencias responsables de la educación, o quien cumpla sus funciones, o a quien éstas designen, difundirán el presente manual, para ser aplicados por todo el personal aeronáutico.
- (d) Cada Ente de Aviación de Estado dará estricta aplicación a este Manual, y por tanto deberá ajustar y adaptar sus reglamentaciones internas a los estándares y regulaciones aquí contenidos, en relación con la instrucción y entrenamiento en Factores Humanos.

1.5. Aplicación

- (a) El presente Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado – MAFAH, aplica al personal aeronáutico de los Entes de Aviación de Estado y a los alumnos de los Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado, que desarrollan procesos de instrucción, entrenamiento y/o prácticas académicas en actividades de vuelo, actividades adicionales o complementarias al vuelo o la misión, en servicios y soporte al vuelo.
- (b) Los Entes de Aviación de Estado, a través de las siguientes áreas o quien haga sus veces, serán las encargadas de difundir, ajustar y adaptar sus reglamentaciones internas a los estándares y regulaciones aquí contenidos, en relación con la instrucción y entrenamiento en Factores Humanos.

(1) Jefaturas, de Educación o dependencias que haga sus veces en los EAE

- (i) A través Jefaturas, de Educación o dependencias que haga sus veces en los EAE serán las encargadas de:
 - (A) Difundir, ajustar y adaptar en los programas de instrucción y entrenamiento los lineamientos establecidos en el presente manual.
 - (B) Disponer de recursos físicos, humanos, técnicos y tecnológicos que permitan la aplicación del presente manual en cada uno de los EAE.
 - (C) Garantizar que el personal que se desempeña en el campo de factores humanos reciba una instrucción especializada en el área de seguridad operacional, investigación y/o prevención de accidentes, de manera que le permita desarrollar y promover una cultura positiva en torno a la prevención de accidentes, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114 y RACAE 219.

- (D) Actualizar y capacitar permanente al personal encargado de la instrucción y entrenamiento en factores humanos en los EAE.
- (E) Realizar entrenamiento en habilidades no técnicas, al personal aeronáutico y alumnos de los Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el presente manual.
- (F) Apoyar o asesorar procesos de investigación aplicada al personal aeronáutico o de los Entes de Aviación de Estado, incluso en el personal que se encuentra adelantando estudios de especialización, maestría y/o doctorado en el campo o área afines a los Factores Humanos.

(2) Centros Aeromédicos Designados

- (i) A través del Centro de Alistamiento para el Combate y la Seguridad de Aviación (CACSA), Centro de Medicina Naval (CEMED), Dirección de Medicina Aeroespacial (DIMAE), Unidad de Medicina de Aviación Área de Aviación y Fisiología de Vuelo (MEDAV) o las dependencias que hagan sus veces en cada uno de los EAE: realiza la selección de personal relacionado con las actividades aeronáuticas, evaluación y certificación de aptitud psicofísica especial de vuelo.
 - (A) De acuerdo con los recursos disponibles y las capacidades técnicas y humanas, realizar el entrenamiento al personal aeronáutico en temas relacionados con psicofisiología y factores humanos.
 - (B) De acuerdo con los recursos disponibles y las capacidades técnicas y humanas, realizar al personal aeronáutico la instrucción y el entrenamiento en temas específicos de factores humanos, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 67 y RACAE 120.
 - (C) Realiza la evaluación de la Aptitud Psicofísica Especial de Vuelo por la ocurrencia de incidentes, incidentes graves o accidentes en los cuales se encuentre involucrado el factor humano, aun cuando no se produzcan lesiones aparentes o severas en los tripulantes, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 67.
 - (D) Designar a personal experto técnico en las áreas de medicina aeroespacial, psiquiatría, neurología, psicología, neuropsicología, ingeniería aeronáutica, ergonomía, entre otras profesiones del campo de ciencias de la salud, ciencias humanas e ingeniería, para ser parte del equipo de Factores Humanos de la Aviación de Estado y de la Junta Investigadora en caso de eventos de seguridad operacional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114.
 - (E) Designar a un investigador delegado en FF.HH. o el coordinador de medicina de aviación, nombrado dentro del equipo de investigación del EAE, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114.
 - (F) Realizar las evaluaciones post-mortem en caso de accidentes o incidentes graves, por medio del investigador delegado en FF.HH o el coordinador de medicina de aviación, nombrado dentro del equipo de investigación del EAE,

que incluya entre otros, necropsias, autopsias psicológicas, análisis de muestras especiales en coordinación con el Instituto de Medicina Legal, entes nacionales/internacionales competentes, con el fin de ser anexados a la investigación, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114.

- (G) Asesorar científicamente en todos los procesos relacionados con el personal aeronáutico en el campo de los Factores Humanos.

(3) Seguridad Operacional de los Entes de Aviación de Estado

- (i) Ejecutar actividades de capacitación, entrenamiento, comunicación y demás acciones tendientes a fortalecer una cultura positiva de seguridad operacional, gestión de riesgos de la seguridad operacional y aseguramiento de la seguridad operacional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114 y 219.
- (ii) Convocar al personal integrante del equipo de factores humanos de los Entes de aviación de Estado a la Junta Investigadora, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114.

(4) Equipo de Factores Humanos de Aviación de Estado

- (i) Identificar al interior de los Entes de Aviación de Estado un equipo interdisciplinario de factores humanos, asesores en diferentes disciplinas del conocimiento relacionados con el desempeño humano, tales como pilotos instructores y estandarizadores, agentes / asesores de seguridad operacional, médicos, psicólogos, neuropsicólogos, ingenieros aeronáuticos, operadores UAS y pilotos RPAS, entre otros expertos técnicos que aporten a la construcción de conocimiento y al fortalecimiento de procesos de prevención e investigación de accidentes.
- (ii) Mantenerse actualizados en temas relacionados con los factores humanos aplicados a la aviación y a las regulaciones aeronáuticas aplicables en la materia.
- (iii) Brindar instrucción y entrenamiento, desde el conocimiento y la experticia derivada de su quehacer y formación profesional, en temas relacionados con los factores humanos aplicados a la aviación, al personal aeronáutico y alumnos de los Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado.
- (iv) Participar en la realización de la evaluación del personal objeto de este Manual en la Aptitud Psicofísica Especial de Vuelo, en las especialidades requeridas, de acuerdo con los lineamientos contemplados en el RACAE 120.
- (v) Estar disponible para participar o participar en el proceso de investigación de sucesos de seguridad operacional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114 y a los parámetros establecidos en cada Ente de Aviación de Estado.

- (vi) Hacer las coordinaciones necesarias para realizar la evaluación psicofísica pertinente a todos los miembros de la tripulación, pasajeros o cualquier persona que se sospeche tenga relación directa con un suceso de seguridad operacional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 67 y RACAE 114.
- (vii) Realizar exámenes médicos y evaluaciones psicofísicas, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 67 y RACAE 114.
- (viii) Realizar las evaluaciones post-mortem en caso de accidentes o incidentes graves, con base en protocolos para llevar a cabo la investigación en factores humanos, por medio del investigador delegado en FF.HH o el coordinador de medicina de aviación, nombrado dentro del equipo de investigación del EAE, que incluya entre otros, necropsias, autopsias psicológicas, análisis de muestras especiales en coordinación con el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, entes nacionales/internacionales competentes, con el fin de ser anexados a la investigación, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114.
- (ix) Participar, o aportar con su conocimiento y experticia, en el proceso de investigación de sucesos de seguridad operacional con el fin de realizar análisis de la información que permita realizar procesos de prevención, promoción e intervención, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RACAE 114, en relación con la investigación de sucesos de seguridad operacional en factores humanos.
- (x) Apoyar en procesos de gerenciamiento de crisis ante sucesos de seguridad operacional, coordinando al interior de cada Ente de Aviación de Estado con el personal de profesionales idóneos que laboran en las diferentes dependencias, según corresponda.

| ENTE DE AVIACIÓN | DEPENDENCIAS PARA EL GERENCIAMIENTO DE CRISIS |
|---------------------------------------|--|
| Ejército Nacional | “DIFAM” Dirección de Familia |
| Armada de Colombia | “DIFAM” Dirección de Familia |
| Fuerza Aeroespacial Colombiana | “JEFAB” Dirección de Familia y Bienestar |
| Policía Nacional | “DISAN” Dirección de Sanidad y “DIBIE” Dirección de Bienestar |

Tabla 1. Dependencias en los EAE para realizar coordinación en Gerenciamiento de Crisis en caso de Sucesos de Seguridad Operacional.

Fuente: *Elaboración propia AAAES*

Nota.- Nombres de las dependencias en los EAE reportados en las Mesas de Trabajo

1.6. Importancia de la Instrucción y el Entrenamiento en Factores Humanos

- (a) Reconoce la importancia de la instrucción y el entrenamiento en factores humanos aplicado al piloto, al personal en tierra, al operador, a una organización de mantenimiento aprobada, al controlador de tránsito aéreo y a todo el personal de la organización, demandando la implementación de programas de capacitación en la materia, que integren las generalidades en el abordaje de los factores humanos, la interacción hombre-

sistema, desde la revisión de modelos y teorías del error, hasta la implementación de modelos sistémicos y la gestión de amenazas y errores; los factores que afectan el desempeño, tanto a nivel físico como mental y organizacional, el entrenamiento basado en la gestión de recursos de cabina, de mantenimiento, de equipo, en habilidades no técnicas, entre otras, para finalmente aterrizar en la seguridad operacional, como el principal objetivo de los factores humanos en la aviación, siendo fundamental comprender los aspectos que abarcan el desempeño humano, especialmente enfocado al ambiente aeronáutico, propendiendo a la consolidación de una cultura positiva de seguridad.

- (b) Los factores humanos son una parte integral del programa de instrucción para la prevención y recuperación de la pérdida de control de la aeronave (UPRT), abarcando las respuestas fisiológicas, las habilidades cognitivas y ejecutivas, las competencias para aplicar conocimientos y procedimientos apropiados, la aptitud para el vuelo (Airmanship) de la tripulación, entre otras, en caso de desviación respecto de la trayectoria de vuelo o de repentina pérdida de control.
- (c) La instrucción y el entrenamiento en factores humanos permite al personal aeronáutico comprender la forma de actuar fortaleciendo las habilidades para la comunicación, la toma de decisiones, la conciencia de la situación y el trabajo en equipo, abarcando áreas relacionadas con el procesamiento humano de la información como son la atención, la percepción sensorial, la memoria, el juicio, el proceso de toma de decisiones, la resolución de problemas y la gestión emocional, necesarias para procesos de aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas, ejecutivas y sociales requeridas para el desempeño operacional aeronáutico.
- (d) En consecuencia, la importancia de la instrucción y el entrenamiento en Factores Humanos en la Aviación de Estado pueden resumirse en los siguientes aspectos:
 - (1) Comprensión del papel del desempeño humano en la prevención y causalidad de accidentes.
 - (2) Genera conciencia de autocuidado y responsabilidad de seguridad en el personal involucrado con la actividad aeronáutica.
 - (3) Facilita la instauración de políticas organizacionales operacionales en torno a los factores humanos.
 - (4) Integra los factores humanos en el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional de los Entes de Aviación de Estado.
 - (5) Robustece la Gestión de la Seguridad Operacional, acorde a las necesidades de los Entes de Aviación de Estado y basados en el estudio de casos de los eventos de seguridad presentados.
 - (6) Considera a los factores humanos un tema de permanente entrenamiento, con proyección a consolidar una formación especializada.
 - (7) Permite gestionar el cambio a través de la gestión de conocimiento.
 - (8) Orienta la capacitación del personal operativo y de factores humanos.

- (9) Orienta el diseño de estudios de investigación relacionados a las temáticas abordadas.
- (10) Permite analizar datos y casuística de eventos operacionales con el fin de intervenir y prevenir.
- (11) Aporta en la investigación de eventos operacionales.
- (12) Llevar a cabo la planificación de un programa de factores humanos para apoyar las necesidades educativas de los Entes de Aviación de Estado.
- (13) Desarrollar e institucionalizar procedimientos formales que incorporen sistemáticamente consideraciones de factores humanos en las actividades de los Entes de Aviación de Estado.
- (14) Establecer y mantener programas de instrucción y entrenamiento proporcionando una adecuada capacitación al personal aeronáutico aportando bases conceptuales y metódicas para abordar los factores humanos en los Entes de Aviación de Estado.

1.7. Vigencia

- (a) El Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado, aplica a partir de la fecha de publicación en el diario oficial y será revisado cada cinco años (05) para su actualización o cuando la normatividad, relacionada con esta área de aplicación, se modifique, aclare, adicione o la evidencia científica lo exija.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

CAPÍTULO 2 ABORDAJE EN FACTORES HUMANOS

El abordaje de los Factores Humanos es esencial para comprender el elemento humano como la parte más flexible, adaptable y valiosa de un sistema de aviación, y a la vez la más vulnerable a las influencias que pueden afectar negativamente a su rendimiento, reconociendo que éstos se han desarrollado, perfeccionado e institucionalizado progresivamente con el pasar del tiempo y ahora están respaldados por un fuerte constructo de conocimientos que pueden ser utilizados por todo el personal de la Aviación de Estado para fortalecer la seguridad operacional.

Es por eso, que durante la revisión de este capítulo, se estudia de manera general los conceptos que soportan a los factores humanos, su historia enmarcada por eventos importantes y la ocurrencia de sucesos aéreos a nivel mundial, que han aportado el aprendizaje necesario para aplicar los factores humanos en el ambiente aeronáutico tanto civil como militar y policial y la importancia que tiene la instrucción y el entrenamiento como defensas dentro del sistema de gestión de seguridad operacional, para finalmente, aterrizar con una propuesta de análisis de casos recomendados para estudiar y comprender el enfoque que se presenta en el presente capítulo.

2.1. Factores Humanos en el área Aeronáutica

Para empezar, el concepto de factores humanos en la aviación se refiere a todos aquellos aspectos relacionados con el comportamiento humano que pueden influir en el rendimiento de los pilotos, tripulación y personal de tierra, siendo de vital importancia para garantizar la seguridad operacional. Sin embargo, los factores humanos han sido entendidos como la gestión de los recursos de tripulación (CRM) o de mantenimiento (MRM), siendo un campo mucho más amplio de estudio que abarca la comprensión de cómo las personas pueden integrar de manera segura y eficiente la tecnología que ofrece los avances de la industria aeronáutica.

Así pues, la historia de los Factores Humanos en el área aeronáutica ha sido un proceso de constante aprendizaje y mejora continua, desde sus inicios en el campo de la ergonomía, cuando se descubrió que se deben tener en cuenta los diferentes tamaños corporales y las habilidades humanas al diseñar herramientas, máquinas, sistemas y tareas en aviación, hasta hoy día cuando el desarrollo tecnológico ha hecho que los aviones se volvieran más complejos y sofisticados en el desarrollo de la aviación moderna, conllevando a la emisión de normas y estándares en la ergonomía de la aviación, con el objetivo de optimizar el rendimiento y la seguridad de los pilotos y el personal de vuelo.

Al respecto, podría decirse que los primeros inicios de los factores humanos se remontan a 1487, cuando Leonardo da Vinci adelantó estudios relacionados con el campo de la antropometría con el diseño del Hombre de Vitrubio, uno de sus dibujos más famosos,

describiendo los patrones antropométricos observados a la par que se enfocaba por el estudio de las aves, encontrando que los seres humanos son demasiado pesados como para volar usando alas simplemente unidas a los brazos. A partir de este estudio antropométrico, se diseñó un dispositivo en el que el aviador se acuesta sobre una tabla y mueve dos grandes alas membranosas usando palancas manuales, pedales y un sistema de poleas. Así, el inicio de los Factores Humanos tiene sus bases en el campo de la ergonomía.

Sin embargo, la historia cita que hacia 1900, Orville y Wilbur Wright fueron los primeros en volar un avión motorizado y también fueron pioneros en muchas consideraciones de factores humanos. Mientras que otros intentaban desarrollar aeronaves con un alto grado de estabilidad aerodinámica, los Wright diseñaron intencionalmente aeronaves inestables con un control mentalizado inspirado en el vuelo de las aves.

Más tarde, en la década de 1920, surgieron los primeros estudios de factores humanos en el campo de la aviación a partir de la comprensión de cómo los pilotos interactuaban con las máquinas y cómo los errores humanos podían afectar la seguridad. Esto llevó al desarrollo de la ergonomía de la cabina, con asientos y controles diseñados para adaptarse mejor a la fisiología humana.

Así mismo, es importante mencionar la influencia que los conflictos militares han tenido en el desarrollo de los factores humanos, como es el caso de la Segunda Guerra Mundial, en donde se produjo un progreso significativo en los factores humanos aeronáuticos. La formación de pilotos se actualizó para incluir la comprensión de la psicología humana y los efectos del estrés en el rendimiento, se desarrollaron instrumentos y tecnologías para ayudar a los pilotos a tomar decisiones más informadas y minimizar los errores.

Por consiguiente, a medida que la aviación se volvió más compleja y se amplió a nivel tecnológico, la comprensión de los factores humanos en la seguridad de la aviación se convirtió en un área de importancia para garantizar la seguridad, la eficiencia operacional y la comprensión de cómo los seres humanos interactúan con la tecnología y cómo minimizar los errores. No obstante, el concepto de Factores humanos apareció en la década de 1950 y fue considerado como sinónimo de ergonomía y con el tiempo fue abarcando múltiples campos, como la psicología, la fisiología y la ergonomía, basando sus conocimientos y resultados de investigación de múltiples campos, desde la informática hasta la antropología. (Woods & Dekker, 2000).

De igual manera, la OACI (OACI, 1989) estableció que "los factores humanos tratan sobre las personas en sus situaciones de vida y de trabajo; sobre su relación con las máquinas, con los procedimientos y con el entorno que las rodea; y también sobre sus relaciones con otras personas (en el trabajo)" y concluyó que los factores humanos, aplicados al ambiente aeronáutico, involucran un conjunto de consideraciones personales, médicas y biológicas para realizar operaciones óptimas de aeronaves y control de tráfico aéreo.

Inclusive, la Federal Aviation Administration (FAA, 1993), puntualizó que los Factores Humanos implicaban un esfuerzo multidisciplinario para generar y recopilar información acerca de las capacidades y limitaciones humanas y aplicar esa información a los equipos, sistemas, instalaciones, procedimientos, trabajos, entornos, capacitación, dotación de personal y administración de personal para una seguridad y desempeño humano efectivo.

En las décadas siguientes, los avances en la tecnología de la información y la computación permitieron una mayor integración de los factores humanos en el diseño de la aeronave, se

introdujeron pantallas y sistemas de navegación más intuitivos, así como sistemas de alerta y protección automática para evitar errores humanos, sin embargo, los accidentes se siguieron suscitando.

Posteriormente, en el siglo XX, los ingenieros industriales Frank y Lillian Gilbreth estaban tratando de reducir el error en la medicina en el proceso de comunicación en la sala de cirugía, especialmente en el momento cuando el médico nombraba “bisturi” ya la enfermera respondía “bisturi” y se lo entrega al médico, en el sistema denominado “sistema de desafío-respuesta”, sistema que se instauró en la aviación actual con el nombre de colacionar, que permite que no sólo devolver la información recibida, sino, corregirla en caso que se presente alteración en el mensaje u obtener la confirmación de que la recepción ha sido correcta, lo que ha permitido aumentar la conciencia situacional de las tripulaciones en vuelo.

En particular, el profesor Elwyn Edwards describió la evolución de los factores humanos desde la instrumentación hasta la automatización de la cabina, pasando por el desarrollo de las habilidades de vuelo del piloto, los procesos de selección, la capacitación de pilotos, el desarrollo de investigaciones sobre el estrés y la fatiga y ampliándose hacia un enfoque organizacional, terminando por definir a los factores humanos bajo un concepto que ha sido aceptado por la OACI, donde se declara que “Los factores humanos tratan de llevar a su óptimo nivel la relación entre las personas y sus actividades, mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integrada dentro del marco de la ingeniería de sistemas”. (OACI, 2003).

Así mismo, el Anexo 17 de la OACI (OACI, 2017) “Seguridad”, incluye en sus definiciones el concepto de “principios relativos a factores humanos” definiéndolos como “los principios que se aplican al diseño, certificación, instrucción, operaciones y mantenimiento para lograr establecer una interfaz segura entre el componente humano y los otros componentes del sistema mediante la debida consideración de la actuación humana”. (P.1-3).

En consideración a estas definiciones, el enfoque orientado a los factores humanos no solo abarca el cuerpo y la mente humana para comprender mejor las capacidades y limitaciones humanas, sino que se extiende al campo ambiental y organizacional, de modo que exista el mejor ajuste posible entre las personas y los sistemas en los que operan, por tanto, así como la aviación es una industria multidisciplinaria que requiere la colaboración de diferentes profesionales para asegurar un vuelo seguro, los factores humanos en la aviación abarcan una amplia gama de disciplinas, que permiten comprender y mejorar el rendimiento humano en el entorno aeroespacial.

En este sentido, cobra importancia la multidisciplinariedad de los factores humanos, la cual permite la interacción de diferentes disciplinas como la medicina, la psicología, la neuropsicología, la neurociencias, la ingeniería aeronáutica, el diseño industrial, la antropometría, la ergonomía, entre otras, en la gestión del conocimiento para la comprensión del ser humano en el ambiente aeronáutico, para el diseño, desarrollo e implementación de sistemas y servicios aeronáuticos, para el abordaje de la instrucción y el entrenamiento del personal aeronáutico, enfocado al fortalecimiento de la seguridad y el aporte a la proeficiencia del personal que desempeña las diferentes actividades aeronáuticas.

Así, desde una perspectiva aeronáutica, el término de factores humanos, como disciplina aplicada a la aviación, más allá de abordar el desempeño humano y la gestión del conocimiento permite optimizar su excelencia e impulsar el fortalecimiento de una cultura de la seguridad operacional como una responsabilidad que depende no solo de las capacidades cognitivas

humanas sino de la comprensión organizacional y de la gestión de riesgos operacionales relacionados con el error humano.

En consecuencia, el concepto de factores humanos se ha definido en muchos manuales en términos de capacidades y limitaciones humanas, aportando conocimientos es aspectos tales como la influencia de la fatiga, el ritmo circadiano, la higiene del sueño, la regulación emocional, incluso ante situaciones críticas y de estrés, la temperatura, el ruido, la humedad, la luz, la vibración, el diseño del puesto de trabajo y la ergonomía de los equipos aeronáuticos, entre otros, en el desempeño humano y en el desarrollo de competencias como la gestión de la trayectoria de vuelo, el liderazgo, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la resolución de conflictos, la gestión de carga de trabajo, la comunicación y la coordinación de la tripulación.

Adicionalmente, se incluyen aspectos como la experiencia, el conocimiento, la aptitud física y mental, de manera que todo el personal aeronáutico esté adecuadamente capacitado y tengan las habilidades necesarias para enfrentar cualquier situación que pueda surgir durante el desempeño de las diferentes operaciones aeronáuticas, de manera que el elemento humano, siga siendo la parte más flexible, adaptable y valiosa del sistema aeronáutico, a la vez que la más fuerte ante las influencias que pueden afectar su comportamiento y evitar conducirlo al llamado del “error humano”.

De hecho, la expresión "error humano" permite iniciar una comprensión sistémica en el análisis de los sucesos de seguridad, permitiendo develar factores subyacentes bien sea por un adiestramiento inadecuado, por procedimientos no ejecutados, por falta de seguimiento de listas de verificación o de manuales, entre otros, siendo el punto de partida más que el punto final en la investigación y la prevención de accidentes.

Por tanto, investigar los factores humanos significa considerar al ser humano dentro de su contexto, el cual incluye también los factores organizacionales, lo que plantea grandes desafíos para las investigaciones de los accidentes.

2.2. Historia de los Factores Humanos

La historia de los factores humanos en la aviación ha sido marcada por diferentes accidentes e incidentes que han ocurrido a lo largo de los años a nivel mundial. Estos incidentes han destacado la importancia de considerar los factores humanos en el diseño y la operación de aeronaves. El accidente más mortal en la historia de la aviación, ocurrido en 1977 en el aeropuerto de Tenerife, fue causado en gran medida por una falla en la comunicación entre las tripulaciones y la torre de control, resaltando la importancia de la comunicación y el trabajo en equipo en el contexto de los factores humanos.

En los Estados Unidos, el 29 de diciembre de 1972, un Lockheed L-1011 TriStar de Eastern Airlines se estrelló en los Everglades de Florida, causando 101 muertes. Toda la tripulación de vuelo se había preocupado por una luz indicadora del tren de aterrizaje quemada y no se dio cuenta de que el piloto automático se había desconectado. El avión perdió altitud gradualmente y se estrelló. Luego, seis años más tarde, un Douglas DC-8 de United Airlines se quedó sin combustible y se estrelló en Portland, Oregón, el 28 de diciembre de 1978, cuando los miembros de la tripulación intentaron diagnosticar un mal funcionamiento del indicador del tren de aterrizaje, sin embargo, al no controlar el nivel de combustible, éste se agotó y el avión se estrella.

Como resultado, la investigación de la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) identificó una falla en la gestión de la cabina y el trabajo en equipo e instó a los operadores de aerolíneas a implementar la gestión de recursos de la cabina de vuelo, factores que conllevaron al surgimiento de los programas de gestión de recursos de cabina (CRM) en los Estados Unidos, un término acreditado en 1979 al psicólogo de la NASA John Lauber, convirtiendo a United Airlines en la primera aerolínea del mundo en proporcionar capacitación CRM a la tripulación de cabina en 1981.

Paralelamente, hacia el año de 1977, un Boeing 747 de KLM colisionó con un B747 de Pan Am en una pista de niebla en Tenerife (Islas Canarias), dejando 583 personas fallecidas, como resultado de una falla en la comunicación entre las dos tripulaciones de vuelo, el controlador de tráfico aéreo y el capitán de KLM, accidente que adoptó la implementación del entrenamiento en CRM, derivada de las recomendaciones de la investigación, emitidas por United Airlines.



Ilustración 1. Imagen tomada de <https://www.youtube.com/embed/qYkV4HOMmho>.
Fuente: <https://montecruz.es/videos-infograficos/>

En 1985, sucedió otro evento catastrófico, esta vez por causa de fallas en el mantenimiento de una aeronave de la aerolínea Japan Airlines, una reparación incorrecta del mamparo de presión falló y provocó que el avión perdiera los cuatro sistemas hidráulicos y la capacidad de controlar la aeronave, dejando 520 fatalidades entre el Aeropuerto Internacional de Haneda, en Tokio, y el aeropuerto Internacional de Osaka, en Itami Hyogo.



Ilustración 2. Imágenes Accidente Vuelo 123 Japan Airlines en 1985
Fuente: FAA, Ministerio de Transporte de Japón

Como resultado, la capacitación en Gestión de Recursos de Cabina, que luego se convertiría en Gestión de Recursos de la tripulación (Crew Resource Management) se posicionó como parte del entrenamiento en la mayoría de las aerolíneas, y aunque los accidentes aéreos no cesaron, la tragedia continuó impulsando el fortalecimiento de los programas de capacitación de CRM y su evolución, hacia un enfoque más amplio y holístico que se ha extendido a otras áreas aeronáuticas como el mantenimiento, los servicios de tránsito aéreo y la cultura organizacional, entre otros.

Es así como, el auge de los factores humanos continuó a lo largo de los años, como prueba:

- (a) En 1991, Continental Airlines inició la primera capacitación en factores humanos para el personal de mantenimiento bajo el nombre de Concepto de Coordinación de Tripulación.
- (b) En 1993, Gordon Dupont dejó la TSB/C para unirse a Transport Canada para llevar a cabo la recomendación de revisión de CRM de consulta. Con la asistencia del Departamento de Defensa Nacional, la FAA y las partes interesadas de la industria, se desarrolló el taller de Desempeño Humano en Mantenimiento centrado en la Docena Sucia.
- (c) En 1994, se desarrollaron e imprimieron los carteles de Dirty Dozen como continuación de la capacitación.
- (d) En 1995, se presentó en Canadá el primero de los 3 simposios anuales sobre factores humanos para mantenimiento y personal de tierra para generar interés en el concepto de capacitación del personal de mantenimiento sobre cómo evitar el error que nunca intentaron cometer.
- (e) En 1998 se llevó a cabo el primer simposio internacional en Gatwick organizado por la CAA en asociación con la FAA y Transport Canada. Al año siguiente, se llevó a cabo en Daytona Beach como anfitrión de la FAA y al año siguiente se llevó a cabo en Canadá en Vancouver. La OACI, en virtud de su enmienda al Anexo 6, Capítulo 8, ahora requiere que todos los estados contratantes exijan a sus organizaciones de mantenimiento aprobadas que incluyan "capacitación en conocimientos" y habilidades relacionadas con el desempeño humano".
- (f) En 1999, Canadá cumplió con el requisito de la OACI, al igual que el Reino Unido, Australia, las JAA y varios otros estados contratantes. En 1999, se crearon los Servicios de seguridad del sistema para ayudar en la implementación del requisito de la OACI para la capacitación en factores humanos.

Desde principios de la década de 2000, la disciplina de los factores humanos ha reconocido que los errores humanos pueden ocurrir en cualquier etapa del ciclo de vida de un sistema, desde las fases iniciales de diseño, fabricación y construcción hasta la gestión operativa, el mantenimiento e incluso la supervisión regulatoria bajo la premisa de la posibilidad de evidenciarse o presentarse errores durante el proceso.

Como ejemplo, con el descubrimiento que los aceleradores podían confundirse con los controles de la hélice y la mezcla, especialmente cuando diferentes empresas los ubicaban en diferentes lugares y las posiciones estandarizadas de instrumentos y controles, junto con perillas de diferentes tamaños y colores en los controles, se ayudaron a crear aeronaves "a prueba de Murphy" y a reducir los errores humanos, razón por la cual, el diseño y la fabricación de aeronaves a prueba de Murphy, procuraba que las computadoras alertaran cuándo se está a punto de cometer un error. Es así como, una voz de alerta "pull up, pull up" es difícil de ignorar.

Sin embargo, la actitud del ser humano encuentra formas de evadir los mejores planes para evitar el error, como lo demuestra el vuelo 447 de Air France entre los aeropuertos de Galeão, de Río de Janeiro, y Charles de Gaulle, de París, cuando la tripulación ignoró la advertencia de los instrumentos que reportaban que los tubos Pitot del Airbus A330-203 estaban congelados, y como resultado, fallecen los 12 tripulantes y 216 pasajeros.

Por tanto, si bien la capacitación del personal aeronáutico continúa avanzando a mejores prácticas personales y organizacionales, hoy en día, el reto de los factores humanos es hacer que las organizaciones sean más resilientes e ir más allá de “reducir la accidentalidad”, desarrollar un enfoque positivo y sistémico de la seguridad, en donde sus componentes se relacionan unos con otros, exigiendo compromiso, autogestión de errores, entrenamiento continuo de todo el personal inmerso en las operaciones aeronáuticas.

2.3. Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial

El inicio de los Factores Humanos aplicada a la aviación militar y policial se puede enunciar con un especial interés por la selección de buenos aviadores e impulsada por las circunstancias militares de la I Guerra Mundial, cuando Inglaterra, Italia y Francia convocaron a sus expertos para la evaluación de sus pilotos. Fue así, como en Inglaterra, desde 1914, estuvo en ejercicio un estudio de los factores fisiológicos que estaban involucrados o ejercían variabilidad en la ejecución de los pilotos denominado «Air Medical Investigation Committee», cuyos estudios estuvieron relacionados con aspectos como el pulso, la presión sanguínea, la respiración y la falta de ella con la disminución del oxígeno, la presión provocada por la altitud, los problemas de oído, los temblores, vértigos y mareos.

Paralelamente, en Italia se organizó, en los primeros años de la guerra, exámenes psicológicos de aptitud, comprobando las cualidades necesarias para el aviador de guerra (reacción, atención, observación y emotividad). Y, en Francia, estuvieron sistematizadas las investigaciones desde 1915, cuando los médicos Camus y Nepper prepararon exámenes para los aviadores, evaluando su tiempo de reacción motriz y la acción de los estímulos sobre el sistema nervioso. (Sáiz & Sáiz Roca, 2012).

De la misma forma, en Alemania, en 1916, William Stern fue requerido para evaluar las aptitudes de los observadores aéreos, a partir del cual el enfoque de los alemanes sería al estudio de los factores psíquicos necesarios para un buen vuelo con los trabajos de Berany en 1918 y Kronfeld en 1919. Por otro lado, desde que los americanos entraron en el conflicto, fueron generadores de pruebas evaluadoras para su Ejército, entre ellas la Fuerza Aérea intentando hallar fórmulas generales para la selección de pilotos y descubrir cualidades específicas en los aviadores. (Sáiz & Sáiz Roca, 2012).

Posteriormente, durante el periodo de guerras el interés de los investigadores se volcó a la aplicación de la ciencia psicológica en las fuerzas armadas, especialmente, al arma aérea, más que a la necesidad original de seleccionar pilotos, razón por la cual, se analizaron habilidades, estabilidad motriz, capacidades de estimación de la velocidad, orientación en el vuelo, atención, equilibrio, capacidad de percepción corporal y tendencia al vértigo o al mareo, reacciones motrices en tierra y en vuelo, capacidad de ajuste perceptivo y discriminativo a diferentes distancias, velocidades o intensidad de luz, entre otros aspectos relevantes en el desempeño del aviador militar, posicionando la ciencia de la psicología aplicada a este campo aeronáutico.

En el campo psicológico, la II Guerra Mundial supuso un avance en el estudio de la selección y el entrenamiento de los aviadores, provocado por la cada vez más difícil adaptación de éstos a máquinas más complejas y veloces (Alonso, 1997, citado en Muñoz-Marrón, 2018), permitiendo la introducción de las evaluaciones de los entrenamientos y se evoluciona desde el abordaje de aspectos más cognitivos y motrices hacia otros de carácter motivacional. Sin embargo, una vez terminada la contienda, el objetivo de la investigación cambia radicalmente, pasando de un ámbito específicamente bélico hacia otro en el que prima la investigación civil. Esto provoca que en 1949 las compañías aéreas más importantes comiencen a contratar a los primeros psicólogos. (Alonso, 1997).

Es así como, en la Segunda Guerra Mundial se identificaron dentro de las estadísticas que murieron más “no combatientes” que muertes reales en combate. Según la Fundación de la Segunda Guerra Mundial, 35.946 aviadores murieron accidentalmente mientras que 22.948 murieron en combate, siendo aproximadamente un tercio operaciones relacionadas con entrenamiento, un tercio con actividades operativas y un tercio relacionado con el combate.

A finales de los años setenta se produce un hecho que cambiará de un modo radical la relación entre la ciencia psicológica y la aviación, en un encuentro auspiciado por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (National Aeronautics and Space Administration [N.A.S.A.]) aparece el concepto de Gestión de Recursos de Cabina (Cockpit Resource Management - CRM) como programa de entrenamiento de las tripulaciones aéreas, que tras varias etapas de desarrollo llega a nuestros días como Gestión de Recursos de la Tripulación (Crew Resource Management) (Helmreich, Merritt, & Wilhelm, The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation, 1999), así, el CRM supone una nueva forma de trabajo en equipo para las tripulaciones aéreas y se refiere básicamente al manejo óptimo de los recursos disponibles en términos de tecnología de la aeronave, tripulación de vuelo, cabina de pasajeros, control de tráfico aéreo, ayudas a la navegación, etcétera. (Turner, 1995).

En consecuencia, una serie de accidentes ocurridos en aviación en la década de 1970 (Helmreich et al., 1999), así como la alta incidencia de casos en que tales desastres fueran debidos al error humano, provocaron la implantación de los programas de entrenamiento en CRM, siendo la NASA, pionera en el estudio de los factores humanos en la aeronáutica y astronáutica, iniciando también su programa en factores humanos para la seguridad aérea en 1973. (Marshall, 2010).

Es así como, los investigadores, Charles K. Billings y John K. Lauber, y el piloto de pruebas, George E. Cooper, comenzaron a investigar preguntando directamente a los pilotos que se habían visto involucrados en algún accidente, intentando obtener así información detallada de su versión de los acontecimientos. El objetivo era elaborar un programa de investigación encaminado a analizar los errores humanos que podían estar detrás de los accidentes e identificar aquellos factores que estaban presentes en los denominados accidentes por “error del piloto”. (Alkov, 1989).

Como resultado, en enero de 1981, la compañía United Airlines crea el primer entrenamiento específico en CRM (Helmreich et al., 1999), después serían KLM en Europa y Ansett en Oceanía (Helmreich et al., 2006) y, posteriormente, las aerolíneas más importantes, la Fuerza Aérea, el Ejército, la Armada y la Guardia Costera de los EE.UU. desarrollaron y utilizaron programas de CRM, los cuales no han dejado de extenderse por todo el mundo, al tiempo que su utilización se ha generalizado a otros ámbitos laborales, tanto propios de la aviación, tales como el mantenimiento o el control del tráfico aéreo, entre otras. (Taylor & Thomas, 2003).

A nivel mundial, comprender los aspectos más importantes relacionados con los factores humanos asociados con la aviación y la manera como éstos influye en el entorno operacional, desde la perspectiva de la relación del hombre con la aeronave, han permitido para el caso de Colombia, que en la Aviación de Estado, se realicen acciones enfocadas a fortalecer la seguridad operacional. Es así como el Ejército, a través de la División de Aviación Asalto Aéreo (DAAVA) planea, prepara y ejecuta operaciones ofensivas, defensivas, de estabilidad y Apoyo de la Defensa a la Autoridad Civil (ADAC) en el territorio nacional, con el propósito de proyectar fuerza, contribuir a la maniobra y la movilidad de las unidades terrestres y especiales que desarrollan operaciones militares; la Armada de Colombia a través del comando de Aviación Naval realiza transporte masivo de tropa con equipo completo así como de aprovisionamiento de víveres, armamento, en teatro de operaciones requeridas para el cumplimiento de la operación y satisfacción de la misión de la Aviación Naval,; la misión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana permite volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado; y, finalmente, la aviación de la Policía Nacional contribuye con las metas institucionales alineadas con las políticas de gobierno, a través de una planeación eficiente, eficaz y efectiva en las diferentes misiones aéreas que cumple el área de Aviación Policial.

2.4. Cultura de seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos

A nivel mundial, entre los años 2006 y 2010, los accidentes de aviación como consecuencia de un suceso de pérdida de control en vuelo (LOC-I) constituyeron la causa principal de las muertes en la aviación comercial, reconociendo la necesidad de identificar e implantar eficazmente estrategias de mitigación, la prevención de la pérdida de control de la aeronave muy pronto se convirtió en una prioridad de la OACI.

Así mismo, entre los años 2020-2022 el alto riesgo de mortalidad por accidente o el número de accidentes e incidentes, así como los resultados del análisis de los datos de seguridad recopilados de fuentes de información proactivas y reactivas de la OACI y otras organizaciones no gubernamentales, dan cuenta de cinco categorías de sucesos de alto riesgo como prioridades mundiales de seguridad (OACI, 2023):

- (a) Vuelo Controlado en Terreno (CFIT).
- (b) Pérdida de Control en Vuelo (LOC-I).
- (c) Colisión en el Aire (MAC).
- (d) Excursión a la Pista (RE).
- (e) Incursión en Pista (RI).

Partiendo de este panorama, la OACI, ha definido la seguridad como “el estado en el que el riesgo de daño a las personas o daños a la propiedad se reduce a, y se mantiene en o por debajo, de un nivel aceptable a través de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos”. Esta definición implica que se ha establecido un nivel aceptable de riesgo dentro de una organización y que se han establecido procesos para garantizar que este nivel de riesgo se mantenga o mejore de forma continua. La seguridad se centra en reducir los peligros y riesgos.

Por tanto, la cultura de seguridad es un conjunto de normas, valores, actitudes y suposiciones relacionados con la seguridad que son inherentes a la operación diaria de una organización y se reflejan en las acciones y comportamientos de todas las entidades y el personal dentro de la organización. La seguridad debe ser responsabilidad de todos, desde abajo hacia arriba.

Así, una cultura de seguridad efectiva permite que:

- (a) Los empleados estén comprometidos y asuman la responsabilidad de los problemas de seguridad.
- (b) Se aumenten los niveles de cumplimiento de las medidas de seguridad de protección.
- (c) Se minimice el nivel del riesgo de incidentes y violaciones de seguridad, dado que los empleados piensan y actúan de manera más consciente.
- (d) El personal aeronáutico y de la organización identifiquen y denuncien comportamientos / actividades inseguras.
- (e) Se consolida una mayor sensación de seguridad a todo nivel de la organización.
- (f) Se mejore y se fortalezca la seguridad.

Hay muchos elementos ventaja de una cultura de seguridad, pero la idea general es que todos los que trabajan en una organización están motivados y capacitados para detectar y solucionar situaciones que podrían causar lesiones.

Por tanto, la cultura de seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos conlleva a alcanzar la Excelencia Operacional desde la Perspectiva de los Factores Humanos. En este punto, recuerdo la cita de Abraham Maslow: “Lo que se necesita para cambiar a una persona, es cambiar la conciencia de sí mismo”, frase que puede ser un punto de partida para el enfoque que orienta a la Excelencia operacional. Más allá de dar a conocer los conceptos de los niveles superiores de conciencia y la trascendencia que dieron paso a la teoría de la autorrealización de Maslow, es importante mencionar el enfoque hacia la excelencia operacional parte de generar conciencia, incluso de cambiarla.

En este sentido, si se considerara utilizar la palabra conciencia, origen del latín “cūm scire”: “tener conocimiento o ciencia” de algo, estamos hablando desde lo cognitivo, y si consideramos utilizar la palabra conciencia, del latín “cūm cesse”: “conceder”, ceder, ser flexible emocionalmente”, estamos hablando desde lo emocional. Así el concepto de conciencia resulta siendo la suma de nuestro conocimiento y nuestras emociones y se puede entender desde el punto de vista cognitivo y desde el punto de vista emocional.

Al respecto, la neuróloga irlandesa Suzanne O’Sullivan concibe la conciencia como una totalidad compuesta por diversos estados: la atención, la percepción y la memoria. Es la habilidad de elegir selectivamente nuestra experiencia mental, es decir, la atención selecciona algo, que después la percepción le da un significado subjetivo y lo asocia a las creencias que están alojadas en nuestra memoria.

Entonces, si traemos la frase de Abraham Maslow, para el tema de la excelencia operacional, se puede afirmar que, en el camino hacia la Excelencia Operacional, propiciar

cambios en el Sistema se puede lograr cuando se genera una conciencia en el personal aeronáutico que lo integra, y para entenderlo se realiza una aproximación de cómo se está realizando, a través de los componentes que la integran.

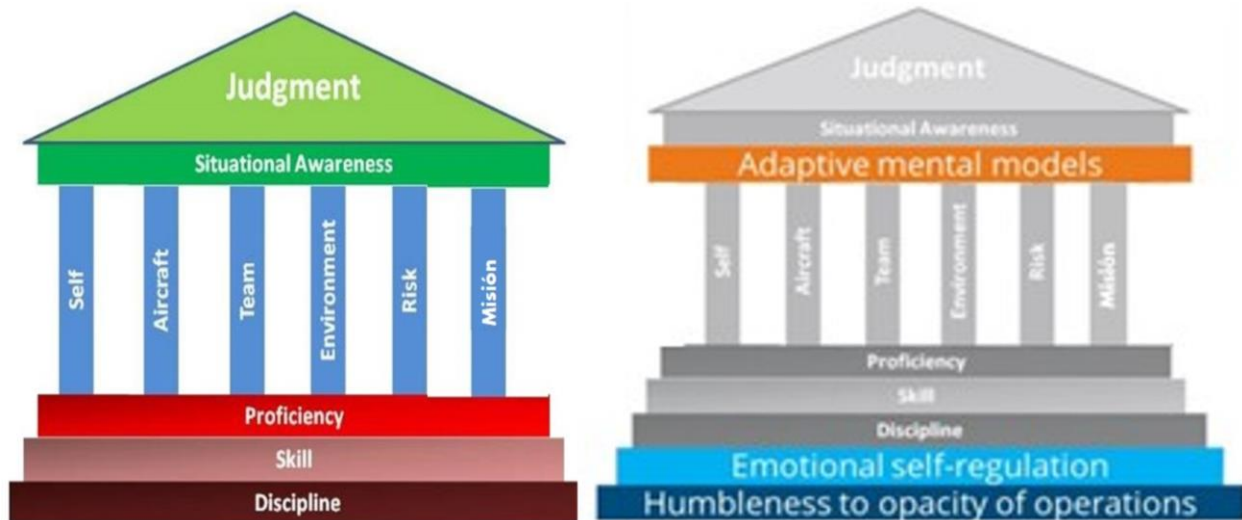
Identificar los componentes de la excelencia operacional y su relación con la Conciencia de sí mismo en el personal aeronáutico, les presento el Modelo AIRMANSHIP, que en su traducción se entiende como la "MAESTRIA EN AVIACIÓN", este modelo presentado por Tony Kern, en 1996, se asemeja al Partenón de Atenas y permite graficar a la excelencia operacional o la aviación experta en tres niveles generales (Kern, 1996).

- (a) **Principios.** Representada en la base sólida sobre la cual se identifican la disciplina, habilidad y competencia. La disciplina, entendida como la capacidad de adherirse a las reglas y normas inmersas en la operación. La habilidad como la capacidad de mantener una altitud o rumbo con precisión, la capacidad de pilotear una aeronave con viento cruzado o la capacidad de recordar listas de verificación y procedimientos de emergencia. Y, la competencia que asegura la adecuada utilización de las habilidades y el desarrollo de estas.

- (b) **Conocimiento.** Representado inicialmente en cinco pilares de conocimiento: el conocimiento de uno mismo, el avión, el equipo, el medio ambiente y los riesgos, y en algunos casos se incluye un sexto pilar de conocimiento que es la misión. El Autoconocimiento hace énfasis en la identificación personal de las condiciones físicas y emocionales actuales que pueden afectar la capacidad para operar la aeronave de manera segura, por ejemplo, la sigla IMSAFE (Illness, Medication, Stress, Alcohol o Drogas, Fatigue and Eating), una herramienta para este tipo de conocimiento basado en la valoración del estado de salud, la medicación / automedicación, el estrés, el consumo de sustancias psicoactivas, la fatiga y la alimentación. El conocimiento de la aeronave y el funcionamiento de todos los sistemas. El conocimiento del medio ambiente físico, organizacional y regulatorio. El conocimiento y la valoración del riesgo de la operación y el conocimiento de la misión o tipo de misión a cumplir.

- (c) **Resultados.** Que están asociados a la conciencia situacional y al juicio. Como tal, el modelo sugiere que todas las estructuras de soporte deben estar en su lugar antes de poder ejercer el juicio o ganar conciencia de la situación. Así, la conciencia situacional es la percepción precisa de lo que está sucediendo con usted, su tripulación, piloto, líder, estudiante, instructor, etc., con el avión y el mundo circundante, tanto ahora como en el futuro cercano, siendo el principal recurso disponible para el próximo resultado final: juicio. El juicio depende completamente de las capas debajo de ella para funcionar correctamente, con la importancia de una buena toma de decisiones basado en la naturaleza del problema, el tiempo para resolverlo, los riesgos asociados con este problema, la fuerza de una idea, la búsqueda de solución adecuada y las agendas ocultas detrás de la operación.

En el año 2019, Mohrmann & Stoop, añadieron otros aspectos a este Modelo de Airmanship y plantearon el Modelo Resiliente que aparece al lado derecho de sus pantallas, exponiendo un nuevo paradigma operacional de cabina, desde una perspectiva determinista (taylorista), en las cuales el ambiente aeronáutico funciona en condiciones normales e ideales de operación, a una perspectiva resiliente donde el ambiente operacional se torna volátil, incierto, complejo y ambiguo, como sucede cuando se presentan emergencias o para el personal que vuela aeronaves del Estado, en las condiciones propias de la actividad militar, exigiendo mayor flexibilidad para actuar cuando la situación se ha vuelto "opaca", mayor creatividad y mayor gestión emocional de la "sorpresa", permitiendo que en el resultado se dé una mayor capacidad de resolución de problemas y por tanto, el desarrollo de modelos mentales adaptativos.



*Ilustración 3. Comparación Modelo Airmanship (Tony Kern, 1995) y Modelo Resiliente (Mohrmann & Stoop, 2019)
Fuente: Elaboración propia AAAES*

Bien, entonces, desde una mirada introspectiva, con la intención que estos dos modelos nos proponen de alcanzar el nivel de proeficiencia, habilidad y disciplina, para desarrollar nuestras operaciones aeronáuticas vamos a identificar estos componentes de la excelencia operacional dentro de la Conciencia de sí mismo, para comprender su influencia en el aseguramiento del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional.

Inicialmente, en el camino por la excelencia operacional de los Entes de Aviación de Estado, la Oficina de la AAAES ha identificado algunos componentes dentro de la conciencia de sí mismo, que fueron publicados por la AAAES mediante el Boletín Informativo BI-002-2022 “Hacia la Excelencia Operacional”, con el objetivo de sensibilizar al personal aeronáutico de Aviación de Estado de la importancia del aseguramiento del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional, presentando una ruta en el camino por alcanzar la Excelencia Operacional.

En esta ruta, el primer componente, es la conciencia del Ser, esto es, inicialmente, que el personal involucrado con la operación aeronáutica autoidentifique los principios y valores que motivan su actuar.

Para esto, es importante recordar que a nivel personal todos los seres humanos tienen anclados unos principios y valores, dados desde casa, aprendidos con base en nuestra experiencia, modelado de las personas más influyentes de nuestras vidas, partiendo de los principios y valores como pilar que sustenta la conciencia del ser yo, por esto la pregunta que se debe hacer cada uno es cuál consideran que es el principio / valor que prima en cada uno de los contextos aeronáuticos en los cuales se desempeñan, con el fin de identificar el valor o valores que los movilizan.

Ahora bien, basados en esos principios y valores y al hacer parte de un contexto organizacional compartimos otros valores que en su conjunto constituyen lo que llamamos Cultura Institucional, entendida como ese conjunto de creencias, principios, normas, valores que se comparten y que caracterizan a una organización, que orientan y dan sentido a las prácticas que se llevan a cabo dentro de ella, e incluso, que le dan sentido e identidad a una empresa. Y para ir más allá y aplicar uno de los pilares del coaching, cuando uno quiere explorar el tema de principios y valores e ir a la raíz de la conducta es necesario preguntarse para qué es importante ese principio / valor con el fin de encontrar el sentido de su actuar en el ambiente aeronáutico;

y, para complementar, preguntarse por qué ese valor es importante con el ánimo de identificar las creencias que subyacen a ese valor.



Ilustración 4. Conciencia del Ser en el camino hacia la Excelencia Operacional
Fuente: Elaboración propia AAAES

Nota.- Publicación realizada por la AAAES en el BI-002-2022 HACIA LA EXCELENCIA OPERACIONAL
https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/normatividad2022/boletininformativo/boletin_aaaes_02_2022.pdf.

Entonces, para entender la conciencia del ser en el camino hacia la excelencia operacional, si para el personal aeronáutico uno de los principios básicos es la seguridad y esa seguridad la asocia con el valor del autocuidado o con la responsabilidad o con el compromiso, su sentir, pensar y actuar estará enfocado en Seguridad, y cuando se expresa ese comportamiento coherente, manifestado en la triada sentir – pensar y actuar, se evidencia la Integridad.

En concreto, si queremos anclar esa integridad en la conciencia del ser, se necesita de disciplina, es decir la voluntad y la constancia en la ejecución de esos principios y valores que se han seleccionado e incorporado como un código de conducta. En este sentido, Jim Rohn, considerado un filósofo de los negocios, en uno de sus libros los doce pilares del éxito, expresa que “La disciplina es la mente entrenada para controlar nuestras vidas”, frase que asociada a la conciencia del ser nos puede entender que la disciplina es una decisión personal, que surge de la capacidad volitiva del ser, que implica una motivación para hacer, y al ser una decisión motivada hay una influencia del componente emocional que se expresa en términos de voluntad, de querer entrenar la disciplina. En este punto, entra a jugar un papel importante la autorregulación emocional, que le permiten afrontar esas situaciones “normales” como para aquellas que resultan inciertas, y como lo estudió Daniel Goleman, le permite discriminar entre lo bueno y lo displacentero, en este caso entre aquellos actos inseguros y aquellos actos seguros que aportan a la tarea.

Hasta aquí, bajo este contexto, si se abordara el tema de cuáles podrían ser los actos inseguros que afectan al desarrollo de la operación y que podrían estar relacionados con la falta de regulación emocional, se podría citar el consumir sustancias psicoactivas, el no dormir las horas reglamentarias, el automedicarse, el realizar trabajos u actividades de vuelo bajo condiciones emocionales inadecuadas o bajo síntomas de estrés o de fatiga, por citar algunos ejemplos. Regular las propias emociones para cumplir con las normas organizacionales, incluso pueden provocar disonancia emocional, a veces sucede con el personal de tripulantes de cabina de pasajeros, la diferencia entre las emociones expresadas (p. ej. amabilidad) y las sentidas (p. ej. ira) pueden conllevar a un desborde emocional.

En conclusión, la conciencia de sí mismo, permite a la persona autodetonarse, reconocer que aún en situaciones difíciles, puede tomar distancia sin autoimponerse cargas, actuando siempre bajo el precepto que su principio de seguridad le exige. Entonces, si tomamos como ejemplo, el tema de los principios y valores, si la seguridad es un principio y el valor asociado es la responsabilidad o compromiso, o como la persona lo identifique, debe existir una firme convicción de querer hacer evidente ese principio y ese valor en la conducta de actuar seguro, con la conciencia de las consecuencias que lleva consigo esa voluntad al decidir.

De igual manera, la disciplina se entrena, se forja día a día, exige constancia, eso significa repetir la acción cuantas veces sea necesario para alcanzar lo que quiero. Por tanto, si el personal aeronáutico dice que la seguridad es un principio y el valor que lo engalana es la responsabilidad, y la forma de manifestar ese principio y valor es seguir los procedimientos, pues, cada vez que ejecuta una tarea realiza los pasos uno a uno como están establecidos, porque esa es la manera de entrenar la disciplina.

Así mismo, la disciplina está sujeta a una recompensa, esto es, qué espera lograr la persona al aplicar voluntad y constancia, cual es el objetivo que se propone conseguir al ser disciplinado, cual es la recompensa o las recompensas que quiere alcanzar: sentirse satisfecho, feliz de la labor realizada, orgulloso de la labor que hacer, saber que está brindando seguridad.

Bien, pasamos a la segunda perspectiva de la conciencia de sí mismo: Conciencia del Saber, en la cual, de acuerdo con el modelo de Airmanship y de Resiliencia se encuentran los cinco / seis pilares, del conocimiento. Se entiende que hay conciencia de sí mismo en el Saber, cuando el personal aeronáutico conoce la aeronave o el equipo que vuela u opera, cuando ha leído sus manuales, cuando conoce de los elementos adecuados para hacer un planeamiento y briefing de la misión, cuando conoce de los elementos adecuados para hacer un mantenimiento, cuando saber leer un reporte meteorológico, cuando estudia o actualiza sus conocimientos para cumplir con su función, cuando se capacita o se entrena o para ejecutar una tarea, cuando conoce acerca del entorno operacional y valora los riesgos a los cuales se expone y cuando conoce el marco regulatorio de la aviación, RAC, LAR, entre otros.



Ilustración 5. Conciencia del Saber en el camino hacia la Excelencia Operacional
Fuente: Elaboración propia AAAE

Nota.- Publicación realizada por la AAAES en el BI-002-2022 HACIA LA EXCELENCIA OPERACIONAL
https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/normatividad2022/boletinformativo/boletin_aaaes_02_2022.pdf.

Hasta aquí, si hay conciencia del ser y se le suma la conciencia del saber, se va fortaleciendo el concepto de Seguridad Operacional, para ir pasando a la tercera perspectiva de la Conciencia de sí mismo: Consciencia del Hacer, la cual traducida en términos operacionales sería, cuando

el personal aeronáutico desarrolla las competencias necesarias para desempeñar sus funciones; cuando aplica las técnicas, tácticas y procedimientos estandarizados.

En este componente, como ejemplo, si se evoca la primera vez que se realiza una tarea la cantidad de errores que se cometen es mayor, pero con la práctica diaria las tareas se hacen más cada vez más rápidas y sin menos torpeza que la primera vez. Esto lo que demuestra es que practicar una habilidad en específico puede ayudar a mejorar la velocidad en la práctica de esa habilidad. Repetir una tarea la hace ser más automática y por ello más rápida de procesar. Por eso en este punto encontramos las competencias, el entrenamiento que recibimos para ejecutar una tarea, los indicadores de conducta que evidencia el desarrollo de una competencia técnica o no técnica.

Y, si estas competencias del hacer vienen de la mano de la disciplina, del querer y practicar día a día el saber, se crea un hábito. Y si a esa conducta, le subyace el principio de la seguridad, y si ese principio es aceptado y compartido en una Política de Seguridad Operacional que incentiva el reporte y análisis de sucesos, no solo se genera una cultura positiva de la Seguridad, sino que conlleva a una empresa de aviación a ser resiliente, al desaprender conductas normalizadas, al gestionar y adoptar mejores prácticas organizacionales, estudiando la data de los accidentes, al emprender planes de mejora proactivas y predictivas en torno al valor de la seguridad, entre otros.

La conciencia del hacer permite desarrollar en el personal aeronáutico la Autoridad Personal. En la conciencia del hacer, el ejemplo reviste una importancia mayor, si una persona llámese piloto, tripulante, ingeniero, controlador de tránsito aéreo, operario, etc., no reporta un suceso de seguridad y la tripulación o el taller o el equipo de trabajo o los compañeros conocen del evento la cultura justa de la seguridad y la resiliencia, derivada de los aprendizajes de los sucesos, deja de gestarse, porque recordemos que la cultura justa parte de esa conciencia de sí mismo, de reconocer que puedo fallar, de reportar el suceso, para aprender, para mitigar el riesgo, para tomar acciones y para prevenir accidentes.



Ilustración 6. Conciencia del Hacer en el camino hacia la Excelencia Operacional

Fuente: Elaboración propia AAAES

Nota.- Publicación realizada por la AAAES en el BI-002-2022 HACIA LA EXCELENCIA OPERACIONAL

https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/normatividad2022/boletinformativo/boletin_aaaes_02_2022.pdf.

Finalmente, llegamos a la cuarta y última perspectiva de la Conciencia de sí mismo: La Conciencia del Estar, la cual implica una conciencia que se expande más allá de las fronteras del yo, el estar es también la conexión de relaciones con el entorno, con el personal con quienes trabajamos, con quienes nos relacionamos, con quienes volamos, con quienes entrenamos, entre otros.

La “conciencia del estar”, es aquella que nos lleva a saber que está pasando, que pasó y qué puede llegar a pasar durante el ejercicio de mis funciones como personal aeronáutico, con el fin de discernir y tener un buen juicio en el proceso de toma de decisiones, empleando estrategias adecuadas para la resolución de problemas.



Ilustración 7. Conciencia del Estar en el camino hacia la Excelencia Operacional

Fuente: Elaboración propia AAAES

Nota.- Publicación realizada por la AAAES en el BI-002-2022 HACIA LA EXCELENCIA OPERACIONAL

https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/normatividad2022/boletinformativo/boletin_aaaes_02_2022.pdf.

Especialmente en aviación, el personal aeronáutico debe mantener en todo momento la conciencia de la situación mediante una vigilancia efectiva con el fin de evitar la desorientación espacial originada en ilusiones de percepción en vuelo, sobresaltos, falta de atención y complacencia.

Adicionalmente, la conciencia del estar implica una cultura de la seguridad dada por adaptación y la aceptación del error como una posibilidad de aprendizaje y desde una perspectiva de la aceptación de la responsabilidad, desde una mirada positiva del error que genera confianza en la medida que se convierte en una posibilidad para fortalecer la Seguridad Operacional y que exige un personal aeronáutico más flexible cognitivamente y más comprometido con el cambio y la transformación que inicia desde sí mismo.

Bajo este esquema, abordamos la importancia en la construcción y transformación de una cultura de seguridad que permitirá alcanzar la excelencia operacional. Lo dicho hasta aquí, supone entender la cultura de seguridad operacional como la define la OACI “un conjunto de normas, creencias, valores, actitudes y supuestos que son inherentes al funcionamiento cotidiano de una organización y que se reflejan en las acciones y el comportamiento de todas las entidades de esa organización y su personal” (OACI, 2018).

En definitiva, la cultura de seguridad operacional tiene una influencia significativa en la integración y evolución de los elementos del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional. Es más, el éxito del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional depende, en gran medida, del desarrollo de una cultura de seguridad operacional preventiva y generativa, en la cual el compromiso por la seguridad es responsabilidad de todo el personal de los Entes de Aviación de Estado, incluso de la promoción de la salud, del bienestar y el cuidado de todos sus miembros.

Gráficamente, el desarrollo de la cultura de la seguridad preventiva propuesta en el Modelo de Escalera de Parker, asemejándose a los niveles de una escalera, en la cual la organización va subiendo desde los peldaños inferiores que corresponden a una cultura patológica o escapista, pasa por los peldaños intermedios donde predominan los aspectos formales y la

cultura preventiva es aún superficial, para ascender a una cultura más positiva presente en los peldaños más altos.



Ilustración 8. Cultura preventiva en el Modelo Escalera de Parker
Fuente: Sarrate & Sánchez, 2018

Nota.- Publicación web <https://www.ajpre.net/wp-content/uploads/2020/01/Manual-cultura-preventiva-IRSST.pdf>

En la ilustración anterior, se exponen cada uno de los cinco niveles, así:

- (a) Organización patológica, donde no se da importancia ni se preocupan por la seguridad, los trabajadores son los responsables de lo que sucede y se implementa sólo por obligación.
- (b) Organización reactiva, donde sólo actúa cuando suceden los incidentes y accidentes, cree en las bondades de un sistema de gestión y usan herramientas preventivas, pero no se enfocan en el análisis de la eficacia.
- (c) Organización sistemática, donde sólo actúa de manera preventiva y la prevención es percibida como algo intrínseco a un departamento y no está integrada en todas las dependencias de la organización.
- (d) Organización proactiva, donde la organización se involucra de forma activa e integrada en los procesos de seguridad operacional, resaltando la seguridad como valor principal en la gestión y las fallas se direccionan al sistema de gestión hacia la mejora continua.
- (e) Organización generativa en donde se evidencia un alto grado de autoanálisis, sentimientos y pensamientos en temas de seguridad y “todos” sus integrantes se involucran en un esfuerzo constante, son líderes y resuelven temas de seguridad en cumplimiento a los estándares de excelencia establecidos.

Adicional, una organización generativa es resiliente, cuando representa la capacidad (de un sistema organizativo) de anticipar y gestionar el riesgo de modo efectivo, mediante una adaptación apropiada de sus acciones, requiere la capacidad de anticipar y gestionar los riesgos antes de que se conviertan en amenazas para su funcionamiento, a partir de la observación de la capacidad de responder (“saber qué hacer”), monitorear la situación (“saber qué buscar”), aprender (“saber qué ha ocurrido”) y anticipar (“saber qué esperar”) porque la seguridad es entendida como un valor que se ha incorporado en la persona y en los comportamientos de cada uno del personal aeronáutico dentro de una organización y que permite desarrollar una madurez preventiva.

Ahora bien, basados en estas ideas y conceptos, un caso exitoso para estudiar la excelencia operacional, incluido el proceso de Toma de Decisiones Aeronáuticas, está representada en el caso del Vuelo 1549 - U.S. Airways, ocurrido el 15 de enero de 2009, para analizar y aplicar los componentes de la conciencia de sí mismo a partir de analizar los elementos de la conciencia del Ser, del Saber, del Hacer y del Estar se pueden evidenciar del famoso “amerizaje en el Río Hudson”.

En general, la gestión eficaz de la seguridad comienza cuando una organización se asegura de que es consciente de los riesgos para su operación segura para permitir la mitigación según corresponda. La comunicación de los riesgos percibidos por el personal a la organización requiere una Cultura de Seguridad positiva que fomente y facilite este reporte abierto. La cultura de seguridad es vulnerable si el personal no comprende sus responsabilidades de seguridad, percibe que hay algún perjuicio asociado con la presentación de informes o que no se tomarán medidas.

Finalmente, la invitación a través de este Manual es: si queremos ver cambios a nivel de seguridad, iniciemos por cambiar la conciencia de sí mismo, desde un enfoque sistémico en Factores Humanos, donde existe un engranaje entre los componentes que comprenden la conciencia del ser, saber, hacer y estar, y para ello, como dijo Gandhi: “Tienes que ser el cambio que quieres ver”, y el cambio inicia en la conciencia de sí mismo que labra el camino hacia la Excelencia Operacional.

A continuación, se relacionan diferentes eventos de seguridad a nivel mundial que se recomiendan estudiar, sin embargo, cada Ente de Aviación de Estado podrá incluir casuística y/o estadística de sucesos operacionales propios, con el fin de desarrollar y contextualizar las temáticas relacionadas en el presente capítulo “Abordaje en Factores Humanos”.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Estudio de Casos Recomendados “Abordaje Factores Humanos” | |
|---|--|
| CASOS | DESCRIPCIÓN DEL EVENTO |
| Vuelo 4805 KLM 27/03/1977 | El tema de los factores humanos puede abordarse con el estudio del accidente de Canarias ocurrido el 27 de marzo de 1977, cuando un Boeing 747 de KLM y un Boeing 747 de Pan Am se preparaban para despegar en el aeropuerto de Los Rodeos en Tenerife. Como consecuencia de una serie de errores asociados a factores humanos, entre las cuales influyó la decisión del capitán de KLM de despegar, creyendo, erróneamente, que se había emitido una autorización de despegue por parte del control de tráfico aéreo, provocando la colisión de las dos aeronaves en pista, causando la muerte de 583 personas. |
| Vuelo 173 United Airlines 28/12/ 1978 | Los efectos de este accidente en la industria aeronáutica continúan en la actualidad y derivaron en la creación del Crew (o Cockpit) Resource Management (CRM) para los pilotos, en 1980. El programa de CRM demostró ser tan exitoso que ahora se utiliza en todo el mundo, un estudio de caso que evidencia que la tripulación había enfocado su atención hacia el diagnóstico de un problema en el tren de aterrizaje sin poder relacionar el nivel de combustible restante y la distancia al aeropuerto. |
| Vuelo 140 China Airlines 26/04/1994 | Un abordaje desde la relación hombre-máquina en el cual se evidencia una cadena de errores que inicia de un movimiento involuntario de la palanca del sistema TOGA (Takeoff / Go-around o Despegue/motor al aire), que eleva la posición del acelerador a la misma que en el despegue, conlleva a acciones equivocadas por parte de la tripulación en su intención de corregir los controles y la velocidad de la aeronave. Al reducir manualmente las válvulas reguladoras y empujando el control hacia abajo, el piloto automático actuó en contra de estos movimientos (como está programado cuando se activa el TOGA), aumentando bruscamente el ángulo de ataque llevando a una entrada en pérdida, con una altitud insuficiente para recuperarse de la situación. Como consecuencia, el avión se estrelló provocando la muerte de 264 personas entre los 271 (15 tripulantes y 256 pasajeros) a bordo. |
| Vuelo 447 Air France 01/06/2009 | Un estudio de caso desde la perspectiva del diseño y la automatización que invita a fortalecer el tema del entrenamiento continuo de las tripulaciones para mitigar la degradación de las habilidades de vuelo manual y garantizar el dominio de la nueva tecnología, a través del accidente ocurrido entre los aeropuertos de Galeão, de Río de Janeiro, y Charles de Gaulle, de París, cuando la tripulación ignoró la advertencia de los instrumentos que reportaban que los tubos Pitot del Airbus A330-203 estaban congelados, y como resultado, fallecen los 12 tripulantes y 216 pasajeros. |

*Tabla 2. Estudio de Casos Recomendados “Abordaje Factores Humanos
Fuente: Elaboración Propia AAAES*

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Estudio de Caso Recomendado "Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos" | |
|--|---|
| CASO | DESCRIPCIÓN DEL EVENTO |
| <p>Vuelo 1549 U.S. Airways 15/01/2009</p> | <p>El vuelo 1549 de US Airways despegó del Aeropuerto en Nueva York con destino al Aeropuerto Internacional de Charlotte, en Charlotte (Carolina del Norte) a las 3:24 p.m. hora local con 150 pasajeros y cinco tripulantes. Dos minutos después del despegue y en plena maniobra de ascenso, a una altura de 850 m, el Airbus A320 sufrió el impacto frontal de una densa bandada de gansos canadienses ocasionando el daño de ambos motores y dejándolo sin propulsión. El comandante Chesley "Sully" Sullenberger y su copiloto Jeffrey Skiles mantuvieron profesionalmente la calma y evaluaron rápidamente la situación consultando los protocolos de emergencia. Ambos motores estaban apagados y al no poder arrancarlos nuevamente, los pilotos declararon la emergencia a la torre de control de La Guardia para intentar regresar a dicho aeropuerto o a una alternativo. 208 segundos tras el despegue el avión viró a la izquierda en dirección a dos probables aeropuertos alternativos (el más cercano era Teterboro), con la autorización de la torre de La Guardia, que había suspendido todos los despegues en la zona; sin embargo, el Airbus perdía altura rápidamente, superando por solo 270 m el puente George Washington, por lo cual el comandante tomó la decisión de amerizar en las heladas aguas (-6 C) del río Hudson, donde se encontraban muchos ferris y remolcadores, los cuales participaron en el rescate.</p> <p>La NTSB después de usar simuladores de vuelo para probar la posibilidad de que el vuelo pudiera haber regresado a salvo a La Guardia o desviado a Teterboro, calificó el incidente como "el amerizaje más exitoso de la historia de la aeronáutica". Además, el informe de la NTSB calificó estas simulaciones de poco realistas: "El viraje inmediato realizado por los pilotos durante las simulaciones no reflejó ni tuvo en cuenta las consideraciones del mundo real, como el retraso de tiempo necesario para reconocer el impacto de un pájaro y decidir un curso de acción". Una simulación adicional, en la que se tuvo en cuenta un retraso de 35 segundos para permitirlos, se estrelló. En el testimonio ante la NTSB, Sullenberger sostuvo que no había habido tiempo para llevar el avión a ningún aeropuerto y que intentarlo probablemente habría matado a los que estaban a bordo y más en tierra.</p> <p>La Junta finalmente dictaminó que Sullenberger había tomado la decisión correcta, razonando que la lista de verificación para fallos simultáneos de ambos motores está diseñada para mayores altitudes, a las que los pilotos tienen más tiempo para lidiar con la situación y que, si bien las simulaciones mostraron que el avión podría haber regresado a La Guardia, esas simulaciones asumieron una decisión instantánea tras el impacto de las aves, sin tener en cuenta el tiempo necesario para evaluar la situación.</p> <p>El informe final atribuyó el resultado a cuatro factores: buena toma de decisiones y trabajo en equipo por parte de la tripulación de la cabina (incluidas las decisiones de encender inmediatamente la APU y amerizar en el Hudson); que el A320 está certificado para operaciones prolongadas sobre el agua (y por lo tanto lleva chalecos salvavidas y toboganes-balsa adicionales) aunque no sea necesario para esa ruta; la eficacia de la tripulación de vuelo durante la evacuación y la proximidad de los barcos de rescate al lugar del amerizaje.</p> |

Tabla 3. Estudio de caso recomendado para Cultura de seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos
Fuente: Elaboración Propia AAAES

CAPÍTULO 3 INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA

Los sistemas de gestión de seguridad operacional obedecen a la necesidad de gestionar el riesgo en seguridad, basado incluso en las interrelaciones que se tejen entre sus componentes, siendo el elemento humano la figura central del engranaje. Por tanto, este capítulo realiza una revisión teórica de los modelos y teorías del error, del análisis de resonancia funcional y del modelo de Integración hombre sistema, para abordar estas interacciones y comprender adecuadamente el comportamiento y desempeño humano y los factores sociales y organizacionales inmersos en el contexto operacional aeronáutico con el fin de fomentar una cultura que promueva prácticas operativas seguras, aliente la efectiva notificación y comunicación de cuestiones relativas a la seguridad operacional, gestione activamente las amenazas y errores y adopte mejores prácticas, facilitando la consolidación de una cultura de seguridad operacional positiva y proactiva.

Este capítulo, se aborda el factor humano como una de las partes más importantes dentro del sistema aeronáutico, punto vital para el funcionamiento del mismo y para la construcción de las interacciones derivadas de su actuar, transformando su importancia con el devenir del tiempo desde una perspectiva individual a una global donde no solo el piloto u operador del equipo aeronáutico, es el actor principal sino que también lo es todo el personal relacionado directamente con la operación aérea, tales como controladores aéreos, tripulación, personal de mantenimiento e inspectores, entre otros.

En consecuencia, para entender la interacción hombre sistemas, se estudian los siguientes modelos y teorías del error, desde el concepto de factores humanos que propone la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 1998): “las personas en situaciones de vida y de trabajo, a su relación con las máquinas, con los procedimientos, con los ambientes que los rodean y sus relaciones con los demás” (p.9).

3.1. Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema

Inicialmente, el diseño de la cabina de vuelo, especialmente el diseño de los controles y las pantallas fue un factor importante para definir el rendimiento de la tripulación de vuelo, lo cual permitió introducir la disciplina de la ergonomía, como el estudio científico de la tripulación de vuelo y el entorno de vuelo con el objetivo de optimizar la relación entre ambos. Inherente a esta definición está la idea de que, en lugar de diseñar al ser humano para que se adapte a la máquina, el entorno del piloto, especialmente la cabina de vuelo debe diseñarse para adaptarse a las limitaciones y capacidades del operador humano. Este diseño centrado en el ser humano contribuye a reducir el error humano y a maximizar el rendimiento, la seguridad, la eficiencia y la comodidad humanos.

En este sentido, la relación humano-operador, que surgieron en la aviación durante la Segunda Guerra Mundial, aceleraron el crecimiento de los factores humanos, un campo multidisciplinario que busca optimizar la efectividad de los sistemas hombre-máquina a través de un diseño que se adapte a las limitaciones y capacidades del operador humano, reduciendo así el error humano y maximizando el rendimiento, la seguridad y la eficiencia humana.

Desde entonces, el campo ha ampliado su enfoque a áreas más allá del entorno de trabajo. Para nuestros propósitos, una definición suficiente y sucinta de los factores humanos para los pilotos es el estudio científico de la tripulación de vuelo y el entorno de vuelo con el objetivo de optimizar la relación entre ambos. La tripulación de vuelo incluye las limitaciones y capacidades físicas, fisiológicas, psicológicas y psicosociales de los pilotos que vuelan la aeronave.

Es así como, se entiende por Desempeño Humano, las capacidades y limitaciones humanas. Desde esta concepción, las personas son vistas como fuente de algunos riesgos y con la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos asociados con la actividad aérea, los actos inseguros. Mientras que el factor Humano, hace referencia a la aplicación de las capacidades, características y limitaciones del ser humano al diseño de los equipos que utilizan, los entornos en donde funcionan y los trabajos que realizan. (OACI, 2021).

Hoy en día, el concepto de desempeño humano representa la contribución al rendimiento del sistema y se refiere a cómo las personas realizan su trabajo. En todo el sistema de aviación, las personas son tanto la fuente de algunos de los riesgos como una parte integral de la identificación y gestión de todos los riesgos. Por tal motivo, la forma en que apoyamos al Desempeño Humano se basa en Factores Humanos (HF), ocupándose de la aplicación de lo que sabemos sobre los seres humanos, sus habilidades, características y limitaciones, al diseño de los equipos que utilizan, los entornos en los que funcionan y los trabajos que realizan. (OACI, 2021).

En consecuencia, las consideraciones del Desempeño Humano son clave para permitir operaciones seguras, ya sea que se centren en operaciones de vuelo, control de tráfico aéreo, mantenimiento u operaciones remotas (incluidos los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia y las torres remotas), permitiendo introducir el pensamiento sistémico y el diseño centrado en el ser humano bajo cinco principios de actuación humana que sintetizan la manera en que el desempeño del personal se ve influido por diferentes factores, una perspectiva multidimensional que permite configurar, mejorar y maximizar el rendimiento del sistema de aviación, así:

- (1) **Principio 1.** El desempeño de las personas está determinado por sus capacidades y limitaciones. Este principio hace referencia a que las personas tienen diversas capacidades físicas y mentales, como la fuerza, la flexibilidad, la memoria, la atención, el ingenio y la creatividad. La pregunta que intenta resolver este principio es ¿cómo lograrán los requisitos normativos y/o las actividades de supervisión la intención deseada?, ante ésta. dadas las capacidades y limitaciones, las personas aplican estas capacidades en su trabajo diario para mantener el sistema funcionando de manera segura, efectiva y eficiente.

Sin embargo, las mismas habilidades que hacen que las personas sean tan críticas para la seguridad, la resiliencia del sistema y el éxito operativo también pueden hacerlas susceptibles a errores y comportamientos no deseados. Sin embargo, a pesar de todas sus limitaciones, cuando están bien apoyadas, las personas son capaces de manejar situaciones novedosas, adaptando sus habilidades para manejar la operación de manera segura. Es este rasgo humano de adaptabilidad lo que permite que el sistema de aviación mundial funcione.

- (2) **Principio 2.** Las personas interpretan las situaciones de manera diferente y se desempeñan de manera que tengan sentido para ellas. La pregunta que intenta resolver este principio es ¿Cómo podrían las personas con diferentes niveles de experiencia y comprensión dar sentido a los requisitos normativos y aplicarlos de formas que no estaban previstas?, ante lo cual, la respuesta apunta a que la gente siempre está tratando de dar sentido al mundo que les rodea, buscan patrones y previsibilidad y toman decisiones conscientes y basadas en el conocimiento explícito de los hechos y procedimientos, así como en el conocimiento implícito informado a través de la experiencia, las percepciones y la intuición.

Este conocimiento implícito juega un papel particularmente importante en la forma en que las personas dan sentido a un entorno operativo donde no todo puede predecirse o controlarse, incluidas las acciones de otras personas. Este conocimiento implícito es especialmente poderoso cuando hay poco tiempo para tomar una decisión. Las personas no van a trabajar con la intención de cometer un error o de contribuir a un evento de seguridad. Aunque las personas a veces pueden hacer respuestas reflexivas que no pueden explicar, generalmente las personas se comportan intencionalmente. Se comportan y toman decisiones conscientes de manera que tienen sentido para ellos y que creen que lograrán un buen resultado. Analizan e interpretan la información que se les presenta, y actúan de acuerdo con su comprensión de la situación. En retrospectiva, a menudo es fácil ver cómo las decisiones y acciones condujeron a un resultado no deseado y cómo podría haberse evitado, pero en el momento en que se tomó la decisión o se tomó la acción, parecía apropiado. Por lo tanto, las acciones de las personas deben considerarse en su contexto y entenderse desde la perspectiva del individuo en el momento de la acción.

- (3) **Principio 3.** Las personas se adaptan para satisfacer las demandas de un entorno de trabajo complejo y dinámico. La pregunta que intenta resolver este principio es ¿Cómo lograrán los requisitos normativos y/o las actividades de supervisión la intención deseada, dado que las personas se adaptarán a las diferentes condiciones operativas?, ante lo cual, la respuesta apunta a que las personas son clave para el sistema de aviación, ya que crean resiliencia al ajustarse y adaptarse constantemente para superar retrasos, clima adverso y otras situaciones inesperadas.

Además, dentro del sistema de aviación, varias organizaciones a menudo trabajan para lograr el mismo resultado, aunque cada una tiene diferentes objetivos, presiones y culturas. Los individuos de una organización pueden depender en gran medida de las acciones de otra organización e influenciarse por ellas. Como resultado de esta adaptación continua, el trabajo realizado por las personas es a menudo diferente de cómo se esperaba que se realizara originalmente el trabajo. Las reglas, los procedimientos, las tareas y los equipos a menudo se diseñan y planifican en un entorno en el que se considera un conjunto limitado de variables. En el entorno operativo, el trabajo se realiza en condiciones en las que no todo se puede predecir o controlar.

Para ser eficaz en estas condiciones dinámicas, las personas deben ser capaces de hacer algo más que simplemente completar una serie de pasos de procedimiento previamente identificados. Si bien los procedimientos estándar respaldan operaciones seguras y eficientes, es posible que las personas deban ajustar su trabajo de una manera que tenga en cuenta los riesgos potenciales y gestione eventos imprevistos. Además, las personas deben tener y ser capaces de integrar el conocimiento y la habilidad adecuados con una comprensión precisa del entorno operativo y de cómo sus acciones pueden afectar a los demás. Para hacer frente a las demandas emergentes y cambiantes, las normas y los

procedimientos deben revisarse, validarse y actualizarse para satisfacer las demandas de un entorno de trabajo complejo y dinámico.

- (4) **Principio 4.** Las personas evalúan los riesgos y hacen concesiones, por tanto, cualquier actividad en la aviación debe equilibrar los objetivos de seguridad y otros objetivos de la organización, como la puntualidad, el ahorro de costes y la protección del medio ambiente. La pregunta que intenta resolver este principio es ¿Qué tipo de riesgos y compensaciones podrían enfrentar las personas al cumplir con los requisitos regulatorios o al responder a las actividades de supervisión?, ante lo cual la respuesta es que para los individuos, estos objetivos contradictorios a veces pueden traducirse en difíciles compensaciones operativas: eficiencia frente a minuciosidad, velocidad frente a precisión, coste frente a beneficio, beneficios a corto plazo frente a beneficios a largo plazo y objetivos personales frente a objetivos organizativos.

Conscientemente o no, las personas evalúan los riesgos que plantean estas compensaciones, las cuales están influenciadas por creencias, intereses y motivaciones personales, así como por factores sociales, organizacionales y culturales. Aunque cada persona es diferente y puede ser impredecible en algún sentido, cada una tiene una capacidad inherente para comprender los objetivos, evaluar los riesgos y hacer concesiones para proporcionar una solución aceptable en general en un entorno de trabajo de aviación complejo.

- (5) **Principio 5.** El desempeño de las personas se ve influenciado por el trabajo con otras personas, la tecnología y el ambiente, tanto positiva como negativamente. La pregunta que intenta resolver este principio es ¿Cómo afectará la influencia de otras personas, la tecnología o el entorno de trabajo a la capacidad de las personas para cumplir con los requisitos normativos? Y la respuesta está enfocada a que las personas aprendemos y nos comportamos dentro de las construcciones de la cultura en la que nos criamos y en la que vivimos, por el equipo y la tecnología que se les proporciona.

Incluso, cuando se les proporciona el equipo, los procedimientos, la orientación y la capacitación adecuados, el desempeño de las personas se ve influenciado por las interacciones con los demás y todo lo que los rodea, de maneras que pueden variar del resultado esperado. Cuando las personas trabajan juntas como un grupo, pueden hacer más colectivamente de lo que cualquier individuo puede hacer solo. De la misma manera que algunas capacidades físicas del grupo son mayores que las capacidades individuales de cualquier miembro del grupo.

Como resultado, aplicar sistemáticamente el conocimiento de los factores humanos (HF) y los principios de desempeño humano permite mejorar la seguridad de la aviación al desarrollar reglamentos y material de orientación, generar cambios en los procesos y procedimientos para reflejar mejor el entorno operativo y su influencia en el desempeño de las personas.

Es así como, las áreas de trabajo relacionadas con el Desempeño Humano son clave para permitir operaciones seguras, incluyendo temas como:

- (1) Recopilación y análisis de datos de seguridad.
- (2) Gestión del cambio e introducción de nuevos sistemas.

- (3) Manejo de la fatiga
- (4) Consideraciones de desempeño humano en sistemas automatizados
- (5) Gestión de riesgos de seguridad
- (6) Capacitación y licencias de personal



*Ilustración 9 Principios del Desempeño Humano publicado por AAAES en el Boletín de Seguridad BS-006-2022
Fuente: Elaboración propia AAAES*

De manera global, es importante precisar que los Factores Humanos aportan conocimientos, apoyándose en las disciplinas científicas como la psicología, la medicina aeroespacial, la medicina ocupacional, la sociología, la antropología, el diseño y la ingeniería, la informática y la estadística, para asegurarse que los sistemas, equipos, lugares de trabajo y procesos utilizados, están diseñados y utilizados para soportar adecuadamente el Desempeño Humano, con el fin de mejorar el rendimiento del sistema.

Por tanto, abordar el desempeño humano, desde una perspectiva sistémica del ambiente aeronáutico, permite comprender cómo las influencias en todo el sistema de los EAE pueden afectar el rendimiento durante las operaciones diarias y cómo las capacidades y limitaciones humanas influyen en la interpretación de las situaciones, la capacidad de adaptación a las demandas del entorno, la participación activa en la evaluación y mitigación de riesgos y las interacciones con otras personas, con la tecnología y el entorno, factores fundamentales para la gestión de la seguridad operacional del sistema.

Por lo anterior, a continuación, el presente Manual realiza un abordaje de los diferentes modelos y teorías asociados a la interacción Hombre- Sistema.

3.2. Modelo SHELL

Inicialmente, el modelo SHELL fue utilizado para entender la interacción múltiple que se da entre los diferentes componentes del sistema para alcanzar un nivel aceptable en la gestión de la seguridad operacional. Esta relación en el Modelo SHELL (OACI, 1998), diseñado inicialmente por Elwyn Edwards en 1972 con la sigla SHEL, y posteriormente modificado por

Frank Hawkings en 1975, ubican al ser humano como el centro de este modelo, y a su alrededor se ubican el *Software* (recursos no materiales relevantes para la operación tales como procedimientos, reglamentaciones, manuales, listas de chequeo, listas de verificación, simbología y programas computarizados), el *Hardware* (componente físico del ámbito del trabajo tales como máquinas o equipos, tipos de aeronaves, ergonomía, componentes mayores y menores), el *Environment* (condiciones internas y externas del entorno de trabajo o ambiente físico de la aeronave, ambiente operacional, condiciones de funcionamiento del equipo, condiciones meteorológicas, cultura operacional) y el *Liveware* (Ser Humano, relaciones de interacción en el lugar de trabajo, necesidades, motivaciones, condiciones físicas y psicológicas, pericia, competencias, habilidades cognitivas, motoras y sociales).

Como se muestra, cada bloque representa una interface, que, al encajar entre sí, van a dar cuenta de la fortaleza en pro de la seguridad; de lo contrario, al no encajar entre sus interrelaciones se da apertura a la presencia de los errores humanos y por ende habilita la ocurrencia de un evento, siendo la S el Software, la H el Hardware, la E el Environment o Medio Ambiente y la L Liveware o Elemento Humano.



*Ilustración 10. Modelo SHELL.
Fuente: OACI (1998, p.10)*

Lo valioso de este sistema, consiste en intentar hacer interrelaciones, según sea la interacción del ser humano con el resto de los elementos, así se pueden identificar la relación entre:

- (1) **L-S** Interacción entre la persona y los recursos no materiales, que entregan información relevante para la operación.
- (2) **L-E**: Interacción entre las personas y los aspectos internos y externos del entorno de trabajo, incluyendo la presión atmosférica, ruidos, vibraciones, temperatura, aspectos meteorológicos, psicosociales y culturales.
- (3) **L-H** Interacción entre la persona y estos atributos físicos de los equipos, máquinas e instalaciones.
- (4) **L-L** Interacción entre la persona con otras personas con las que se interrelacionan en el entorno de trabajo.

En consecuencia, el modelo SHELL se explica desde las interrelaciones posibles entre sus componentes, reconociendo la influencia del ser humano, con sus limitaciones y potencialidades, y la manera como éste se interrelaciona con el resto de los componentes en el desempeño de las tareas aeronáuticas ejecutadas. Así, estas interrelaciones permiten

identificar y administrar las posibles fallas que pudieran presentarse en las relaciones del hombre con el soporte lógico, las máquinas o equipos, el ambiente y el elemento humano.

De acuerdo con este modelo, se puede establecer que los factores que constituyen el CRM, tales como la conciencia situacional, la toma de decisiones, el liderazgo, trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la toma de decisiones, la gestión de tareas, la comunicación, la aplicación de conocimientos, son relevantes para una adecuada interacción hombre y máquina.

3.3. Modelo Reason

Adicionalmente, otro modelo de gestión de errores muy usado, fue el diseñado por James Reason en 1990, en el cual se explica la causalidad de los accidentes aéreos con el famoso “modelo del queso suizo”, colocando nuevamente el factor humano como eje central y destacando las defensas contra el error humano a nivel organizacional, permitiendo visualizar cómo los miembros de la tripulación pueden manejar amenazas y errores, basado en la premisa de que los accidentes ocurren como resultado de fallas concurrentes, cuando al penetrar un error no puede ser contrarrestado por otro recurso e incrementa la probabilidad de provocar un incidente o accidente a medida que traspasa los diversos recursos del sistema.

De igual manera, cuando las defensas funcionan, el resultado puede derivar incluso en un solo un incidente, como se muestra en la ilustración 11. Es así como, el primer nivel de defensa se realiza contra las fallas activas, resultado de un error o violación cuyo efecto adverso es inmediato, asociados con las tareas de los operadores evidenciados en actos inseguros; el segundo nivel, contra las fallas latentes, es decir, las condiciones previas para actos inseguros cuyo efecto es a largo plazo sólo son evidentes cuando se relacionan con otros factores o se presentan por encima de los límites de seguridad, como son la supervisión insegura y los factores organizacionales, los cuales pueden afectar la toma de decisiones y determinar la responsabilidad de la administración de los recursos de la tripulación y la seguridad de los equipos aeronáuticos; y el tercer nivel, contra fallas organizacionales y sus estrategias para mitigar las condiciones de riesgo durante la operación.

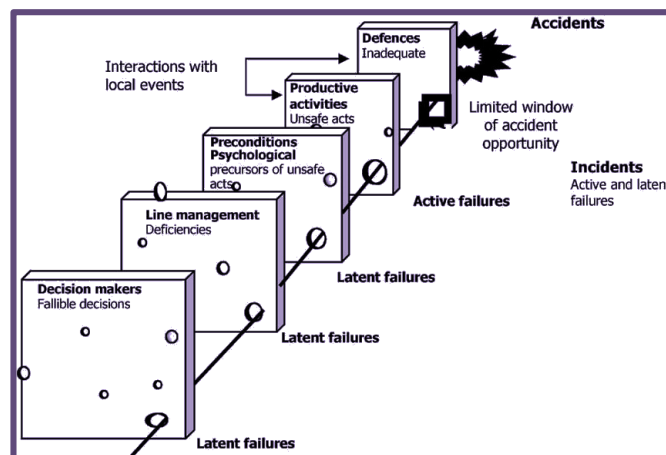


Ilustración 11. Modelo James Reason.
Fuente: OACI (1995, p.8)

En conclusión, en el modelo se evidencian, simulando un queso, las porciones que serían los recursos o las defensas para gestionar un vuelo seguro, sin embargo; dentro de éstas se forman agujeros, que representan la falta de controles de mitigación de riesgos, las deficiencias

y errores del sistema, los cuales contribuyen a la ocurrencia de un accidente. El modelo de Reason amplió el área de las investigaciones de accidentes más allá de los errores psicológicos y técnicos a las condiciones latentes que conducen a un accidente, abriendo así su naturaleza multifacética. Sin embargo, la naturaleza de los errores ha permanecido poco especificada, ya que el modelo no se centra en los errores en su contexto de actividad.

3.4. Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS

Derivado del “Modelo del queso suizo” surge el Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS (por sus siglas en inglés Human Factors And Classification System), sustentado sobre los cuatro niveles de fallas definidos por Reason, (influencias organizacionales, supervisión insegura, precondiciones para actos inseguros y actos inseguros), analizando las relaciones de causalidad de los accidentes aéreos y su nivel de afectación al funcionamiento del sistema (Wiegmann & Shappell, 2001) , como se puede observar en la Figura 12

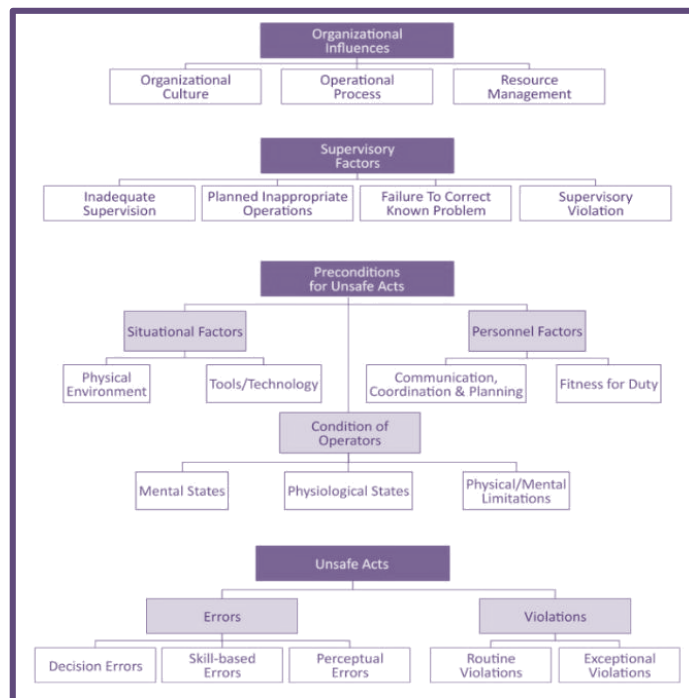


Ilustración 12. Modelo HFACS de Weigman & Shappell
Fuente: Weigman & Shappell (2003)

Bajo el modelo de HFACS, Weigman & Shappell exponen que, si se produce al menos una falla en cada nivel, provocará un evento adverso, lo que se interpreta como la ley causa y efecto. Así, si en cualquier momento antes de ocurrir el evento adverso, se corrige una de esas fallas, se evitará la presencia de un evento adverso o más, identificando sistemáticamente fallas activas y latentes dentro de una organización que culminaron en un accidente.

Este modelo, fue adaptado por el Departamento de defensa de los Estados Unidos, desarrollando lo que se conoce como DoD HFACS (Department of Defense Human Factors Analysis and Classification System), la cual realiza, una aproximación sistemática y multidimensional para analizar el error y prevenir los accidentes aéreos, clasificando los factores

causales de los accidentes en nano códigos, con el fin de identificar las fallas en todo el sistema que incidieron en un accidente. Sin embargo, el modelo HFACS también puede ser utilizado de manera proactiva, realizando un análisis de eventos históricos para identificar las futuras tendencias en el desempeño no sólo de las tripulaciones sino del sistema e implementar las intervenciones necesarias que contribuyan a disminuir los índices de accidentalidad en la Fuerza.

Hasta este momento, los modelos de factores humanos propician un campo de desarrollo multidisciplinario sobre el cual se apoya el CRM para comprender la dinámica los diferentes componentes que convergen en los programas de Gestión de Recursos de la Tripulación (CRM) como herramientas para gestionar el “error humano”, optimizando el rendimiento humano e impactando en la seguridad operacional.

Este modelo se basa en los mismos niveles presentados por Reason en el queso suizo, como son las influencias organizacionales, la supervisión insegura, las condiciones previas para actos inseguros y los actos inseguros, dentro de los cuales se desarrollaron categorías causales que identifican las fallas activas y latentes que ocurren, como se muestra en la Ilustración 12. Modelo HFACS de Weigman & Shappell.

3.5. Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM)

El Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM, por las siglas en inglés de Funtional Resonance Analysis Model) para la descripción de accidentes y el análisis del riesgo en este contexto de modelos complejos no lineales, las técnicas tradicionales de evaluación de riesgos e investigación de accidentes, como el árbol de fallos o el árbol de sucesos, que pueden ser adecuadas para accidentes que no requieren explicaciones muy elaboradas, dejan de ser útiles para otros accidentes o riesgos.

Este modelo, propuesto por Hollnagel (2018) considera que los sistemas son dinámicos, y que pueden pasar de ser estables a inestables, tanto de forma lenta como de golpe, siendo imposible en muchas ocasiones prediseñar, programar, o anticiparse a los ajustes que serán necesarios realizar.

El FRAM usa un modelo no lineal complejo sistémico, asumiendo que los accidentes son el resultado de combinaciones inesperadas (resonancia) de la variabilidad normal, acoplamientos entre funciones que resuenan, pero que tampoco son aleatorias, aunque no se pueda atribuir a una simple combinación lineal de causas enlazadas, por tanto, la seguridad se consigue monitorizando el sistema y amortiguando la variabilidad entre las funciones del sistema. Por supuesto requiere la habilidad de anticiparse a futuros eventos de forma continua.

Dentro del concepto del modelo FRAM, los límites del sistema son definidos a través de la descripción de las funciones y conlleva los siguientes pasos:

- (1) Definir el propósito del análisis, como evaluación de riesgos o investigación de un accidente, así como describir el objetivo y el escenario que va a ser analizado. El propósito del análisis puede ser la investigación de accidentes o la evaluación de riesgos, mientras que un análisis de accidentes se basa en datos directamente de los sucesos, suele ser difícil determinar lo que debería haber ocurrido en lugar de lo que ocurrió. En la evaluación de riesgos, los responsables de la toma de decisiones se ven obligados a tener en cuenta que los sistemas sociotécnicos suelen responder de forma diferente a los acontecimientos externos, y a

continuación, analizar el comportamiento del sistema con respecto a toda la variabilidad de la función.

- (2) Identificar las funciones esenciales del sistema permite analizar las actividades o conjunto de actividades que permiten el éxito del sistema estudiado, caracterizando cada función por sus 6 parámetros básicos que se representan en el modelo a través de un hexágono, con el nombre en el interior, de forma que se puede distinguir fácilmente de qué función se trata y qué tipo de vínculo mantiene con el resto de las funciones, como se muestra en la Ilustración 13. Parámetros básicos de cada función de un sistema. Las funciones identificadas son:

- (i) Entrada (I): lo que inicia la función o aquello que es procesado o transformado por la función.
- (ii) Salida (O): el resultado de la función, puede ser una entidad o un cambio de estado y sirve de entrada a las funciones
- (iii) Precondición (P): condiciones obligatorias que deben existir antes de realizar la función. Las precondiciones no tienen por qué limitarse a la ejecución de la función.
- (iv) Recurso (R): lo que la función necesita cuando se lleva a cabo o consume para producir la salida. Existen dos tipos de recursos, aquellos que se consumen mientras la función se lleva a cabo, y los que no se consumen pero es necesario que existan mientras la función está activa.
- (v) Control (C): Es el inmediato chequeo asociado con una función, supervisa o ajusta una función. Pueden ser planes, procedimientos, reglas, sistemas de control automático u otras funciones, lo que controla y supervisa la función, regulando su rendimiento para que se ajuste a la salida deseada.
- (vi) Tiempo (T): requisitos o restricciones temporales de la función, tanto en lo que respecta a la duración como al tiempo de ejecución.



Ilustración 13. Parámetros básicos de cada función de un sistema.
Fuente: Rubio & Bestatén (2018)

Nota.- Este modelo se basa en los mismos niveles presentados por Reason en el Queso Suizo, como son las influencias organizacionales, la supervisión insegura, las condiciones previas para actos inseguros y los actos inseguros, dentro de los cuales se desarrollaron categorías causales que identifican las fallas activas y latentes que ocurren.

- (3) Caracterizar el contexto de dependencia observado y la potencial variabilidad de las funciones del sistema. Debe considerarse la variabilidad normal y también el peor de los casos.
- (4) Identificar y describir la resonancia funcional de las dependencias observadas, entre las funciones y la variabilidad observada.
- (5) Identificar los mecanismos de control o barreras a la variabilidad (factores amortiguadores) y especificar la monitorización requerida del desempeño.

Finalmente, el modelo FRAM de Hollnagel es un marco teórico que permite analizar los sistemas complejos y cómo éstos responden a diferentes eventos y situaciones y considera que cualquier sistema complejo consta de múltiples elementos interconectados que interactúan entre sí para lograr un objetivo común, proporcionando una forma de describir los resultados, utilizando el concepto de la resonancia motivada por la variabilidad del rendimiento diario del sistema. En el contexto de la transferencia de control de aeronaves, estos elementos pueden incluir la comunicación entre controladores de tráfico aéreo, la coordinación entre diferentes sectores de control, el estado y la ubicación de la aeronave, la meteorología, entre otros, razón por la cual ha sido utilizado en el ámbito aeronáutico.

3.6. Integración Hombre Sistema (HSI)

Las capacidades, habilidades y necesidades humanas deben tenerse en cuenta al principio del proceso de diseño y desarrollo, y deben tenerse en cuenta continuamente a lo largo del ciclo de vida del desarrollo. Esta integración de las necesidades humanas dentro del diseño del sistema suele formalizarse a través de un programa de Integración Humano-Sistemas (HSI), convirtiéndose en un proceso sólido mediante el cual las capacidades y limitaciones humanas se integran de manera efectiva y asequible con el diseño y desarrollo del sistema.

En este sentido, el enfoque del HSI considera a todos los usuarios humanos de un sistema, incluidos los astronautas, el personal de diseño e ingeniería, el personal de prueba y verificación, los operadores y mantenedores, y se enfoca en maximizar el rendimiento total del “Humano + Sistema” mientras minimiza el costo general del ciclo de vida, así, cualquier organización cuya misión sea diseñar y desarrollar sistemas para humanos, evaluar sistemas para humanos y capacitar a humanos necesita un plan de integración y procesos bien desarrollados con el fin de hacer frente a los desafíos que surgen de la gestión de múltiples subsistemas.

Por tanto, al tener un programa HSI, una institución u organización puede reducir los costos del ciclo de vida y aumentar la eficiencia, usabilidad y calidad de sus productos porque las necesidades humanas se han considerado desde el principio. El ser humano como participante significa que el ser humano está proporcionando los datos, en cuyo caso se puede capturar el rendimiento humano.

En el año 2015, el coronel William P. Mueller manifestó que “la optimización de la capacidad humana en la aviación militar es un componente crítico y decisivo para la mejora del resto de la doctrina aérea”, en su ponencia relacionada con el entrenamiento aeromédico para las tripulaciones aéreas como método eficiente para mejorar la seguridad de vuelo, en el Seminario Internacional de la Cátedra Kindelán, , como representante de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF), destacando la importancia que tiene la medicina aeroespacial en el avance de

la doctrina de la aviación militar para la optimización de la capacidad humana en la ejecución de las misiones.

HSI es el proceso empleado por la USAF para mejorar la capacidad de nuestros sistemas de armas, mediante la evaluación del componente humano a través del ciclo de vida de estos. HSI está incluida en los primeros pasos del planeamiento de futuros programas, es una parte importante de nuestro proceso de generación de requerimientos, y se lleva a cabo en las fases de adquisición y sostenimiento. A continuación, describiré en qué consiste, pondré ejemplos del porqué de su importancia en la aviación militar, y expondré cómo lo desarrolla la USAF.

Los principales objetivos generales de las actividades de HSI incluyen, pero no se limitan a:

- (a) Definir los requisitos de HSI en las primeras etapas de la adquisición del sistema.
- (b) Optimizar el Manning para cumplir con los objetivos definidos.
- (c) Identificar los roles de los humanos en las operaciones y el mantenimiento del sistema.
- (d) Mejorar la formación y la gestión del personal.
- (e) Identificar las lecciones aprendidas sobre el desempeño humano en los sistemas de comparación de referencia.
- (f) Aplicar procesos de simulación y creación de prototipos en las primeras etapas del desarrollo.
- (g) Aplicar el diseño centrado en el ser humano.
- (h) Verificar y optimización de la usabilidad.
- (i) Mejorar la conciencia situacional y la toma de decisiones.
- (j) Reducir la incidencia y el impacto de los errores humanos.
- (k) Mejorar la habitabilidad del espacio y la calidad de vida.
- (l) Mejorar la mantenibilidad de los equipos.
- (m) Reducir accidentes y percances.
- (n) Aplicar pruebas y evaluaciones centradas en el ser humano.
- (o) Evaluar el trabajo por tareas, el trabajo en equipo y la eficacia organizativa

En consecuencia, el modelo HSI es una disciplina técnica que evalúa y optimiza la integración humana a través del ciclo de vida de un sistema de armas, identificándose dentro de sus objetivos:

- (a) Optimizar la capacidad total del sistema.

- (b) Reducir el coste total del sistema de armas.
- (c) Asegurar que los sistemas están diseñados, operados y mantenidos desde un punto de vista centrado en el componente humano.

Para cumplir estos objetivos, HSI emplea 9 “dominios” centrados en el componente humano para evaluar su interacción en el desarrollo y la adquisición de nuestros sistemas de armas, que a continuación se exponen:

- (a) **Mano de obra.** Este dominio hace referencia a los recursos humanos necesarios para operar o mantener un sistema, determinando el número mínimo necesario para un cumplimiento eficaz de las operaciones. Los requisitos de mano de obra se basan en análisis de tareas realizados durante el proceso de asignación funcional y consideran todos los factores relevantes, incluida la fatiga; sobrecarga cognitiva, física, sensorial; condiciones ambientales (p. ej., calor/frío) y visibilidad reducida. Dado que la mano de obra suele ser un determinante importante del costo durante el ciclo de vida del sistema, los diseños de ingeniería deben optimizar el uso eficiente y económico de la mano de obra y mantener los costos de recursos humanos en un nivel manejable. La mano de obra debe considerarse junto con las capacidades del personal, la formación.
- (b) **Personal.** Este dominio comprende la identificación del tipo de recursos humanos, conocimientos, habilidades, capacidades, características físicas, experiencia y aptitudes humanas requeridas para operar, mantener y respaldar un sistema y también para liderar, dirigir y supervisar estas funciones.
- (c) **Formación.** Este dominio se trata de que el personal adquiera las capacidades necesarias para el puesto de trabajo, haciendo énfasis en el diseño de la capacitación con recursos simplificados que se requieren para proporcionar al personal el conocimiento y las habilidades necesarias para operar, mantener y respaldar adecuadamente el sistema. Adicional, este dominio integra conceptos y estrategias de capacitación, junto con elementos de apoyo logístico para satisfacer los niveles de desempeño del personal necesarios para operar, mantener y respaldar los sistemas.
- (d) **Medio ambiente.** Este dominio permite reducir el impacto del medio ambiente en el sistema o del sistema en el medio ambiente (agua, tierra, aire, meteorología). El entorno es el contexto externo dentro del cual funcionará el sistema que se está diseñando y desarrollando.
- (e) **Seguridad.** Este dominio permite disminuir el riesgo de accidentes, garantizando la ejecución de las actividades de la misión con un riesgo mínimo para el personal, incluido el personal de tierra y la realización de análisis de peligros asociados con el desarrollo, diseño, construcción, operación y eliminación del sistema, y mediante el establecimiento de procesos y procedimientos basados en pautas establecidas para mitigar los peligros identificados.
- (f) **Salud en el trabajo.** Este dominio permite minimizar el riesgo de enfermedades crónicas o riesgos para la salud e identificar los riesgos potenciales para las personas responsables de operar el sistema.
- (g) **Habitabilidad.** Este dominio se centra en la moral, seguridad, salud y desempeño de la población usuaria para mejorar las condiciones de trabajo y ambientales y asegurar un

rendimiento óptimo, contribuyendo directamente a la eficacia del personal y al cumplimiento de la misión. Algunos ejemplos son la iluminación, el espacio, la ventilación y el saneamiento; control de ruido y temperatura (es decir, calefacción y aire acondicionado); disponibilidad de servicios religiosos, médicos y alimentarios; y atraque, baño e higiene personal.

- (h) **Supervivencia.** Este dominio se enfoca en la protección del personal que opera el sistema en condiciones normales o de emergencia.
- (i) **Ingeniería de factores humanos.** Este dominio se centra en las capacidades y limitaciones humanas a medida que se ven afectadas por el diseño del sistema, análisis de tareas, análisis de carga de trabajo humano/usabilidad/situación, antropometría, biomecánica, diseño de viviendas, evaluación de pruebas humanas en el circuito, análisis de errores humanos y análisis de ingeniería de factores humanos. diseño de las interacciones hombre-máquina, adaptando el sistema al ser humano. El equipo de ingeniería de factores humanos trabaja para integrar las características humanas de la población de usuarios en los procesos de definición, diseño, desarrollo y evaluación del sistema para optimizar el rendimiento humano-máquina, maximizar la usabilidad y el mantenimiento general del sistema.

El modelo HSI sirve para focalizar la visión centrada en el elemento humano a través de la que miran los profesionales del HSI, para comprender completamente el papel del ser humano en el cumplimiento efectivo de la misión. Una buena HSI es una combinación entre la optimización de la capacidad humana y la eficacia de la máquina que permita un aumento del rendimiento humano y una mejora en la seguridad de vuelo.

Un ejemplo de adquisición militar que ha incorporado con éxito el concepto HSI en su programa es el avión de reabastecimiento KC-46. Cabina: la del KC-46 incorpora los más modernos avances en ingeniería de factores humanos en sus pantallas y controles. Estos adelantos incluyen la ergonomía de la cabina, así como consideraciones acerca del entrenamiento de los pilotos. Mediante la optimización de los dominios HSI de formación, habitabilidad, personal e ingeniería de factores humanos, la cabina del KC-46 mejora el rendimiento de sus tripulaciones y de todo el sistema.

Igualmente, mediante el uso de gafas para visión en tres dimensiones de las pantallas, el operador puede reabastecer aviones de noche y en condiciones de escasa visibilidad con un mayor grado de seguridad y eficacia. Esta tecnología también reduce las necesidades de formación y proporciona una capacidad mejorada para la instrucción. Con la optimización de los dominios HSI de formación, habitabilidad, personal, seguridad e ingeniería de factores humanos, la estación de reabastecimiento del KC-46 mejora el rendimiento de sus tripulaciones y de todo el sistema.

Combinadas con las cámaras de visión tridimensional todo-tiempo, estas capacidades permiten contactos más rápidos, menos tiempo en el reabastecimiento y un mayor margen de seguridad en la recepción de combustible. Ofreciendo estas capacidades, los dominios HSI de formación, seguridad y medio ambiente han contribuido en la mejora de la capacidad global del sistema de reabastecimiento.

Por tanto, la aviación militar moderna debe optimizar la integración de los operadores humanos, usuarios y personal de mantenimiento con los sistemas de armas que proporcionan capacidad de combate para la defensa de nuestros países. Si esto se hace tarde, de forma

insuficiente, o no se hace, pagaremos más por la adquisición y el sostenimiento de estos sistemas, perderemos importantes capacidades de combate y sacrificaremos la seguridad de vuelo.

Finalmente, un programa eficaz basado en la Integración Humana en los Sistemas mejorará la capacidad global del sistema mediante la evaluación de los 9 dominios centrados en el factor humano, optimizando la integración entre ellos y el rendimiento de todo el sistema, e incorporando su resultado en el proceso de definición de necesidades, adquisición y sostenimiento.

3.7. Gestión Completa de Recursos - CRM

La instrucción CRM es apenas una aplicación práctica de los factores humanos. Aunque la CRM puede enfocarse desde muchas diferentes maneras, hay algunas características que son esenciales. La instrucción debe concentrarse en el funcionamiento de la tripulación de vuelo como un grupo integro, y no simplemente como una reunión de personas técnicamente competentes; y debería proporcionar a los miembros de la tripulación la oportunidad para practicar sus aptitudes en conjunto en las funciones que normalmente desempeñan en vuelo.

Inicialmente, el CRM se basa en el conocimiento y las habilidades de los factores humanos aplicados a las operaciones, y tiene como objetivo utilizar de manera eficiente todos los recursos disponibles, incluyendo equipos, sistemas y personas. Para ello, combina las habilidades individuales y el conocimiento de los factores humanos, como la comunicación, la conciencia situacional, la resolución de problemas, la toma de decisiones y el trabajo en equipo, con una coordinación eficaz de la tripulación (Flórez, 2020).

Al respecto, Kanki, Helmreich, & Anca (2010) refieren que el CRM “engloba un conjunto de comportamientos y estrategias que permite optimizar la interfaz persona-máquina para adquirir información oportuna y apropiada, necesaria para la práctica de las habilidades no técnicas en cabina” (p.5). Entre estas habilidades se citan el liderazgo, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la resolución de problemas y la conciencia situacional, claves en un proceso de formación del CRM que implica no solo proporcionar las herramientas necesarias para conocer estos concepto a nivel operativo, sino encontrar la manera de aplicarlos y desarrollarlos como parte del entrenamiento del personal, dentro del marco de la evolución del CRM, de todo el personal relacionado con las actividades de vuelo: tripulaciones de cabina, despachadores, personal de mantenimiento, entre otros.

Es así como, se considera que el concepto de CRM es en realidad un programa global de formación y entrenamiento en habilidades y capacidades de gestión, basado en evidencias, y diseñado para mejorar la comunicación, la toma de decisiones y la adaptación entre miembros de un equipo en situaciones críticas (Muñoz-Marrón D. , 2018).

Desafortunadamente, la deficiencia de las habilidades técnicas soportan la historia del CRM y sus factores contribuyentes en eventos de seguridad en la aviación, tal es el caso que posterior a los resultados de la investigación del accidente del avión de tipo Lockheed L-1011, el 29 de diciembre de 1972, que impactó contra el terreno en cercanías del Aeropuerto Internacional de Miami; la Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (National Transportation Safety Board - NTSB por sus siglas en inglés) se pudo establecer que la tripulación monitoreó de manera inadecuada los instrumentos de vuelo y el sistema de piloto automático, lo que conllevó a no detectar un descenso anormal de la aeronave cuatro minutos antes del accidente, sumado a un

mal funcionamiento en el sistema de indicación del tren de aterrizaje de nariz, ocasionando la pérdida de 101 vidas, además de la destrucción de la aeronave.

Para ese entonces, fue el primer accidente que comprometía tantas vidas humanas y en el cual estaba inmerso un avión de fuselaje ancho (Kanki, Helmreich, & Anca, 2010), accidente que vislumbró al CRM como factor contribuyente y su imperiosa necesidad de entrenar a las tripulaciones en habilidades para la administración de los recursos de cabina con el fin de evitar la pérdida de la conciencia situacional, fallas de comunicación, sobrecarga de cargas de trabajo, entre otras, que sumados al adecuado descanso blindan al personal frente a situaciones catastróficas.

Accidentes como éste, justificaron que en el año de 1979, la NASA organizara un taller para la gestión de los recursos en la cabina de vuelo como resultado de estudios de investigaciones de accidentes aéreos ocurridos durante los años 70's, los cuales concluyeron que los factores humanos eran la primaria causa de los accidentes aéreos, especialmente por fallas en habilidades cognitivas y sociales. Estos talleres continuaron desarrollándose, resaltando la importancia del entrenamiento en actitudes y comportamientos en la aplicación del CRM, con el fin de reducir la tasa de accidentes

Inicialmente, las fallas de comunicación, coordinación de la tripulación, la toma de decisiones y el liderazgo fueron objeto de análisis en las interacciones hombre – máquina para convertirse en objeto de formación y de evaluación de habilidades no-técnicas en la forma de capacitación en gestión de recursos de cabina.

En este punto, se puede inferir que los orígenes del CRM pueden encontrarse en los hallazgos de las investigaciones de los accidentes aéreos realizados a la fecha, que generaron la necesidad de entrenar a las tripulaciones para evitar futuras pérdidas a causa del factor humano, y casi exclusivamente establecieron en un salón de clases técnicas de instrucción, que se extendieron por horas en las agendas académicas de formación, limitada a conferencias, estudios de casos, vídeos de reconstrucciones de accidentes y ejercicios role-play para desarrollar los conocimientos de CRM.

Como resultado, el entrenamiento CRM, inicialmente asociado a Cockpit Resource Management, surgió luego de identificar que las habilidades técnicas requeridas por el personal para pilotear una aeronave eran insuficientes para garantizar la seguridad, de manera que fue necesario integrar todos los recursos disponibles en la cabina en un solo entrenamiento que incorporara al hombre en sus interrelaciones no solo con la máquina sino con su entorno y con otros miembros de la tripulación.

Posteriormente, en la década de 1990, un proyecto impulsado por el Profesor Helmreich como resultado de una misión conjunta de la NASA con la Universidad de Texas, evaluaron los efectos tangibles de la gestión de recursos de tripulación, revelando que la participación en la formación en CRM formal estuvo asociado con un mayor porcentaje de las tripulaciones valoradas positivamente por los observadores expertos en simulación de misión completa, sin embargo, con el tiempo este tipo de herramientas fueron perdiendo fuerza debido a que los juegos de roles tenían poca semejanza con su desempeño en cabina.

Dentro de este contexto, con Helmreich surge la importancia de la capacitación en CRM basada en escenarios, un nuevo enfoque sobre la necesidad de programas de CRM para centrarse en el desarrollo de habilidades y el ensayo en el valor real de las operaciones de aeronaves y se da paso al nombre Crew Resource Management, extendiéndose más allá del

personal de pilotos e involucrando al personal de controladores de tránsito aéreo y de mantenimiento.

Acorde con esta evolución generacional, se ha desarrollado una transformación en la manera de percibir el CRM desde la concepción individual a la grupal desde lo teórico a lo experiencial, en la cual la instrucción se lleva a cabo por medio de ejercicios prácticos, en un entorno operativo real, incluyendo metodologías como sesiones de grupos, discusiones grupales y la evaluación de accidentes para analizar los errores presentados, desencadenantes del evento de seguridad, la cual en línea con Kanky et al 2010, se distinguen seis grandes etapas en el desarrollo de los programas de formación en CRM.

La primera Generación definió al CRM por sus siglas Cockpit Resource Management, utilizando los aportes de la NASA que derivaron en seminarios de entrenamiento, bajo la cual la empresa United Airlines en el año 1981 ajustó su programa a la teoría de la “Rejilla Gerencial” (Managerial Grid), desarrollada desde 1964, en la cual Blake y Mouton, realizaban diagnósticos de gestión en cada uno de los participantes durante el desarrollo del seminario, basados en cinco tipos diferentes de liderazgo enfocado en la preocupación por las personas y la producción (Muñoz-Marrón D. , 2018).

A partir de estos resultados, las aerolíneas desarrollaron programas que enfatizaban en cambios en el estilo individual y corregían deficiencias en los comportamientos sin identificar la relación que guardaban estos estilos con la ocurrencia de accidentes, razón por la cual el entrenamiento en aulas se conservó (Muñoz-Marrón, 2018).

Luego, la segunda Generación de CRM transformó su inicial “C” de Cockpit (Cabina de vuelo o pilotaje) a Crew Resource Management ampliando el ámbito de desempeño de lo individual a lo grupal para dar énfasis a la tripulación, enfocándose a la dinámica de trabajo en cabina con conceptos más aeronáuticos como son conciencia situacional, comunicación, liderazgo, toma de decisiones y gestión del estrés, por tanto, el entrenamiento comenzó a gestarse desde las interrelaciones de los miembros de cabina en función con el cumplimiento de tareas y roles (Helmreich, Merritt, & Wilhelm, 1999).

A continuación, la tercera 3ª Generación readaptó su inicial “C” a Corporate or Complete Resource Management, interesándose por los sistemas en el que las tripulaciones deberían funcionar y en la cual la cultura organizacional se constituía en un factor decisivo para enfocar el entrenamiento, implementando programas de “Instrucción en simulador de vuelo orientado a la línea de Vuelo” (LOFT) dirigido a la aviación civil comercial, y el programa de “Entrenamiento en simulador de vuelo orientado a la Misión” (MOST) y se enfoca en todas las personas involucradas en la operación aérea. Así, los programas de CRM, se convirtieron en el elemento principal de los programas de entrenamiento periódico que combinaba “la formación teórica con sesiones prácticas en simulador de vuelo, denominadas L.O.F.T. (Line Oriented Flight Training) (Helmreich et al., 1999).

Posteriormente, la cuarta 4ª generación, bajo el mismo concepto de la 3ª “Corporate Resource Management”, integró el entrenamiento CRM a un Programa de Calificación Avanzada (Advanced Qualification Program – AQP por sus siglas en inglés) adaptado a las necesidades de la organización para el desarrollo de las Habilidades Técnicas bajo filosofía LOFT y con un modelo de evaluación formal de las tripulaciones en simulación de misión completa denominado Evaluación Operativa de Línea o LOE (Line Operational Evaluation), con el objetivo de observar los conceptos básicos de CRM, en situaciones no estándar, haciendo

énfasis en el error como una parte integral de todo el entrenamiento de vuelo (Helmreich et al., 1999).

Después, la quinta 5ª generación incorpora al CRM el Modelo TEM (Treat Error Management) y LOSA (Line Operations Safety Audit) desde la premisa que “el error humano es omnipresente e inevitable, y una valiosa fuente de información” (Helmreich, et. 1999, p. 40) y el CRM resulta ser la contramedida del error con tres líneas de defensa para evitar, atrapar y mitigar las consecuencias de esos errores desde el concepto de la aceptación del enfoque de gestión de errores, motivando a las tripulaciones a notificar los incidentes para tratar los problemas de seguridad de manera proactiva, convirtiendo al error en el enfoque principal de la capacitación en CRM.

Finalmente, la 6ª generación, aún bajo el concepto de Complete Resource Management, permite ampliar en ámbito de acción de la cabina al ambiente aeronáutico en general, involucrando los equipos humanos que apoyan la operación en la utilización efectiva de todos los recursos por parte del equipo de trabajo, actitudes, habilidades, conocimientos y procedimientos, así como las contribuciones de otras personas (Muñoz-Marrón D. , 2018).

Hasta aquí, se podría decir como citan Leimann, Sarger, Alonso, Insua , & Mirabal (1988) que el CRM “es un sistema complejo, que se basa en la aplicación de los conceptos modernos de gestión de Recursos Humanos en el adiestramiento, que mejora el rendimiento tanto en las cabinas de pilotaje como en el resto de las actividades operativas asociadas (p.10)”, necesario para optimizar el empleo de los recursos disponibles aplicados a las interfaces hombre/máquina, hombre/hombre, y la integración del factor humano operativo y de mantenimiento dentro de un sistema.

A la par, de la evolución del CRM, también se ha evolucionado en el tema de los factores humanos, desde una concepción de procesos de entrada y salida hasta modelos neuropsicológicos más complejos que develan la interacción cognitiva con dispositivos de ayuda durante el vuelo y que permiten evaluar el desempeño en cabina con la intervención de la variable automatización que conllevan a optimizar el rendimiento y reducir el error humano.

Por tanto, entrenar en habilidades de CRM ha sido una premisa en los procesos de formación del personal involucrado en las actividades de vuelo, durante este proceso de entrenamiento, es importante integrar procesos como observar, registrar, interpretar, brindar información de conocimientos y retroalimentar el rendimiento de forma continua, procesos asociados a conceptos cognitivos del ser humano.

En consecuencia, evaluar las habilidades no técnicas asociadas con la conducta esperada para el desarrollo de competencias, es un entrenamiento compatible con el desarrollo de la filosofía LOFT, a través de la cual se coloca en práctica casos y principios comunes del CRM, en tiempo real, para lo cual se observa de acuerdo con los parámetros establecidos, las conductas y el desempeño esperado y luego se realiza una retroalimentación tanto a nivel individual como en grupo.

Adicionalmente, el entrenamiento de vuelo orientado a la línea (LOFT) según Kanki, et.al. (2010), Se refiere “al uso de un simulador de entrenamiento y un guion o escenario altamente estructurado para simular el entorno operativo total de la línea con el propósito de entrenar a las tripulaciones de vuelo” (p.240), lo que conlleva como resultado de esta herramienta, una tripulación bien entrenada, capaz de garantizar una misión segura, concentrada en la tarea asignada y entrenada en condiciones normales y críticas.

Así mismo, estos autores plantean que para crear un escenario LOFT es necesario conocer la operación típica a la que las tripulaciones se ven enfrentadas en los vuelos cotidianos para determinar cuáles son los factores humanos y del CRM que más han causado eventos de seguridad con el fin de entrenar la habilidad que minimice los efectos de la amenaza y el error en un simulador de vuelo. En este sentido, la evaluación primaria de la competencia aborda la capacidad del piloto para demostrar las habilidades de CRM necesarias para cumplir con los requisitos de la operación de vuelo en un entorno de escenarios simulados de misión completa.

Si esto es así, el entrenamiento LOFT brinda una oportunidad para proporcionar el entrenamiento de habilidades de CRM, desarrollar la proeficiencia, incrementando los estándares de operación segura, generando una cultura de seguridad operacional basada en prácticas basadas en CRM para fortalecer los factores humanos, de la tripulación, mitigar los efectos de los errores y las amenazas, y a futuro, evaluar, certificar o recertificar al personal entrenado en habilidades para el vuelo en la medida que cumple con los estándares de desempeño y calificación requeridos para el cumplimiento seguro de la misión operacional.

Otra forma de abordar el entrenamiento de CRM, es a través del Entrenamiento Basado en Datos Comprobados, como propuso la OACI en el Documento 9995, definiendo y abordando ocho (08) competencias básicas, para los procesos de instrucción basados en escenarios y como método para evaluarlas y desarrollarlas, permitiendo a los pilotos sortear situaciones de vuelo imprevistas. Estas ocho competencias, se pueden convertir en siete (07), dependiendo de la gestión de la trayectoria del vuelo que puede adoptar la aeronave, bien sea manual o automática (Organización de Aviación Civil Internacional – OACI, 2013).

Desde esta metodología de aplicación de los conceptos de CRM, se interviene en el “planeamiento inicial y el briefing para la preparación de la misión” (Douglas, , 2009), en el cumplimiento de la misión durante el desarrollo del vuelo y, finalmente, en el debriefing o evaluación del vuelo, fases durante las cuales se evidencian las conductas asociadas a la aplicación de los recursos de la tripulación.

En definitiva, la implementación de un laboratorio de entrenamiento en CRM, consolida un programa de entrenamiento, el cual termina siendo la aplicación de los factores humanos en la aviación, como lo menciona Lauber (1984) “utilizando toda la información de recursos disponibles, equipo y personal para lograr operaciones de vuelo seguras y eficientes”(citado en Kanki, 2020, p.20), destinados a aumentar la eficacia de la coordinación de la tripulación y la gestión de sus recursos no sólo a la tripulación en cabina sino a personal fuera de ella como lo son personal de mantenimiento, controladores aéreos, entre otros.

Hasta este punto, la capacitación en CRM implica procesos de instrucción en el cual se dan a conocer los conocimientos básicos de conceptos de factores humanos asociados a la actividad aeronáutica y se proporcionan herramientas prácticas para su ejecución a nivel operacional, sin embargo; el CRM se basa en la cultura del mejoramiento constante y en el desarrollo personal y organizacional a través del aprendizaje continuo.

Por tanto, para mitigar los inconvenientes que surgen de las conductas humanas, tanto individuales como grupales, se aborda el concepto de Gestión Completa de Recursos (Complete Resource Management - CRM), que está orientado al gerenciamiento o el manejo integral de los recursos humanos en organizaciones complejas. Cuando decimos «factores humanos», nos referimos concretamente a las personas en sus situaciones de vida y de trabajo, a la relación con los demás, con las máquinas que operan, con los procedimientos y con los ambientes en los que están inmersos. Su objetivo es llevar a un óptimo nivel la relación de las

personas con sus actividades. Se busca lograr la eficiencia del sistema junto con el bienestar de los individuos que intervienen en él. Ello incluye la comunicación, teniendo en cuenta el comportamiento de ellos y del grupo en general, la interacción dada entre las personas, los grupos y la Organización a la que pertenecen.

De igual manera, el CRM es un sistema completo para mejorar el rendimiento de la totalidad de la tripulación, que puede ampliarse para cubrir todas las formas de instrucción de tripulaciones aeronáuticas y se concentra en las actitudes y el comportamiento de los miembros de la tripulación, así como en sus repercusiones en materia de seguridad, ofreciendo una oportunidad a las personas para examinar su comportamiento y adoptar decisiones individuales para mejorar el trabajo de equipo en la cabina de pilotaje.

Es así como, en el Manual de instrucción sobre factores humanos (OACI, 1998), refiere que la instrucción en CRM debería incluir por lo menos tres distintas fases:

- (a) **Una fase de conocimiento consciente** en la que se definan y discutan los asuntos CRM/SRM. El conocimiento consciente constituye la primera fase esencial y abarca generalmente presentaciones concentradas en el papel que juegan los factores interpersonales y de grupo en el mantenimiento de la coordinación de la tripulación. Es importante dado que suministra una terminología común y un mecanismo conceptual para que los miembros de la tripulación comiencen a pensar en sus problemas de coordinación y cómo han contribuido a los accidentes e incidentes dichos factores en el pasado. Una manera útil para iniciar esta fase podría ser la de introducir las aptitudes CRM en cuanto se refieren a comunicación, conciencia de la situación, solución de problemas, etc.

Otras técnicas útiles pueden incluir instrucción por computadora, labor preparatoria para instrucción en sala de clases, estudios detallados de casos de accidentes e incidentes en busca de cuestiones relativas al comportamiento de la tripulación, y ejemplos en cinta-vídeo de buen y mal comportamiento de grupo en el puesto de pilotaje. La exposición del personal de línea y de instrucción a la fase de conocimiento consciente es una parte crítica de la instrucción CRM y dicha exposición resulta también beneficiosa para exaltar la conciencia a este respecto en una organización.

El conocimiento consciente fomenta la credibilidad y ayuda en el cambio de actitudes, sin embargo; es importante reconocer que este constituye apenas un primer paso. Algunos programas se atienen casi exclusivamente a este aspecto de la instrucción, pero la instrucción en sala de clases solo probablemente no alterará en forma significativa las actitudes de los miembros de la tripulación y su comportamiento a largo plazo.

- (b) **Una fase de práctica y retroanálisis** en la que los estudiantes adquieran experiencia con las técnicas CRM. Algunos programas utilizan técnicas psicodramáticas a fin de fomentar la práctica en las aptitudes de grupo, así como cuestionarlos sobre personalidad y evaluación de actitudes como medios para proporcionar a las personas un retroanálisis sobre sus propios estilos interpersonales, algunos de los aspectos de los cuales probablemente ellos no hayan evaluado previamente. La personalidad y el discernimiento de actitudes permite a las personas reconocer algunos de sus puntos fuertes y sus debilidades. La actuación de funciones o los ejercicios de grupo pueden proporcionar práctica valiosa en la esfera de toma de decisiones de la tripulación y otras actitudes discutidas en la fase sobre conocimiento consciente del programa CRM. La revisión de ejemplos en cinta-video sobre buen y mal comportamientos en conjunto tanto en bajo como en alto volumen de trabajo en regímenes de vuelo constituye otra buena técnica de práctica.

- (c) **Una fase de refuerzo continuo** en que se traten los principios CRM a largo plazo, en la cual la instrucción CRM debe instituirse por lo tanto como parte regular del requisito de instrucción periódica, y debería incluir un plan de repaso y ejercicios de práctica y retroanálisis tales como LOFT, o un sustituto adecuado, empleando retroanálisis en video. Es especialmente importante que algunos de estos ejercicios CRM periódicos se lleven a cabo con una tripulación completa, ocupando los miembros de la tripulación sus puestos acostumbrados. Por ejemplo, los ejercicios periódicos de instrucción LOFT concebidos para la CRM deben efectuarse solamente con tripulaciones completas, en razón a que la instrucción será más eficaz.

Por otro lado, durante la UPTR, los pilotos deben concentrarse en la estabilización del avión como equipo, con funciones claramente definidas entre el Piloto Volando (PF) y el Piloto Monitoreando o piloto que no está al mando (PM), para lo cual la instrucción debe comprender el desarrollo y la aplicación de estándares de comunicación apropiadas entre los pilotos para lograr una comprensión compartida del estado actual del avión, identificación de formas para comunicar desviaciones y orientar la recuperación en las funciones de PF y PM; y la descripción de las técnicas de evaluación, específicas del tipo de avión, para la evaluación de su estado durante pérdidas de control en evolución y establecidas.

Finalmente, la importancia del CRM y la utilidad en el entrenamiento radica en promover operaciones aéreas más seguras y eficientes, asociado a las funciones cognitivas explicadas en el Cuarto Capítulo, siendo una herramienta de gestión altamente efectiva para prevenir errores.

3.7.1. Competencias CRM

La instrucción basada en evidencias o datos comprobados establece una metodología de instrucción, entrenamiento y evaluación desde la observación directa sobre la tripulación y los datos relevantes del vuelo asignado, de manera que se evidencien las conductas esperadas en ocho (08) competencias de CRM relacionadas con la gestión de recursos de la tripulación, dentro de las cuales se toma a la Gestión de trayectoria del vuelo con un enfoque de tipo manual o automático, razón por la cual aparecen a continuación siete definiciones establecidas por la OACI (OACI , 2013, p. II-Ap 1-1), así:

- (a) **Aplicación de los procedimientos.** Es la capacidad e identificar una situación y poder aplicar los procedimientos que más convengan según la situación, de acuerdo con los procedimientos operativos estándar (Standard Operating Procedures – SOP, por sus siglas en inglés) establecidos para la operación de la aeronave. Para esta competencia se consideran indicadores de comportamiento, como por ejemplo, que el piloto siga los procedimientos estándar de operación, a menos que se implante un grado superior de seguridad o que sepa identificar y seguir las instrucciones puntualmente y de manera oportuna.
- (b) **Comunicación.** Es la aplicación de lenguaje verbal y no verbal para gestiona todo tipo de situaciones, incluso aquellas para las que el piloto no entrenó previamente. Los indicadores de comportamiento incluyen la selección apropiada del qué, cuándo, cómo y con quién comunicarse, la conducta no verbal parametrizada o no previamente y el uso del contacto visual, movimiento corporal y gestos, los cuales son consistentes con el apoyo de mensajes verbales.

- (c) **Gestión de trayectoria del vuelo manual/automático.** Es la gestión del vuelo y su trayectoria, refiriéndose al uso de los sistemas de control manual o al uso de los sistemas de automatización. Sólo se distinguen en dos puntos entre las competencias, como el control del avión de manera segura usando sólo la relación entre la altitud, la velocidad y la fuerza.
- (d) **Liderazgo y trabajo en equipo.** Es la demostración efectiva del liderazgo y del trabajo en equipo es indispensable que cada miembro de la tripulación conozca su rol, posición y actuación como parte de la tripulación.
- (e) **Resolución de problemas y toma de decisiones.** Es la capacidad de identificación de los riesgos, la resolución de problemas, el uso apropiado de los procesos de toma de decisión y la capacidad de priorizar tareas.
- (f) **Toma de conciencia de la situación.** Es la percepción y comprensión de toda la información relevante que hay disponible y la capacidad de anticiparse a posibles sucesos, que puedan afectar la operación.
- (g) **Gestión de la carga de trabajo.** Es la gestión de los recursos disponibles de manera eficiente para realizar las tareas a tiempo en todas las circunstancias.

Es importante resaltar que este listado de competencias descritas por la OACI, es un listado de competencias mínimas sobre las cuales cada Ente de Aviación de Estado debe desarrollar, sin embargo; basado en investigaciones científicas en materia aeronáutica y de seguridad operacional, se pueden identificar otras competencias o competencias complementarias sobre las cuales se pueden entrenar.

En efecto, el objetivo del EBT es desarrollar las competencias del personal de pilotos, gestionando situaciones inesperadas para operar la aeronave de manera segura y eficiente, lo que conlleva a un enfoque sistémico de evaluación que, valiéndose del dispositivo de instrucción para simulación de vuelo (FSTD), permite evidenciar la presencia de una serie de competencias en el piloto evaluado sobre escenarios preparados y contruidos basados en el tipo de misión a desarrollar, las cuales incluyen maniobras que contienen amenazas o fallas en los sistemas de la aeronave, a través de la observación de indicadores de conducta previamente definidos, minimizando el riesgo de eventos operacionales, lo que permite entrenarlo en habilidades asociadas a los recursos de cabina. (Flórez, 2020, p.27).

Ante este panorama, las competencias terminan siendo características permanentes de las personas que se ponen de manifiesto en la conducta humana, más específicamente en la ejecución de una tarea o un trabajo, incidiendo en su ejecución exitosa, incluso pueden potencializar o anular las capacidades naturales que esta posee. (Alles, 2005).

En definitiva, las competencias se amoldan al modelo de aprendizaje 70/20/10 que como establece Maxwell (2020) postula que en un 70% el aprendizaje ocurre mientras hacemos cosas, bien sea trabajando, realizando tareas, resolviendo problemas, en un 20% mientras observamos a otros que consideramos ejemplo, como puede ser el trabajar en compañía de una persona a quien se considera experta, y un 10% del aprendizaje ocurre en entornos formales de enseñanza y formación (p.101).

En la actualidad, la gestión por competencias es una valiosa estrategia que no sólo se enfoca en el desarrollo de las personas dentro de una organización, sino que, como estrategia, impacta directamente en los resultados de una empresa, permitiendo el crecimiento y el

aprendizaje individual y grupal a partir de la evaluación de desempeños, partiendo de la base de los conocimientos y las experiencias adquiridas por la persona, con el propósito de lograr un mayor aprovechamiento de las destrezas que pueda tener para el cumplimiento de una determinada actividad. (Sandoval & Pernalet, 2017).

Más aún, la OACI define las competencias como “la combinación de habilidades, conocimientos y actitudes que se requieren para desempeñar una tarea ajustándose a la norma prescrita” (p.xi), definiendo las competencias básicas requeridas para desempeñarse de manera eficaz y describe un listado de indicadores de conducta que se constituyen en las acciones manifiestas de un miembro de la tripulación de vuelo que indica la existencia de dicha competencia en las condiciones operativas como miembro de la tripulación de vuelo.

Se debe agregar, como lo afirma lo OACI, que “las competencias básicas determinadas en la EBT abarcan lo que antes se conocían como habilidades, conocimientos y actitudes de carácter técnico y no técnico” (OACI, 2013, p.i-1-1), lo que significa que las competencias son características que dependiendo de ciertas situaciones pueden hacerse evidentes en el individuo como representación de lo que hace, sabe y es. Es por esto por lo que, entrenar en CRM, teniendo como base las competencias básicas establecidas en el EBT, favorece un ambiente para desarrollar las habilidades no técnicas requeridas, fortaleciéndolas en la práctica al entrenarlas y evaluarlas en un simulador de vuelo, como parte del entrenamiento recurrente y continuado, para que un piloto opere una aeronave de manera más proeficiente, entrenando en escenarios previamente diseñados, como un instrumento y un método para evaluar y desarrollar competencias, lo que se traduce en mejores resultados para la instrucción.

Por tanto, a partir del documento 9995 de la OACI, se da apertura a la instrucción periódica de los pilotos al ser expuestos a situaciones críticas durante un vuelo simulado, a través del cual se espera entrenar en una situación crítica de su aeronave siguiendo el proceso de:

- (a) **Observar los datos relevantes.** Se basa en la observación del mayor número de informaciones que le llegan al piloto (instrumentos, actitud del avión, datos de ATC, sonidos, etc.) y la capacidad de eliminar las que no son relevantes y memorizar instantáneamente las realmente importantes.
- (b) **Interpretar y analizar los datos.** Se efectúa si se dispone de una buena comprensión teórica del entorno del vuelo (sistemas e instrumentos, meteorología, factores humanos, entre otros) y una buena capacidad de razonamiento para combinar la información recibida y hacerse una buena imagen de la situación en la que se halla el vuelo.
- (c) **Tomar la decisión correcta.** Una vez interpretada la situación se debe actuar según indican los manuales. Si la situación no está descrita en ellos o existen varias opciones, el piloto debe realizar un análisis de posibilidades y riesgos y tomar la mejor decisión.
- (d) **Ejecutar la acción.** El piloto debe tener las habilidades necesarias para ello.

Es así como, el documento OACI No.9995 identifica las competencias básicas y los indicadores de conducta asociadas a estas las cuales debe poseer o desarrollar un piloto en relación con la gestión de recursos de la tripulación:

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| COMPETENCIA | DESCRIPCIÓN | INDICADORES DE CONDUCTA |
|---|--|---|
| Aplicación de procedimientos | Determina y aplica procedimientos de conformidad con las instrucciones de utilización publicadas y las reglamentaciones aplicables, empleando los conocimientos apropiados | <ul style="list-style-type: none"> (a) Determina la fuente de las instrucciones de utilización. (b) Sigue los SOP a menos que un mayor grado de seguridad operacional imponga un cambio apropiado.. (c) Determina y sigue todas las instrucciones de utilización en tiempo oportuno. (d) Maneja correctamente los sistemas de a bordo y el equipo conexo. (e) Cumple las reglamentaciones aplicables. (f) Aplica los conocimientos procedimentales pertinentes. |
| Comunicación | Demuestra dotes eficaces de comunicación oral, no verbal y escrita, en situaciones normales y anormales. | <ul style="list-style-type: none"> (a) Se asegura de que el receptor está listo y es capaz de recibir la información. (b) Selecciona de forma apropiada qué comunicar, cuándo, cómo y a quién. (c) Transmite mensajes de forma clara, breve y precisa. (d) Confirma que el receptor comprende correctamente información importante. (e) Escucha atentamente y demuestra entender al recibir la información. (f) Formula preguntas pertinentes y eficaces. (g) Se ciñe a la fraseología y los procedimientos radiotelefónicos normalizados. (h) Lee e interpreta con precisión la documentación de la compañía y el vuelo requerida. (i) Lee, interpreta, crea y responde con precisión a los mensajes de enlace de datos en inglés. (j) Completa informes precisos tal como exigen los procedimientos de operación. (k) Interpreta correctamente la comunicación no verbal. (l) Utiliza el contacto visual y los movimientos y gestos corporales coherentes con y en respaldo de los mensajes verbales. |
| Gestión de la trayectoria de vuelo de la aeronave, automatización | Controla la trayectoria de vuelo de la aeronave mediante la automatización, comprendido el uso apropiado de los sistemas de gestión y guía de vuelo | <ul style="list-style-type: none"> (a) Controla la aeronave utilizando la automatización con precisión y facilidad según la situación. (b) Detecta desviaciones de la trayectoria deseada de la aeronave y toma las medidas oportunas. (c) Mantiene la aeronave dentro de la envolvente normal de vuelo. (d) Gestiona la trayectoria de vuelo para lograr una actuación operacional óptima. (e) Mantiene la trayectoria deseada durante el vuelo utilizando la automatización mientras se ocupa de otras tareas y distracciones. (f) Selecciona en tiempo oportuno el nivel y modo de automatización apropiado, teniendo en cuenta la fase de vuelo y el volumen de trabajo. (g) Supervisa con eficacia la automatización, comprendidos el acoplamiento y las transiciones al modo automático. |
| Gestión de la trayectoria de vuelo de la | Controla la trayectoria de vuelo de la aeronave mediante el vuelo manual, | <ul style="list-style-type: none"> (a) Controla la aeronave manualmente, con precisión y facilidad según la situación. (b) Detecta desviaciones de la trayectoria deseada de la aeronave y toma las medidas oportunas. |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | |
|--|---|---|
| aeronave, control manual | comprendido el uso apropiado de los sistemas de gestión y guía de vuelo | <ul style="list-style-type: none"> (c) Mantiene la aeronave dentro de la envolvente normal de vuelo. (d) Controla la aeronave de forma segura, desde el punto de vista operacional, utilizando solamente la relación entre su actitud, velocidad y empuje. (e) Gestiona la trayectoria de vuelo para lograr una actuación operacional óptima. (f) Mantiene la trayectoria deseada durante el vuelo manual mientras se ocupa de otras tareas y distracciones. (g) Selecciona en tiempo oportuno el nivel y modo apropiado de los sistemas de guía de vuelo, teniendo en cuenta la fase de vuelo y el volumen de trabajo. (h) Supervisa con eficacia los sistemas de guía de vuelo, comprendidos el acoplamiento y las transiciones al modo automático. |
| Liderazgo y trabajo en equipo | Demuestra un liderazgo y una capacidad de trabajar en equipo eficaces | <ul style="list-style-type: none"> (a) Comprende y acepta las funciones y los objetivos de la tripulación. (b) Crea una atmósfera de comunicación abierta y alienta la participación del equipo. (c) Toma la iniciativa y da instrucciones según sea necesario. (d) Admite errores y asume responsabilidades. (e) Se anticipa y responde adecuadamente a las necesidades de otros miembros de la tripulación. (f) Cumple instrucciones cuando se le den. (g) Comunica inquietudes e intenciones pertinentes. (h) Da y recibe opiniones constructivas. (i) Interviene con confianza cuando es importante para la seguridad operacional. (j) Demuestra empatía, respeto y tolerancia hacia otras personas. (k) Atrae a otros para la planificación y asigna actividades de forma equitativa y oportuna según las habilidades. (l) Afronta y resuelve conflictos y desacuerdos de manera constructiva. (m) Proyecta una imagen de autocontrol en cualquier situación. |
| Resolución de problemas y toma de decisiones | Determina riesgos y resuelve problemas con precisión. Utiliza los procesos apropiados de toma de decisiones | <ul style="list-style-type: none"> (a) Busca información precisa y oportuna de fuentes adecuadas. (b) Determina y verifica qué y por qué no han salido bien las cosas. (c) Emplea estrategias adecuadas de resolución de problemas. (d) Persevera en la resolución de problemas sin disminuir la seguridad operacional. (e) Utiliza procesos apropiados y oportunos de toma de decisiones. (f) Fija prioridades debidamente. (g) Determina y estudia opciones eficazmente. (h) Supervisa, examina y adapta decisiones según se requiera. (i) Determina y gestiona riesgos eficazmente. (j) Improvisa al afrontar circunstancias imprevisibles para lograr el resultado más seguro desde el punto de vista operacional. |
| Toma de conciencia de la situación | Capta y comprende toda la información pertinente disponible y anticipa lo que podría | <ul style="list-style-type: none"> (a) Determina y evalúa con precisión el estado de la aeronave y de sus sistemas. (b) Determina y evalúa con precisión la posición vertical y lateral de la aeronave, así como su trayectoria de vuelo anticipado. |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| | ocurrir que afectara la operación | <ul style="list-style-type: none"> (c) Determina y evalúa con precisión el entorno general que pueda afectar la operación. (d) Hace un seguimiento del tiempo y el combustible. (e) Es consciente de las personas que participan en, o se ven afectadas por la operación y de su capacidad para actuar como se esperaba. (f) Anticipa con precisión lo que podría ocurrir: planifica y se adelanta a la situación. (g) Elabora planes de contingencia eficaces, basados en posibles amenazas. (h) Determina y afronta amenazas para la seguridad operacional de la aeronave y de las personas. (i) Reconoce y responde eficazmente a las indicaciones de disminución de la toma de conciencia de la situación. |
| Gestión del volumen del trabajo | Gestiona eficazmente los recursos disponibles para establecer prioridades y desempeñar tareas de manera oportuna en cualquier circunstancia | <ul style="list-style-type: none"> (a) Mantiene el autocontrol en cualquier situación. (b) Planifica, establece prioridades y programa tareas hábilmente. (c) Gestiona eficazmente el tiempo al desempeñar tareas. (d) Ofrece y acepta asistencia, delega cuando es necesario y pide ayuda con prontitud. (e) Examina, supervisa y coteja medidas a conciencia. (f) Verifica que se completen las tareas con los resultados esperados. (g) Maneja y se recupera eficazmente de interrupciones, distracciones, variaciones y fallas. |

*Tabla 4. Competencias EBT e Indicadores de Conducta
Fuente: OACI (2013)*

Nota.- La tabla muestra los indicadores de conducta definidos por el Documento 9995 de la OACI, como herramienta de demostración de evaluación de las competencias, las cuales deberían alcanzar el nivel de actuación requerido para una operación específica.

Como pudo observarse en la tabla anterior, cada una de las competencias es definida por un conjunto de proposiciones que como expresa Labruffe (2008) "constituyen unidades teóricas y prácticas puestas en marcha de forma concreta y que son objeto de una descripción o de una manifestación en forma de saber y pericia". (LeDux, 1999)p. 43) En este sentido, las preposiciones indican las competencias en términos de conocimientos, técnicas y actitudes que corresponden respectivamente al saber, saber hacer y ser mediante las cuales se expresan las competencias.

Por consiguiente, estas competencias y sus indicadores de conducta se evalúan de acuerdo con unos parámetros que para efectos de esta investigación se han establecido, partiendo del hecho que las competencias surgen como características que hacen apto a un sujeto para realizar una actividad, observables a través de sus indicadores de comportamiento los cuales abarcan habilidades, conocimientos y actitudes de carácter técnico y no técnico para operar con seguridad, desde el punto de vista operacional, de manera eficaz y eficiente, en un entorno de transporte aéreo comercial. (OACI, 2013).

Así, para medir cada competencia, se le asigna un nivel de valoración, el cual varía de una competencia a otra, sin embargo, es importante resaltar que dentro del alcance de la investigación no se incluye la validación de esta valoración enmarcada en tres niveles de desarrollo alcanzados en cada una de las competencias objeto de evaluación siendo alto la

evidencia de un fuerte dominio de conocimientos y prácticas esperadas presentes al momento de la observación y evaluación, medio el dominio moderado de conocimientos y prácticas demostrados y bajo el dominio de competencia débil.

En efecto, a través de este tipo de escala se espera es que todos los pilotos alcancen la competencia en su nivel superior, partiendo de la premisa que éstas competencias serán evidentes en razón a los conocimientos que poseen y las técnicas de base resultado de su experiencia, permitiendo registrar los resultados de la observación y valoración del desempeño y clasificar las necesidades de desarrollo en cada competencia determinando la necesidad de entrenamiento específico para llegar hasta la etapa siguiente.

Finalmente, este tipo de evaluación basado en indicadores de conducta permiten identificar el nivel de apropiación de los comportamientos esperados en cada competencia, brindando información orientada a la acción en la medida que proporciona una herramienta para la retroalimentación del desempeño en términos de CRM y determina una necesidad de desarrollo hacia la cual debe enfocarse el entrenamiento, partiendo del hecho que las competencias requieren de la práctica para desarrollarse y fortalecerse.

3.8. Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM)

La gestión de recursos de mantenimiento (MRM) consiste en una serie de técnicas que tienen como objetivo fomentar una mejor comunicación y trabajo en equipo, proporcionando formas en que los miembros del equipo de mantenimiento pueden comunicarse adecuadamente, mejorar la eficacia y la seguridad en las operaciones de mantenimiento de la aviación. La eficacia se mide a través de la reducción de los errores de mantenimiento y la mejora de la coordinación y el rendimiento de las personas y las unidades.

A nivel aeronáutico, el objetivo general de MRM es integrar las habilidades técnicas del personal de mantenimiento con las habilidades interpersonales y el conocimiento básico de los factores humanos para mejorar la comunicación, la eficacia y la seguridad en las operaciones de mantenimiento de aeronaves y el rendimiento eficiente de los humanos en los sistemas "humano – máquina".

Así, de la misma forma que las tripulaciones de aeronaves se capacitan en Gestión de Recursos de tripulación (CRM) proporcionando a las tripulaciones la perspectiva, la conciencia y las herramientas para hacer frente a situaciones críticas que puedan surgir durante la operación, el personal técnico en mantenimiento de aeronaves también lo hace en el equivalente que es la Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM), la cual incluye temáticas, alineadas con las planteadas por el CRM y aplicadas al área técnica.

Para ilustrar el tema del MRM, el Ministerio de Transporte de Canadá identificó y publicó los "Dirty Dozen", factores que afectan a la persona que trabaja en una organización de mantenimiento (OACI, 2010), así:

- (a) **Falta de comunicación.** Nunca se debe dar por sentado nada.
- (b) **Complacencia.** La repetición constante puede provocar errores de juicio.

- (c) **Falta de conocimiento.** Cuando se combina con una actitud de "sí se puede", el error es más probable.
- (d) **Distracción o interrupción.** Después de una distracción o una interrupción, una persona puede reanudar un trabajo pensando que el trabajo ha progresado más de lo que lo ha hecho.
- (e) **Falta de trabajo en equipo.** Cuando se combina con una mala comunicación, pueden ocurrir errores importantes.
- (f) **Fatiga.** Hasta que se vuelve extrema, una persona a menudo no es consciente de estar fatigada.
- (g) **Falta de recursos.** Las decisiones difíciles de liberar o no liberar y una actitud de "sí se puede" pueden causar errores;
- (h) **Presión.** Los horarios de vuelo de los operadores se pueden utilizar para ejercer presión;
- (i) **Falta de asertividad.** Junto con la presión, aumenta la probabilidad de error;
- (j) **Estrés.** Una parte normal de la vida a menos que sea excesivo, entonces el error es más probable;
- (k) **Falta de conciencia.** No usar el sentido común ni pensar en las consecuencias; y
- (l) **Normas o hábitos.** Las "normas" del grupo de iguales no son necesariamente correctas.

De igual manera, un estudio realizado en una aerolínea, utilizando técnicas de lluvia de ideas con 150 Ingenieros de Mantenimiento de Aeronaves, determinaron las razones por las cuales cometen errores, así:

- (a) Aburrimiento.
- (b) Falta de comprensión de las instrucciones.
- (c) Falta de instrucciones disponibles.
- (d) Apurado.
- (e) Presiones de la dirección para aplazar el trabajo.
- (f) Fatiga.
- (g) Distracciones en un momento crítico.
- (h) Cambio de turno.
- (i) Mala comunicación.
- (j) Uso de piezas incorrectas.

- (k) Mala iluminación.
- (l) No asegurar los sujetadores.
- (m) Mantenimiento no autorizado.

Como resultado, en algunos casos un error de mantenimiento puede causar un suceso, incidente o accidente y las investigaciones derivadas de éstos, permiten aprender, formular recomendaciones y tomar acciones con el fin de prevenir incidentes similares en el futuro y gestionar también los errores. Entre los aprendizajes, se incluye la necesidad de formación en Factores Humanos en todos los niveles de la organización, con el fin de reducir la tasa de errores humanos durante las actividades de mantenimiento de aeronaves.

En respuesta, Boeing desarrolló el proceso de “asistencia para la decisión de errores de mantenimiento” MEDA (por las siglas en inglés Maintenance Error Decision Aid) para ayudar a las organizaciones de mantenimiento a analizar los errores, identificar por qué estos errores ocurren y cómo prevenirlos en el futuro y desarrollar posibles acciones correctivas, constituyéndose en una herramienta útil de Factores Humanos para la investigación de errores y su filosofía está fundamentada en entender que:

- (a) Un evento relacionado con el mantenimiento puede ser causado por un error, por una infracción o por una combinación de error o infracción.
- (b) Los errores de mantenimiento no se cometen a propósito.
- (c) Los errores de mantenimiento son causados por una serie de factores contribuyentes. Las infracciones, aunque intencionales, también son causadas por factores contribuyentes.
- (d) La mayoría de estos factores que contribuyen a errores o violaciones están bajo el control de la gerencia y, por lo tanto, pueden mejorarse para que no contribuyan a futuros eventos similares.

Algunas de las primeras formaciones en Factores Humanos para el mantenimiento de aeronaves utilizaron como modelo la formación en Gestión de Recursos de la Tripulación (CRM) y se ha desarrollado de tal manera que está más integrado con las habilidades normales de la cabina de vuelo, permitiendo observar y evaluar las habilidades de CRM como parte de las operaciones de línea, tanto reales como simuladas.

Algunas de las diferencias que existen entre la gestión de recursos de la tripulación (CRM) y la gestión de recursos de mantenimiento (MRM) fueron comparados por la OACI en el documento 9824 (OACI, 2003):

| TEMA | CRM | MRM |
|---------------------|--|--|
| Error Humano | Los errores de la tripulación de vuelo a menudo se clasifican como fallas activas, ya que las consecuencias suelen ser inmediatas. | Los errores generalmente se clasifican como fallas latentes, cuando se considera la seguridad pública. |

| TEMA | CRM | MRM |
|---|---|---|
| Capacitación en Factores Humanos | El entrenamiento CRM enfatiza los aspectos psicomotrices debido a los efectos inmediatos de la carga de trabajo mental, el tiempo de reacción, etc. | La formación en MRM hace hincapié en la perspectiva del sistema de las operaciones de mantenimiento. Pone el acento en los factores sociales y organizativos. |
| Comunicación | Las comunicaciones de las operaciones de vuelo son en su mayoría "cara a cara" dentro de la cabina e inmediatamente interactivas con el ATC. | Las comunicaciones de las operaciones de mantenimiento son en su mayoría "no cara a cara" a través de manuales técnicos, tarjetas de trabajo, boletines de servicio, anuncios, etc. Por lo tanto, el AME se ve privado de las señales no verbales que están presentes para las tripulaciones de vuelo. |
| Composición del equipo | Las tripulaciones de vuelo tienden a ser homogéneas por naturaleza. Los miembros de la tripulación generalmente tienen una educación y experiencia similares entre sí. | Los AME tienden a ser diversos en su educación y experiencia previa, tanto entre sí como con la tripulación de vuelo. Por lo tanto, la formación en equipo es más difícil |
| Trabajo en Equipo | El tamaño del equipo de la tripulación de vuelo es pequeño y todos los miembros están ubicados en el mismo espacio de trabajo pequeño. Por lo tanto, el énfasis del CRM está en las habilidades de equipo dentro de la tripulación (dentro del equipo). | Los AME tienden a trabajar en grandes equipos en tareas inconexas repartidas en una gran área de hangar. También hay actividades de varios equipos en las que cada equipo tiene sus propias responsabilidades. Por lo tanto, el énfasis de MRM está en las habilidades de equipo entre equipos |
| Conciencia de la situación | El entorno de vuelo cambia rápidamente y prepara el escenario para fallas activas. Por lo tanto, el CRM está diseñado para evitar esos errores. Las simulaciones LOFT proporcionan señales simuladas para mejorar el conocimiento de situaciones futuras. | El entorno de mantenimiento puede ser agitado, aunque cambia lentamente en relación con las operaciones de vuelo. Los AME deben tener el conocimiento de la situación para extrapolar las consecuencias de los errores a lo largo de horas, días y semanas. Por lo tanto, las señales de conciencia de MRM que se enseñan deben adaptarse específicamente a este entorno. |
| Liderazgo | Al igual que con el trabajo en equipo, las habilidades de liderazgo en CRM a menudo se centran en los comportamientos dentro del equipo (es decir, "cómo liderar el equipo"), así como en las habilidades de "seguimiento". La interacción entre equipos es algo limitada durante el vuelo. | En las organizaciones de mantenimiento, los supervisores o jefes de equipo suelen ser intermediarios entre muchos puntos de contacto en diferentes departamentos o secciones. Por lo tanto, los líderes de AME deben ser hábiles no solo en los comportamientos dentro del equipo (para sus propios equipos), sino también en el manejo de los "externos" del equipo (personal de otros turnos, departamentos o grupos de trabajo, etc.). Estos "forasteros" también varían ampliamente en experiencia, gestos, etc. El programa MRM debe tener en cuenta estas cuestiones. |

Tabla 5. Diferencias de habilidades y antecedentes entre CRM y MRM
Fuente. Referencia FAA Maintenance Resource Management Handbook, Chapter 1, citado en (OACI, 2003)

En particular, en la formación en Factores Humanos para el personal de mantenimiento suele ser útil dividir la tarea de aprendizaje en subcategorías apropiadas, como (OACI, 2010):

- (a) **Basado en el conocimiento (memorización).** Abarca el conocimiento fáctico y puede incluir la memorización de información procesal adecuada. Actualmente se utilizan técnicas adecuadas de enseñanza y evaluación en la formación teórica y procedimental del personal de mantenimiento. Esta categoría a veces se superpone con otras categorías, como la comprensión.
- (b) **Basado en la comprensión (comprensión).** Abarca la comprensión de los principios generales y la teoría pertinentes. La comprensión es a menudo esencial para lograr la competencia. Esta categoría a veces se superpone con otras categorías, como el conocimiento.
- (c) **Basado en habilidades/basado en la técnica (hacer).** Abarca las habilidades que son esenciales para el personal de mantenimiento. Se espera rutinariamente que el personal de mantenimiento adquiera y muestre ciertas habilidades y técnicas, que deben ejercerse de manera adecuada, en el contexto apropiado y en el momento correcto. En la aviación, las habilidades psicomotoras y procedimentales han recibido tradicionalmente la mayor atención; En el caso de la formación en desempeño humano, son necesarias algunas habilidades adicionales, como el desarrollo de habilidades de comunicación adecuadas; y
- (d) **Basado en actitudes.** Las actitudes juegan un papel importante en la determinación del rendimiento general. Los aspectos filosóficos relacionados con las prácticas operativas, los atributos profesionales deseables y las disposiciones conducentes a un buen profesionalismo pueden considerarse bajo este epígrafe.

En el Manual de instrucción y evaluación basadas en competencias para personal de mantenimiento de aeronaves (Doc 10098) se aborda el diseño y preparación de un programa de instrucción del personal de mantenimiento de aeronaves, así como ejemplos de objetivos de instrucción, incluyendo un marco de competencias para la instrucción y evaluación para el personal de mantenimiento de aeronaves:

| COMPETENCIA | DESCRIPCIÓN | COMPORTAMIENTO OBSERVABLE |
|------------------------------|--|---|
| Aplicación de procedimientos | Determina y aplica procedimientos con arreglo a documentos apropiados y reglamentos aplicable, utilizando el conocimiento adecuado | OB 1.1 Determina procesos y procedimientos correctos relacionados con una tarea específica. |
| | | OB 1.2 Muestra uso adecuado de documentos. |
| | | OB 1.3 Aplica adecuadamente el conocimiento de los sistemas. |
| | | OB 1.4 Muestra el cumplimiento de reglamentos aplicables. |
| | | OB 1.5 Documenta la labor realizada y cumplida adecuadamente. |
| Gestión del trabajo | Gestiona los recursos disponibles en forma eficiente para priorizar y realizar tareas en forma segura y eficaz | OB 2.1 Planea, prioriza y programa tareas eficazmente. |
| | | OB 2.2 Determina dónde y cuándo se requiere asistencia. |
| | | OB 2.3 Pide asistencia cómo y cuándo se requiera. |
| | | OB 2.4 Gestiona eficazmente el tiempo. |
| | | OB 2.5 Selecciona herramientas, equipo y recursos apropiados para apoyar la eficaz ejecución de tareas. |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | | |
|--------------------------------------|--|---------|--|
| | | OB 2.6 | Utiliza herramientas disponibles en forma segura, eficaz y eficiente. |
| | | OB 2.7 | Ofrece y acepta asistencia, cuando es necesario, y pide ayuda. |
| | | OB 2.8 | Inspecciona el lugar de trabajo después de terminada la tarea. |
| | | OB 2.9 | Verifica que las tareas se realizan según los procedimientos pertinentes. |
| | | OB 2.10 | Gestiona eficazmente el estrés ambiental, interrupciones, distracciones, variaciones y fallas. |
| Conciencia de la situación | Reconoce y comprende el entorno de mantenimiento y la información pertinente; prevé sucesos futuros. | OB 3.1 | Mantiene conciencia del entorno de mantenimiento. |
| | | OB 3.2 | Mantiene conciencia de las situaciones de peligro. |
| | | OB 3.3 | Reconoce las situaciones operacionales futuras. |
| | | OB 3.4 | Verifica que la información es exacta y las hipótesis son correctas. |
| | | OB 3.5 | Conoce las actividades concurrentes que se realizan. |
| | | OB 3.6 | Evalúa situaciones y notifica desviaciones. |
| Experiencia técnica | Aplica y mejora conocimientos y habilidades técnicas para realizar el mantenimiento seguro y eficazmente | OB 4.1 | Aplica conocimientos y habilidades técnicas apropiadas a la tarea. |
| | | OB 4.2 | Responde con precisión a las preguntas técnicas. |
| | | OB 4.3 | Se mantiene actualizado en conocimientos y habilidades técnicas especializadas. |
| | | OB 4.4 | Aplica procedimientos apropiados con arreglo a las normas aplicables. |
| Pensamiento sistémico | Comprende y determina cómo interactúan los diversos componentes de la gestión de sistemas y como afectan la performance general de la seguridad del sistema. | OB 5.1 | Evalúa la interrelación entre políticas, procesos y procedimientos. |
| | | OB 5.2 | Evalúa la interrelación entre diversos sistemas, incluyendo la planificación de calidad, control de calidad y aseguramiento de la calidad del interesado. |
| | | OB 5.3 | Reconoce la importancia de la mejora continua y los procesos reactivos y proactivos. |
| | | OB 5.4 | Reconoce los componentes esenciales de un sistema funcional de gestión de la seguridad operacional y su interoperabilidad. |
| | | OB 5.5 | Reconoce si los procesos de gestión del interesado son adecuados al volumen y alcance de la operación. |
| | | OB 5.6 | Interpreta correctamente los análisis de datos de performance. |
| | | OB 5.7 | Evalúa si los objetivos de seguridad operacional del interesado cumplen los requisitos de seguridad operacional deseados. |
| | | OB 5.8 | Brinda información, comentarios y opiniones sobre posibles deficiencias del marco normativo. |
| | | OB 5.9 | Comprende que las causas básicas de las deficiencias surgen de fallas puntuales o sistémicas. |
| Coordinación y traspaso de funciones | Gestiona la coordinación y el traspaso de funciones entre el personal | OB 6.1 | Coordina con el personal y otras partes interesadas. |
| | | OB 6.2 | Selecciona el método de coordinación/traspaso basándose en circunstancias, incluyendo la urgencia de coordinación, el estado de las instalaciones y los procedimientos prescritos. |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | | |
|---|---|---------|--|
| | | OB 6.3 | Notifica información crítica para la seguridad operacional. |
| | | OB 6.4 | Coordina el traspaso de funciones utilizando los procedimientos. |
| | | OB 6.5 | Coordina cambios de estado del equipo, sistemas y funciones. |
| | | OB 6.6 | Utiliza terminología clara y concisa para coordinación verbal y confirma que el mensaje fue correctamente recibido. |
| | | OB 6.7 | Utiliza formatos y protocolos de mensaje normalizados para coordinación no verbal. |
| | | OB 6.8 | Realiza sesiones informativas eficaces durante el traspaso de funciones incluyendo transferencias de tareas de mantenimiento. |
| Gestión de riesgos | Demuestra un enfoque eficaz de la seguridad operacional para el entorno de trabajo considerando su perfil de riesgos y la disponibilidad de recursos. | OB 7.1 | Realiza evaluaciones de riesgo completas utilizando metodologías apropiadas. |
| | | OB 7.2 | Toma decisiones basadas en los resultados de la evaluación de riesgos. |
| | | OB 7.3 | Identifica con precisión zonas problemáticas o peligros que puedan afectar negativamente la seguridad operacional. |
| | | OB 7.4 | Reconoce las políticas, prácticas laborales o cultura de la organización de la empresa que indiquen mayores niveles de riesgo. |
| | | OB 7.5 | Analiza causas básicas aplicables a sus tareas. |
| Trabajo en equipo | Funciona en forma segura y eficaz como miembro de un equipo | OB 8.1 | Fomenta la atmósfera de comunicaciones abiertas. |
| | | OB 8.2 | Fomenta la participación y cooperación en el equipo. |
| | | OB 8.3 | Aplica comentarios y opiniones para mejorar la actuación general del equipo. |
| | | OB 8.4 | Proporciona información, opiniones y comentarios en forma constructiva. |
| | | OB 8.5 | Muestra respeto y tolerancia para otras personas. |
| | | OB 8.6 | Realiza tareas en apoyo de un equipo. |
| | | OB 8.7 | Aplica técnicas de negociación y resolución de problemas para gestionar conflictos inevitables cuando se encuentran. |
| | | OB 8.8 | Plantea preocupaciones pertinentes en forma apropiada. |
| | | OB 8.9 | Acepta comentarios y opiniones en forma constructiva. |
| | | OB 8.10 | Comparte experiencias con miras a la mejora continua. |
| | | OB 8.11 | Maneja conflictos interpersonales para mantener un entorno de trabajo eficaz. |
| | | OB 8.12 | Prevé y responde adecuadamente a las necesidades de otros. |
| | | OB 8.13 | Demuestra integridad y honestidad. |
| | | OB 8.14 | Demuestra sensatez y buen juicio. |
| Resolución de problemas y toma de decisiones. | Identifica y resuelve problemas con precisión utilizando el proceso de toma de decisiones apropiado. | OB 9.1 | Determina posibles soluciones a problemas identificados. |
| | | OB 9.2 | Establece prioridades eficazmente. |
| | | OB 9.3 | Gestiona riesgos eficazmente. |
| | | OB 9.4 | Considera reglas y procedimientos operacionales al determinar posibles soluciones a un problema. |

| | | | |
|------------------------------------|--|----------|--|
| | | OB 9.5 | Aplica una solución escogida a un problema. |
| | | OB 9.6 | Organiza tareas con arreglo a prioridades determinadas. |
| | | OB 9.7 | Aplica estrategias de mitigación apropiadas a los peligros identificados. |
| | | OB 9.8 | Trabaja en las soluciones de problemas sin reducir la seguridad operacional. |
| | | OB 9.9 | Considera la rapidez y eficiencia en la toma de decisiones. |
| Autogestión y aprendizaje continuo | Demuestra atributos personales que mejoran la actuación y mantiene una participación activa en el autoaprendizaje y autodesarrollo | OB 10.1 | Gestiona el stress en forma apropiada. |
| | | OB 10.2 | Se autoevalúa para mejorar la actuación. |
| | | OB 10.3 | Se adapta a las demandas. |
| | | OB 10.4 | Participa en actividades de desarrollo continuo. |
| | | OB 10.5 | Acepta responsabilidad por su propia actuación; detecta y resuelve sus propios errores. |
| | | OB 10.6 | Mejora la actuación mediante auto evaluación. |
| | | OB 10.7 | Procura y aplica información, comentarios y opiniones para mejorar la actuación. |
| | | OB 10.8 | Mantiene el auto control y actúa con eficacia en situaciones adversas. |
| | | OB 10.9 | Mantiene el conocimiento de novedades en la aviación y la evolución tecnológica. |
| | | OB 10.10 | Participa en actividades de aprendizaje. |
| Comunicaciones | Se comunica efectivamente a todas las situaciones y asegura una comprensión clara y común | OB 11.1 | Selecciona un método de comunicación apropiado. |
| | | OB 11.2 | Emplea comunicaciones verbales efectivas. |
| | | OB 11.3 | Emplea comunicaciones escritas y de otro tipo no verbal efectivas. |
| | | OB 11.4 | Mantiene la conciencia de la situación al seleccionar el método de comunicación. |
| | | OB 11.5 | Habla en forma clara, precisa y concisa. Utiliza vocabulario y expresiones apropiadas para la comunicación con partes interesadas. |
| | | OB 11.6 | Demuestra escuchar activamente planteando preguntas pertinentes y brindando comentarios y opiniones. |
| | | OB 11.7 | Verifica la comprensión de las contrapartes y se corrige si es necesario. |
| | | OB 11.8 | Utiliza contacto visual, movimientos corporales y gestos coherentes con mensajes verbales cuando corresponde. |
| | | OB 11.9 | Interpretar con exactitud las comunicaciones no verbales. |

Tabla 6. Marco para la instrucción y evaluación basada en competencias para mecánicos de mantenimiento de aeronaves
Fuente: OACI (2021)

Nota.- La tabla muestra las competencias y los indicadores de conducta definidos por el Documento 10098 de la OACI, como herramienta de demostración de evaluación de las competencias, las cuales deberían alcanzar el nivel de actuación requerido para una operación específica.

Este marco de competencias consiste en un grupo selecto de competencias con su correspondiente descripción y comportamiento observables, a partir de los cuales se desarrollan los programas de instrucción y evaluación basadas en competencias. En consecuencia, un programa de capacitación de MRM proporciona al personal las herramientas para evaluar y cambiar sus propios comportamientos para trabajar de manera más segura, vinculando e

integrando temas tradicionales de factores humanos, como el diseño de equipos, la fisiología humana, la carga de trabajo y la seguridad en el lugar de trabajo, mejorando el rendimiento y la seguridad en el trabajo, reduciendo el error humano y facilitando la instauración de una cultura de seguridad positiva, conduciendo a un cambio de comportamiento y a un mejor desempeño.

Finalmente, la gestión de los recursos de mantenimiento representa la evolución de los comportamientos de seguridad basados en el equipo y en la que todos los miembros de la organización están orientados hacia un desempeño libre de errores. Sin embargo, los trabajos de mantenimiento de aeronaves han evolucionado debido a la introducción de nuevas tecnologías aplicadas a las aeronaves de nueva generación y su importancia radica en gran parte por factores tales como, la pericia, las presiones organizacionales por mantener el alistamiento de todas las aeronaves, las presiones de trabajo, la ejecución de trabajos en horario nocturno y en condiciones ambientales críticas y otros factores que afectan el rendimiento humano.

3.9. Gestión de Recursos de Equipo (TRM)

La gestión de recursos de equipo (TRM), tiene sus orígenes en la gestión de recursos de cabina (Cockpit Resource Management - CRM), que se desarrolló en los Estados Unidos hace casi 30 años. Los principales objetivos de CRM eran aumentar la seguridad de la aviación mediante la mejora del trabajo en equipo en la cabina, las comunicaciones y la gestión de la cabina. En una etapa posterior, CRM llegó a involucrar a todos los miembros de la tripulación a bordo, no solo a la tripulación de cabina. En algunas empresas, el concepto de CRM se ha extendido incluso a toda la empresa.

No pasó mucho tiempo antes de que los profesionales de la gestión del tránsito aéreo se dieran cuenta de que la gestión del tráfico aéreo y la aviación compartían preocupaciones comunes: la mala comunicación, el rendimiento del equipo y el comportamiento inadecuado en el entorno aeronáutico, por tanto, el desarrollo de TRM en la década de 1990 fue un primer paso lógico para mejorar el trabajo en equipo y reducir los errores relacionados con el equipo.

Hoy en día, el trabajo en equipo se reconoce como un elemento esencial de una gestión segura y eficiente del tráfico aéreo, como una herramienta útil y necesaria para mejorar el trabajo en equipo y la seguridad.

Si a nivel aeronáutico, la gestión de recursos de cabina (CRM) es una estrategia ampliamente aplicada como medida preventiva en la instrucción frente al error humano y una aplicación práctica de la instrucción sobre factores humanos, en apoyo de las respuestas de la tripulación a las amenazas y errores que se manifiestan en el ámbito de operaciones, la gestión de los recursos en equipo (TRM) es una estrategia para el mejor uso de todos los recursos (información, equipos y personas) disponibles para optimizar la seguridad operacional y eficiencia de los servicios de tránsito aéreo (ATS).

El concepto de la gestión de los recursos en equipo (TRM), está destinada a desarrollar actitudes y comportamientos en los miembros del equipo, para incrementar las destrezas y el desempeño en la labor de equipo en los servicios de tránsito aéreo, de modo que se ayude al personal operacional a comprender y ser consciente de la importancia de la labor en equipo y cómo afecta su funcionamiento, con el fin de reducir las fallas en la labor de equipo como factor que; contribuye a los incidentes y accidentes vinculados con el ATS.

Gran parte del éxito del proceso de implantación depende de la manera en que se transmiten la información y los conceptos de la TRM como un medio para aumentar la pericia y el profesionalismo mediante mejores capacidades de gestión de la amenaza y el error, generando una mayor conciencia de que se está ejerciendo una labor más eficiente, sumada a una mayor satisfacción en el trabajo.

El desarrollo de la gestión de los recursos de equipo tiene un enfoque sistemático aplicado desde el marco de competencias genérico propuesto en el Documento 9868 de la OACI (OACI, 2020), el cual contempla la competencia, su descripción y los indicadores de conducta esperados, consecuente al nivel de competencia requerido, con el fin de fortalecer sus conocimientos y pericia e impactar positivamente en la seguridad operacional.

En contraste, se ha señalado que la Gestión de Recursos del Controlador no se desarrolla juntamente con la Gestión de Recursos de la Cabina (Helmreich, Merritt, & Wilhelm, 1999), actualmente se dedica una gran cantidad de esfuerzo y experiencia a capacitar a las personas en las habilidades técnicas necesarias para la tarea de controlador de tránsito aéreo.

Al igual que en la instrucción de CRM, hay tres etapas distintas para la instrucción en TRM:

- (a) **Una etapa de introducción o conocimiento.** Supone instrucción en aula y ejercicios grupales para explicar los conceptos básicos de la TRM. En términos generales, esta instrucción abarca aspectos que incluyen la conciencia situacional, toma de decisiones, comunicaciones, liderazgo el trabajo en equipo, la gestión del estrés y la gestión de los errores.
- (b) **Un período de práctica utilizando ejercicios para destacar los conceptos enseñados en la etapa de conocimiento.** Lo ideal es que inmediatamente después de la fase teórica, sigan una o más sesiones de instrucción en simulador, que pueden comprender operaciones con radar u otros entornos operacionales simulados.
- (c) **Una etapa de instrucción de repaso.** Debería efectuarse con intervalos de no más de cinco años e incluir lecciones o ejercicios basados en incidentes recientes relacionados con el trabajo en equipo y en experiencias positivas.

Es así que, los objetivos claves de la formación TRM son desarrollar las actitudes y el comportamiento de los miembros del equipo para mejorar las habilidades de trabajo en equipo y el rendimiento en la gestión del tráfico aéreo. La capacitación TRM busca garantizar el funcionamiento efectivo del personal operativo a través del uso oportuno y competente de todos los recursos disponibles destinados al flujo seguro y eficiente del tráfico aéreo.

En esta formación, el personal operacional recibe formación en aptitudes técnicas y de procedimiento, y su capacidad para hacer frente a los diversos requisitos del puesto para ayudar al personal operativo a comprender y ser consciente del trabajo en equipo y cómo afecta al funcionamiento del equipo y cómo el comportamiento y las actitudes pueden influir en los accidentes e incidentes. Una vez que el personal operativo haya desarrollado las actitudes y las aptitudes de comportamiento necesarias, deberá tener la oportunidad de ponerlas en práctica en un programa de formación complementaria en un entorno operativo.

Rathje (2005) propone módulos prototipo asociados con TRM:

- (a) **Trabajo en equipo.** Características típicas relacionadas con ATC; impactos negativos del comportamiento; tipos de personajes en los equipos y su impacto, identidad del equipo; cuestiones de seguridad relacionadas; reconocimiento y gestión de la diversidad en los equipos.
- (b) **Roles de equipo.** Comprender las jerarquías formales / informales; actitudes hacia la autoridad (impactos culturales); estrategias para evitar malentendidos que lleven a errores en los roles como líder/seguidor; estrategias para hacer frente a las conductas sumisas, agresivas y asertivas.
- (c) **Comunicación.** Funciones y comprensión de la comunicación del equipo en relación con la seguridad; una intervención eficaz en situaciones relacionadas con la gestión del tránsito aéreo; estrategias para dar/recibir retroalimentación y críticas constructivas.
- (d) **Conciencia situacional.** Comprender los efectos de la alta y baja carga de trabajo; identificar los síntomas de la pérdida de la conciencia situacional en el individuo y en el equipo y las estrategias para prevenirla.
- (e) **Toma de decisiones.** Factores que contribuyen a una efectiva toma de decisiones; apreciar la importancia de las habilidades de evaluación de situaciones y riesgos; apreciar los conceptos de modelos de problemas compartidos y las habilidades de gestión de recursos en el equipo.
- (f) **Gestión del estrés.** Identificar los factores de estrés relacionados con el trabajo; estrés: qué es y cómo afecta al trabajo y al trabajo en equipo; estrategias de afrontamiento del estrés; Desarrollar habilidades para reconocer y hacer frente a situaciones de estrés en equipos.

Finalmente, dado que la CRM y la TRM han sido concebidas como herramientas para la gestión de amenazas y errores (TEM), el verdadero valor de la instrucción sólo puede determinarse en el entorno operacional, razón por la cual se incluyen ejercicios de casos simulados en el puesto de trabajo, en situaciones tanto normales como de emergencia, realizando una aproximación a la evaluación, entrenamiento y desarrollo de competencias requeridas en el personal de Controladores de Tránsito Aéreo para fortalecer la seguridad operacional.

3.10. Gestión de Amenazas y Errores (TEM)

La gestión de amenazas y errores (TEM) es un concepto general de seguridad relacionado con las operaciones de aviación y el rendimiento humano, que ha evolucionado gradualmente, como consecuencia del impulso constante por mejorar los márgenes de seguridad en las operaciones de aviación a través de la integración práctica del conocimiento de los Factores Humanos.

El concepto Gestión de Amenazas y Errores – TEM (por sus siglas en inglés Threat and Error Management), en la aviación se originó a partir de la investigación de la Universidad de Texas, donde desarrollaron un modelo que proporciona un marco para los procesos de gestión de errores durante las operaciones normales de vuelo (Helmreich, Klinect y Wilhelm, 1999).

El reconocimiento de la influencia del contexto operacional en el rendimiento humano llevó a la conclusión de que el estudio y la consideración del rendimiento humano en las operaciones de aviación no deben ser un fin en sí mismo. Con respecto a la mejora de los márgenes de seguridad en las operaciones de aviación, el estudio y la consideración del desempeño humano sin contexto aborda solo una parte de la cuestión más amplia. Por lo tanto, TEM tiene como objetivo proporcionar un enfoque basado en principios para el examen amplio de las complejidades dinámicas y desafiantes del contexto operativo en el desempeño humano, ya que es la influencia de estas complejidades la que genera las consecuencias que afectan directamente a la seguridad.

Hay tres componentes básicos en el modelo TEM, desde la perspectiva de las tripulaciones de vuelo: amenazas, errores y estados no deseados de la aeronave. El modelo propone que las amenazas y los errores son parte de las operaciones cotidianas de la aviación que deben ser gestionadas por las tripulaciones de vuelo, ya que tanto las amenazas como los errores conllevan el potencial de generar estados no deseados de la aeronave. Las tripulaciones de vuelo también deben gestionar los estados no deseados de la aeronave, ya que conllevan el potencial de resultados inseguros. La gestión de estados no deseados es un componente esencial del modelo TEM, tan importante como la gestión de amenazas y errores. La gestión no deseada del estado de la aeronave representa en gran medida la última oportunidad para evitar un resultado inseguro y, por lo tanto, mantener los márgenes de seguridad en las operaciones de vuelo.

La administración de amenazas es un componente básico para la administración de errores y la administración de estados no deseados. Los datos de archivo sobre las operaciones de la cabina de vuelo demuestran que las amenazas mal gestionadas suelen estar relacionadas con errores de la tripulación de vuelo, que a su vez suelen estar vinculados a estados no deseados. Sin embargo, la relación amenaza-error-estados no deseados no es necesariamente sencilla y no siempre es posible establecer una relación lineal o un vínculo uno a uno entre amenazas, errores y estados no deseados.

La gestión de amenazas proporciona la opción más proactiva para mantener los márgenes de seguridad en las tripulaciones y en las operaciones de ATC, al anular de raíz las situaciones que comprometen la seguridad. Como gestores de amenazas, los controladores de tráfico aéreo se encuentran entre la última línea de defensa para minimizar el impacto de las amenazas en las operaciones de ATC.

Hay dos advertencias importantes en el marco TEM, estrictamente hablando. La primera está relacionada directamente con las amenazas que pueden en ocasiones conducir directamente a estados no deseados, sin la inclusión de errores; y, la segunda, con el personal operativo, que puede cometer errores, aun cuando no se perciben las amenazas.

Ahora, desglosaremos, los tres componentes básicos del modelo TEM:

(a) Amenazas

Las amenazas se definen como "eventos o errores que ocurren más allá de la influencia de la tripulación de vuelo, aumentando la complejidad operativa, debiendo ser gestionados para mantener los márgenes de seguridad".

Durante las operaciones de vuelo típicas, las tripulaciones de vuelo tienen que gestionar diversas complejidades contextuales. Esas complejidades incluirían, por ejemplo,

el tratamiento de condiciones meteorológicas adversas, aeropuertos rodeados de altas montañas, espacio aéreo congestionado, mal funcionamiento de las aeronaves, errores cometidos por otras personas ajenas a la cabina, como controladores de tráfico aéreo, auxiliares de vuelo o trabajadores de mantenimiento, etc.

Las amenazas están en todas partes en las operaciones de vuelo (clima adverso, condiciones de la pista, mal funcionamiento de la aeronave, interrupciones de la cabina, fatiga, complacencia, etc.) y las tripulaciones de vuelo tienen que desviar su atención de las tareas normales de vuelo para gestionarlas. Cuanto más complejo o desafiante, y / o distractor se vuelve el entorno operativo, mayor es la carga de trabajo de las tripulaciones de vuelo.

El modelo TEM considera estas complejidades como amenazas porque todas tienen el potencial de afectar negativamente las operaciones de vuelo al reducir los márgenes de seguridad. Algunas amenazas pueden anticiparse, ya que son esperadas o conocidas por la tripulación de vuelo. Por ejemplo, las tripulaciones de vuelo pueden anticipar las consecuencias de una tormenta eléctrica informando a su respuesta con anticipación, o prepararse para un aeropuerto congestionado asegurándose de estar atentos a otras aeronaves mientras ejecutan la aproximación.

Algunas amenazas pueden ocurrir inesperadamente, como un mal funcionamiento de una aeronave en vuelo que ocurre repentinamente y sin previo aviso. En este caso, las tripulaciones de vuelo deben aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos a través de la formación y la experiencia operativa. Por último, es posible que algunas amenazas no sean directamente obvias u observables por las tripulaciones de vuelo inmersas en el contexto operacional, y es posible que deban descubrirse mediante análisis de seguridad.

Las amenazas se pueden considerar como:

- (1) Amenazas externas a la tripulación. Generalmente, hay tres tipos de amenazas externas:
 - (i) **Anticipadas o previstas.** Se pueden anticipar algunas amenazas, ya que son esperadas o conocidas por la tripulación. Por ejemplo, las tripulaciones de vuelo pueden anticipar las consecuencias de una tormenta eléctrica informando su respuesta con anticipación, o prepararse para un aeropuerto congestionado asegurándose de estar atentos a otras aeronaves mientras ejecutan la aproximación.
 - (ii) **Sin explotar o imprevistas.** Algunas amenazas pueden ocurrir inesperadamente, como un mal funcionamiento repentino de la aeronave en vuelo. En este caso, las tripulaciones de vuelo deben aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos a través de su capacitación y experiencia operativa para manejar la amenaza.
 - (iii) **Latentes.** Algunas pueden no ser directamente obvias u observables por las tripulaciones de vuelo inmersas en el contexto operativo, y pueden necesitar ser descubiertas por análisis de seguridad. Estas se consideran amenazas latentes o 'trampas para ratones' que esperan ser lanzadas. Ejemplos de amenazas latentes incluyen problemas de diseño o mantenimiento de equipos, ilusiones ópticas o fatiga del piloto.

(2) Amenazas internas que se originan en el entorno de la cabina, aumentando la probabilidad de errores. Incluyen aspectos como: fatiga, cuestiones lingüísticas y culturales, salud y estado físico, experticia, competencias, entre otras, incluyendo las amenazas ambientales y organizacionales:

- (i) **Amenazas ambientales.** Se producen debido al entorno en el que se llevan a cabo las operaciones de vuelo. Algunas amenazas ambientales pueden planificarse y otras surgirán espontáneamente, pero todas tienen que ser gestionadas por las tripulaciones de vuelo en tiempo real. Entre estas amenazas encontramos tormentas eléctricas, turbulencias, formación de hielo, cizalladura del viento, viento cruzado/de cola, temperaturas muy bajas/altas, pista contaminada/corta; calle de rodaje contaminada, falta de señalización/marcas confusas/descoloridas, aves, ayudas U/S, procedimientos complejos de navegación en superficie, construcciones de aeropuertos, congestión de tráfico, TCAS RA/TA, comando ATC, error ATC, dificultad del idioma ATC, fraseología no estándar ATC, cambio de pista ATC, comunicación ATIS, unidades de medida (QFE/metros), entre otras.
- (ii) **Amenazas organizacionales.** Suelen ser de naturaleza latente y pueden ser controladas (es decir, eliminadas o, al menos, minimizadas) en su origen por las organizaciones de aviación. Entre estas amenazas encontramos: presiones operativas, mal funcionamiento de la aeronave, evento/anomalía de automatización, evento/error de mantenimiento, evento / error de documentación, evento de asistencia en tierra, deshielo, error de la tripulación de tierra.

La gestión de amenazas proporciona la opción más proactiva para mantener los márgenes de seguridad en las operaciones de vuelo, anulando las situaciones que comprometen la seguridad desde sus raíces. Como gestores de amenazas, las tripulaciones de vuelo son la última línea de defensa para evitar que las amenazas afecten a las operaciones de vuelo.

Aunque la vinculación entre amenazas y errores no es necesariamente sencilla, aunque no siempre es posible establecer una relación lineal, o un mapeo uno a uno entre amenazas, errores y estados no deseados, los datos de archivo demuestran que las amenazas mal gestionadas normalmente están vinculadas a errores de la tripulación de vuelo, que a su vez a menudo están vinculados a estados no deseados de la aeronave.

(b) Errores

Los errores se definen como acciones u omisiones que conducen a una desviación de las intenciones o expectativas de la tripulación u organizaciones, reduciendo los márgenes de seguridad y aumentando la probabilidad de eventos operativos adversos en tierra y durante el vuelo. Los errores pueden variar desde desviaciones menores, como ingresar la frecuencia de radio incorrecta pero identificar rápidamente el error, hasta algo más grave, como no bajar el tren de aterrizaje antes de aterrizar. Los errores no gestionados y/o mal gestionados suelen dar lugar a estados de aeronave no deseados. Por lo tanto, los errores en el contexto operativo tienden a reducir los márgenes de seguridad y aumentar la probabilidad de eventos adversos.

Los errores pueden ser espontáneos (es decir, sin relación directa con amenazas específicas y obvias), vinculados a amenazas o parte de una cadena de errores. Ejemplos

de errores incluirían la incapacidad de mantener parámetros de aproximación estabilizados, la ejecución de un modo de automatización incorrecto, la falta de una llamada requerida o la interpretación errónea de una autorización ATC.

Desde el punto de vista de la seguridad, los errores operacionales que se detectan a tiempo y se gestionan adecuadamente, no conducen a estados de aeronave no deseados, no reducen los márgenes de seguridad en las operaciones de vuelo y, por lo tanto, se vuelven intrascendentes desde el punto de vista operativo. Además de su valor de seguridad, la gestión adecuada de errores representa un ejemplo de desempeño humano exitoso, presentando tanto el valor del aprendizaje como el de la capacitación.

El modelo TEM tiene en cuenta 3 categorías de error, manejo de la aeronave, de procedimiento y de comunicaciones, todos los cuales pueden afectar de forma negativa a las operaciones de vuelo:

- (1) **Errores de manejo.** Para que se clasifique como un error de manejo de aeronave, el piloto o la tripulación de vuelo deben estar interactuando con la aeronave. Por ejemplo, manejo manual/controles de vuelo: desviaciones verticales/laterales y/o de velocidad, flaps/frenos de velocidad incorrectos, inversor de empuje o ajustes de potencia, altitud, velocidad, rumbo, ajustes de aceleración automática incorrectos, modo incorrecto ejecutado o entradas incorrectas, configuración incorrecta de los interruptores de combustible, error de velocidad incorrecto, marcado por radiofrecuencia incorrecto.
- (2) **Errores de procedimiento.** Ocurren como consecuencia de una amenaza externa o interna, como limitaciones de tiempo, mala comunicación, distracción o marcas o señalización de aeródromo de mala calidad, no utilización de listas de verificación, cálculo incorrecto en la planificación de vuelos o en la gestión del peso y balance, entre otros.
- (3) **Errores de comunicación.** Son el resultado de una comunicación verbal ambigua o mal interpretada como puede ser el uso de fraseología no estándar, recepción de radio de mala calidad, transmisión excesiva de mensajes de radio por un tercero.

Los errores pueden ser el resultado de una desviación momentánea de la atención (desliz) o una falla de memoria (lapso) inducida por una amenaza esperada o inesperada. Otros errores son más deliberados y se conocen como errores intencionales de incumplimiento. Estos son a menudo atajos utilizados por las tripulaciones de vuelo para aumentar la eficiencia operativa, aunque violan los procedimientos operativos estándar.

Comprender cómo se manejó el error es tan importante, como comprender la prevalencia de diferentes tipos de error. Es de interés saber si y cuándo se detectó el error y por quién, así como la(s) respuesta(s) al detectar el error, y el resultado o consecuencia del error. Al igual que con las amenazas, algunos errores se detectan y resuelven rápidamente, lo que lleva a resultados intrascendentes, mientras que otros no se detectan o se administran inadecuadamente.

Independientemente de la causa o la gravedad, el resultado de un error depende de si la tripulación de vuelo detecta y evidencia el error antes de que conduzca a un resultado inseguro. Esta es la razón por la cual la base de TEM radica en comprender la gestión de errores en lugar de centrarse únicamente en la ocurrencia de errores (Maurino, 2006).

(c) Estados no deseados (UAS por sus siglas en inglés Undesired Aircraft States)

Los estados no deseados de la aeronave son las desviaciones de la posición o la velocidad de la aeronave inducida por la tripulación de vuelo, aplicación incorrecta de los controles de vuelo o configuración incorrecta de los sistemas que se asocian a una reducción de los márgenes de seguridad operacional. Los estados no deseados de la aeronave que se derivan de un manejo de amenazas y errores ineficaz pueden conducir a situaciones delicadas y reducir los márgenes de seguridad en las operaciones de vuelo. Las tripulaciones de vuelo deben manejar los estados no deseados de la aeronave, que a menudo se considera que están al borde de convertirse en un incidente o accidente.

En este modelo, las amenazas y los errores son parte de las operaciones diarias de la aviación que deben ser gestionados por las tripulaciones de vuelo, ya que tanto las amenazas como los errores tienen el potencial de generar estados de aeronave no deseados. Las tripulaciones de vuelo también deben gestionar los estados no deseados de las aeronaves, ya que tienen el potencial de resultados inseguros. La gestión del estado de la aeronave no deseada representa en gran medida la última oportunidad para evitar un resultado inseguro y, por lo tanto, mantener los márgenes de seguridad en las operaciones de vuelo.

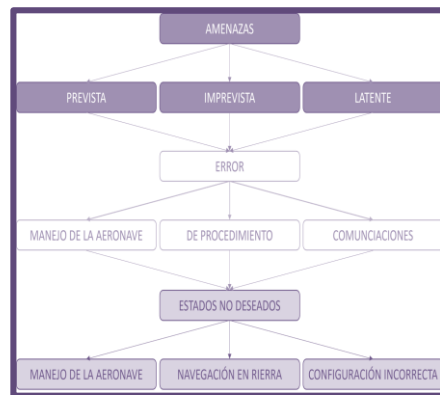


Ilustración 14. Modelo TEM
Fuente: EASA (2014)

Nota.- Este modelo muestra las amenazas y los errores que forman parte de las operaciones de aviación cotidianas que deben gestionar las tripulaciones de vuelo, porque tanto las amenazas como los errores conllevan el potencial de generar un Estado no Deseado.

El modelo sugiere que, si las estrategias utilizadas, verbigracia, la aplicación de procedimientos estándar (SOP), para hacer frente a las amenazas son inadecuadas, entonces pueden ocurrir errores, por tanto, la tripulación debe gestionar las amenazas de manera proactiva, para que tengan tiempo de pensar en estrategias alternativas y "capturar" los errores antes de que tengan consecuencias adversas.

Aunque tradicionalmente el error humano en la aviación ha sido visto negativamente: como indeseable o un signo de debilidad, investigaciones recientes proporcionan una perspectiva muy diferente sobre los errores operativos, mostrando que tales errores son una parte normal y esperada del comportamiento humano, incluso del aprendizaje organizacional, por tanto, la clave es administrar el error, antes de que tenga consecuencias

perjudiciales, reconociendo que es posible que no podamos evitar el error, haciendo que el error tenga menos potencial de consecuencias negativas.

Es así como dentro del marco TEM y sugiere que para administrar los objetivos operativos mientras se mantiene la seguridad del vuelo, la tripulación de vuelo debe:

- (1) Gestionar las dificultades y problemas operativos cotidianos "normales", denominados "Gestión de amenazas".
- (2) Gestionar sus propios errores, o los cometidos por otras personas con las que están trabajando, conocidos como "Gestión de errores".
- (3) Manejar situaciones "malas" o inseguras en las que se encuentran, llamadas "Estados de aeronaves no deseados" (UAS).

En este sentido, la filosofía TEM enfatiza tres conceptos básicos de anticipación, reconocimiento y recuperación. La clave de la anticipación es aceptar que, si bien es probable que algo salga mal, no se puede saber exactamente qué será o cuándo sucederá. Este es el factor de vigilancia que es necesario en todas las profesiones críticas para la seguridad. La anticipación genera vigilancia, y la vigilancia es la clave para reconocer los eventos adversos y los errores.

De esta manera, la formación TEM se centra en reconocer y prevenir o mitigar las amenazas (incluidas las asociadas a las limitaciones y capacidades humanas) y los errores que pueden dar lugar a un "estado no deseado". Incorpora el uso de habilidades que a veces se entrenan como parte de la gestión de recursos de la tripulación o del equipo (CRM o TRM) para garantizar que las personas puedan funcionar eficazmente como miembros del equipo.

Ahora bien, los programas de formación TEM y CRM / TRM se centran en los componentes clave de desempeño humano (HP), entre los que se incluyen la gestión de la carga de trabajo, el conocimiento de la situación, la resolución de problemas y toma de decisiones, la comunicación, el liderazgo y trabajo en equipo.

Para el caso del UPR, como se relaciona con la prevención y recuperación de pérdidas de control de la aeronave, la TEM debe integrarse en la UPRT, de manera que la tripulación de vuelo pueda identificar y gestionar cualquier amenaza que pueda contribuir a una pérdida de control.

Finalmente, el marco TEM ayuda a comprender la relación entre la seguridad y HP en contextos operativos dinámicos y desafiantes, resaltando la importancia de la interacción entre las personas y el contexto operacional y los factores organizacionales, reglamentarios y ambientales, en el que las personas desempeñaban sus funciones.

A continuación, se relacionan diferentes eventos de seguridad a nivel mundial que se recomiendan estudiar, sin embargo, cada Ente de Aviación de Estado podrá incluir casuística y/o estadística de sucesos operacionales propios, con el fin de desarrollar y contextualizar las temáticas relacionadas en el presente capítulo "Interacción Hombre Sistema".

| Estudio de Casos Recomendados “Interacción Hombre Sistema” | |
|--|--|
| Casos | Descripción del evento |
| Vuelo 123 Japan Airlines 12/08/1985 | Un caso para analizar desde el modelo SHELL que evidencia una falla latente que suponía probablemente una discordancia L-H y L-S en el cual un Boeing 747SR, colisionó 44 minutos después del despegue a causa de una descompresión rápida en vuelo, provocada por el fallo de un mamparo de presión de la parte posterior de la aeronave, cuya reparación había sido realizada de manera incorrecta. La consiguiente sobrepresurización del plano de cola y la onda expansiva debida a la ruptura explosiva del mamparo de presión esférico hicieron que fallara el sistema de control y la destrucción de la aeronave con gran pérdida de vidas humanas. |
| Vuelo 052 Avianca 25/01/1990 | Un caso para analizar desde la perspectiva de la relación tripulación – personal de servicios para la navegación aérea y su capacidad para gestionar las amenazas de manera proactiva, generando estrategias alternativas con el fin de "capturar" los errores antes de que tengan consecuencias adversas. La aeronave se quedó sin combustible antes de poder aterrizar en el Aeropuerto Internacional John F. Kennedy, colisionando contra una colina en Cove Neck (condado de Nassau), en la costa norte de Long Island; evidenciándose que la tripulación no declaró de manera adecuada la emergencia respecto al combustible y no utilizó un correcto sistema de despacho de control operacional, sumado a la inadecuada administración del flujo de tráfico y a la falta de terminología comprensible estandarizada para pilotos y controladores para estados de combustible mínimo y de emergencia, provocando que los controladores aéreos subestimaran la gravedad de la situación. |
| Vuelo 708 West Caribbean Airways 16/08/2005 | Un caso para analizar a partir de los conceptos relacionados con la Interacción Hombre Sistema que pone en evidencia que el avión estaba en condiciones óptimas de aeronavegabilidad y la tripulación estaba apta psicofísicamente, existían problemas subyacentes relacionados con las características específicas del modelo de avión y la inadecuada formación y entrenamiento de la tripulación para manejar situaciones de pérdida de sustentación a grandes altitudes, algo que había sido un factor en accidentes similares con ese tipo de aeronave en el pasado. La comisión de investigación concluyó que el accidente fue el resultado de decisiones erróneas tomadas en una situación de emergencia. |
| Vuelo 837 Air Canadá 03/02/2020 | Un caso exitoso para analizar en el cual un Boeing 767-300, tras más de 5 horas consumiendo combustible efectúa el aterrizaje de emergencia sin mayores contratiempos y con la tripulación y los pasajeros ilesos. Con posterioridad se confirma la existencia de un neumático roto, resultando un incidente aéreo sin consecuencias graves. |

Tabla 7. Estudio de Casos Recomendados “Interacción Hombre Sistema”
Fuente: Elaboración propia AAAES

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

CAPÍTULO 4 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO

La industria de la aviación, considera que los efectos del ruido, la vibración, el calor, el frío y las fuerzas de aceleración, ha pasado a un enfoque más holístico e integrador, en el cual reconoce en los factores humanos un campo de acción multidisciplinar para comprender cómo las personas procesan la información y toman decisiones, realizando una comprensión de los procesos sensoriales para detectar y transmitir información sobre el mundo exterior, identificando métodos para reconocer, entender, y administrar temas de rendimiento humano, necesarios para promover la salud operacional, tanto física como psicológica del personal aeronáutico de la Aviación de Estado, reforzando la conciencia en el conocimiento de los factores que afectan el rendimiento operacional, asociados con factores psicofisiológicos, la fatiga y el estrés, abordando también el componente de la gestión emocional y la resiliencia.

4.1. Factores Psicofisiológicos

El vuelo militar implica operaciones aéreas complejas y desafiantes que pueden tener efectos significativos en el cuerpo humano. Los pilotos y las tripulaciones de vuelo se exponen a una variedad de cambios en sus factores fisiológicos relacionados con la altitud, la aceleración, las maniobras, el entorno operativo, entre otras. En este documento, exploraremos los principales efectos fisiológicos del vuelo militar y cómo los pilotos y tripulación pueden abordar y mitigar estos impactos para garantizar un rendimiento óptimo y la seguridad durante las operaciones aéreas.

A continuación, se enunciarán de manera general algunos problemas a los cuales se expone el cuerpo humano inmerso en la actividad aeronáutica de tipo fisiológico y de tipo cognitivo.

4.1.1. Factores Fisiológicos

(a) Desorientación Espacial

Es la pérdida súbita o inadvertida de la capacidad del piloto para percibir correcta e inequívocamente la posición, actitud y movimiento de su aeronave, relacionado con el plano de la superficie de la Tierra y vertical gravitacional.

La desorientación espacial es una condición en la que los pilotos pierden temporalmente la percepción de su posición y orientación en el espacio. Esto puede ocurrir debido a condiciones meteorológicas adversas, maniobras intensas o vuelo nocturno. La

desorientación espacial puede ser peligrosa y afectar la capacidad de los pilotos para volar de manera segura.

La desorientación espacial puede ser especialmente problemática en el vuelo militar, donde las misiones pueden implicar maniobras intensas, vuelo nocturno y operaciones a baja altitud. En este documento, examinaremos los factores que contribuyen a la desorientación espacial en vuelo militar, sus efectos en los pilotos y las estrategias para prevenir y mitigar este peligroso fenómeno.

Se han identificado los siguientes tipos y clases de Desorientación Espacial:

(1) Tipos

- (i) **Tipo I (no reconocido).** Caracterizado porque el piloto no reconoce que está desorientado, supone, por tanto, un serio peligro para la seguridad de la aeronave, ya que éste puede basar el control de esta en una percepción totalmente errónea.
- (ii) **Tipo II (reconocido).** El piloto experimenta un serio conflicto entre lo que sus sentidos indican y la información aportada por los instrumentos de la aeronave, siendo reconocido por el piloto y raramente conduce a un serio incidente.
- (iii) **Tipo III (incapacitante).** Caracterizado por ser incapacitante y que podría conducir a una pérdida de control de la aeronave.

(2) Clases

(i) Ilusiones visuales

- (A) **Movimiento relativo de una aeronave con respecto a otra.** Ocurre durante vuelos en formación o en los estacionarios de aeronaves de ala rotatoria sobre terrenos en los que se produce un movimiento sincrónico y uniforme por el impacto del aire desplazado por el rotor de la aeronave. Sería el caso de vuelo estacionario sobre agua o campos de hierba, que hace que el piloto tenga una falsa sensación de movimiento y cálculo erróneo de la distancia entre la aeronave y los objetos alrededor cuando centra su atención en una referencia visual cercana, por ejemplo, en el rodaje en la pista de despegue al mirar a un puente de carga moviéndose en el exterior del avión, da la sensación de que el avión se está moviendo.
- (B) **Ilusión falso horizonte.** Ocurre al volar entre fenómenos meteorológicos, ambientales, falso horizonte noche (línea costera o carretera), planos de nubes o crestas de montañas que crean la ilusión de un plano inclinado, confundiéndolo con el horizonte real.
- (C) **Ilusiones estructurales.** Es cuando las imágenes de objetos pueden verse deformadas por la refracción producida al interponerse una estructura no plana, como el cristal de una cúpula o por fenómenos meteorológicos (lluvia, niebla, nieve).
- (D) **Flicker vértigo.** Originado por la rotación de las palas del helicóptero que puede reflejar las luces anticolidión de éste, o simplemente la luz solar que

incide sobre ellas, produce un cuadro que cursa con sensación nauseosa y vómitos, cuando la frecuencia de estimulación oscila entre los 4 y 20 ciclos por segundo.

- (E) **Perspectiva aérea.** Se produce durante las maniobras de aproximación y aterrizaje; es importante tener una idea exacta de la altura y distancia a recorrer, que pueden ser interpretadas erróneamente dependiendo de la anchura, longitud e inclinación de la pista, así como de las características del terreno alrededor.
 - (F) **Efecto autocinético.** Se produce en la oscuridad cuando fijamos, durante un tiempo aproximado de 6 a 12 segundos, nuestra vista en un punto aislado luminoso del exterior, dando la sensación de que el punto luminoso se mueve, está relacionada con el número, tamaño e intensidad de las luces, por lo que la señalización de aeronaves o torres se realiza con puntos de luz intermitentes.
 - (G) **Confusión de referencias.** Son ilusiones visuales que se originan al confundir referencias luminosas, debido a la especial disposición de estas (carreteras, líneas de ferrocarril, etc.) o a su similitud con referencias visuales normales durante la noche (cielo estrellado y señalización de barcos en áreas cercanas a la costa).
 - (H) **Efecto “Agujero negro”.** Se produce cuando el piloto en una aproximación visual nocturna no tiene referencia del terreno que rodea la pista, como, por ejemplo, a un aeropuerto cercano al mar donde las luces de la ciudad son el punto de referencia.
- (ii) Ilusiones vestibulares.
- (A) **Ladeos o Leans.** Son las ilusiones vestibulares más frecuentes y se producen debido a que el movimiento del avión no produce estimulación de los canales semicirculares ya que está por debajo del umbral ($2,5 \text{ }^\circ/\text{S}^2$), el ejemplo más típico es cuando un avión inicia un alabeo derecho o izquierdo por debajo del umbral de estimulación, cuando por los instrumentos (indicador de actitud) el piloto se da cuenta de su posición, al corregir mediante una maniobra brusca, es cuando los canales semicirculares se estimulan por encima del umbral y hace que la sensación que tiene el piloto es de estar inclinado hacia el lado contrario, aunque esté volando correctamente (derecho y paralelo al suelo).
 - (B) **La barrena.** Es otra ilusión vestibular producida por la estimulación constante de un canal semicircular (sobre los 10 segundos), por lo que las crestas ampulares dejan de detectar el estímulo, cuando el piloto comprueba los instrumentos intentará recuperar el avión, lo que hará estimular su canal semicircular en sentido opuesto, si intenta corregir esta falsa sensación entrará de nuevo en la barrena original.
 - (C) **Efecto coriolis.** Es debido a la estimulación cruzada de dos o más canales semicirculares de planos diferentes, se produce cuando durante un giro el piloto realiza un movimiento de la cabeza siendo la sensación la de rodar por

una pendiente, este efecto se puede producir si en un giro mantenido se realiza un movimiento súbito mayor de 3° por segundo.

- (D) **Ilusión oculógira.** Es la sensación de movimiento de un objeto cuando se observa bajo los efectos de las aceleraciones angulares, la estimulación del aparato vestibular, debido a las interconexiones vestíbulo-oculares, origina un movimiento de los globos oculares produciendo la sensación de que el objeto se mueve.
 - (E) **Inversión gravitoinercial.** Ocurre al nivelar la aeronave bruscamente a una altura deseada, durante su ascenso en forma de parabólica, como consecuencia de ello, el piloto se somete a una fuerza – Gz hasta el momento de nivelar, a la que se añade otra + Gx, además de la fuerza gravitoinercial normal de 1G, el resultado es una fuerza que se dirige hacia atrás y arriba con respecto a la posición del piloto, estimulando los otolitos, notando la sensación de estar en vuelo invertido.
 - (F) **Ilusión en ascensor.** Se origina en caso de aceleraciones en sentido vertical; el resultado es la fijación de la mirada hacia el horizonte primitivo, es decir, hacia abajo. El piloto experimentará que la nariz de la aeronave se eleva.
 - (G) **Ilusión por exceso G.** Sensación errónea de exceso de gravedades (>1G), cuando se experimenta la elevación de la cabeza durante la realización de viraje con aceleración angular.
 - (H) **Ilusión somatogiratoria.** Percepción errónea de la dirección o magnitud de la rotación y ocurre debido a la incapacidad del canal semicircular para registrar con precisión la velocidad angular sostenida (rotación prolongada).
 - (I) **Ilusión oculográvica.** Este tipo de ilusión ocurre cuando una aeronave acelera hacia adelante. La inercia de las aceleraciones y desaceleraciones lineales causan que los otolitos perciban una actitud de nariz alta o baja.
 - (J) **Ilusión oculoagrávica.** Esta ilusión es al contrario a la ilusión ascensor y es el resultado del movimiento descendente de la aeronave. Debido a la inercia, los ojos del piloto rastrearán hacia arriba generando la sensación al piloto que la aeronave está en una actitud de picada (nariz baja). Esta ilusión se encuentra cuando el helicóptero entra en una actitud de autorotación. La reacción intuitiva típica del piloto es aumentar el control cíclico posterior, lo cual disminuye correspondientemente la velocidad aerodinámica por debajo del nivel requerido.
- (3) Factores contribuyentes a la desorientación espacial:
- (i) **Condiciones meteorológicas.** La visibilidad reducida debido a la niebla, nubes bajas o tormentas pueden dificultar la percepción visual del horizonte y causar desorientación.

- (ii) **Maniobras intensas.** Giros bruscos, aceleraciones o desaceleraciones rápidas y maniobras evasivas pueden perturbar el sistema vestibular del oído interno y causar desorientación.
 - (iii) **Vuelo nocturno.** La falta de referencias visuales y la dificultad para distinguir el horizonte en la oscuridad pueden aumentar el riesgo de desorientación.
 - (iv) **Vuelo a baja altitud.** Volar cerca del suelo puede hacer que las referencias visuales sean menos claras y más difíciles de interpretar, lo que contribuye a la desorientación.
- (4) Efectos de la desorientación espacial. La desorientación espacial puede tener efectos negativos en los pilotos, incluyendo:
- (i) **Pérdida de control.** Los pilotos desorientados pueden perder el control de la aeronave y entrar en maniobras inestables o peligrosas.
 - (ii) **Errores de navegación.** La pérdida de la orientación puede llevar a errores en la navegación y la dirección, lo que podría desviar a la aeronave fuera del curso deseado.
 - (iii) **Malestar y desgaste.** La desorientación espacial puede causar mareos, náuseas y fatiga, lo que afecta negativamente la capacidad de los pilotos para operar la aeronave con precisión.
- (5) Actuaciones ante la presencia de Desorientación Espacial
- (i) **Referirse a los instrumentos.** Antes que nada, toda planificación de vuelo debe contemplar el riesgo de tener que pasar de condiciones VFR a condiciones IFR, versus la experiencia que se tenga sobre esta materia, es evidente que, teniendo una visión central hegemónica sobre los demás sensores periféricos, frente a cualquier percepción de una desorientación espacial, debe obligatoriamente referirse a los instrumentos de vuelo básicos de la aeronave.
 - (ii) **Dar credibilidad a la información que entregan los instrumentos.** Las ilusiones de vuelo pueden ser tan intensas que inducen a pensar que son los instrumentos de vuelo los que están defectuosos y, por ende, no creerles, situación que en la realidad es casi imposible.
 - (iii) **Disminuir al máximo los movimientos de la cabeza.** Como se ha explicado, esto es de especial importancia durante los virajes en ausencia de referencias visuales.
 - (iv) **Vuelo recto y nivelado.** Una vez alcanzado el vuelo recto y nivelado de acuerdo con la información entregada por los instrumentos, debe evitarse cualquier maniobra hasta la total recuperación de las falsas sensaciones.
 - (v) **Entregar el mando de la aeronave.** Muy raramente la desorientación espacial afecta a toda la tripulación de una aeronave en forma simultánea, por lo cual, si el piloto al mando no logra el control adecuado debe hacer entrega del mando.

- (vi) **Entrenamiento especializado.** Los pilotos militares deben recibir un entrenamiento exhaustivo sobre la desorientación espacial y cómo reconocer los síntomas. La capacitación debe incluir simulaciones y ejercicios prácticos para aprender a recuperarse de la desorientación.
 - (vii) **Eyección.** Si no es posible reestablecer una adecuada orientación, especialmente en aviones de alto performance y a baja altitud, la eyección inmediata puede ser la única oportunidad de sobrevivir.
 - (viii) **Uso de referencias visuales.** Mantener una referencia visual constante del horizonte o puntos de tierra conocidos puede ayudar a los pilotos a mantener la orientación durante el vuelo.
 - (ix) **Gestión de la Fatiga.** La fatiga puede aumentar el riesgo de desorientación espacial. Es importante que los pilotos descansen adecuadamente antes y durante las operaciones de vuelo.
- (6) Prevención de la Desorientación Espacial.
- (i) Factores que dependen de la aeronave.
 - (A) **Aspectos ergonómicos.** Las cabinas deberían estar ergonómicamente diseñadas para que no sea necesario realizar movimientos bruscos de cabeza para acceder a los instrumentos; en aterrizajes, despegues y maniobras acrobáticas estos movimientos pueden generar ilusiones, se debe poner atención para que una cabina sea ergonómica en el color y la disposición de las luces, colocación del panel de instrumentos, localización de palancas, disposición del asiento, diseño de la cúpula, etc.
 - (B) **Los instrumentos.** En condiciones de vuelo no visual los instrumentos deben ser claros y fiables, en la aviación militar, la utilización del “Head Up Display” (HUD) es de gran ayuda en el intercambio de información desde el medio externo y la cabina, ciertos sistemas como el horizonte artificial mediante rayo láser “tipo Malcom”, permite una mejor orientación y utilización de la visión periférica.
 - (ii) Factores vinculados con el vuelo. Esencialmente vinculados con la experiencia del piloto a volar en condiciones visuales o instrumental, experimentarán bastante más desorientación espacial aquellos pilotos que no estén familiarizados con el vuelo instrumental.
 - (A) **Selección.** Es muy importante debido a las diferencias individuales que hacen que el piloto esté más o menos predispuesto a padecer desorientación.
 - (B) **Aptitud Psicofísica Especial de Vuelo.** Es decisiva ya que puede llevar al piloto a ser, baja temporal o definitiva dependiendo del proceso agudo o crónico que padezca, errores de percepción y atención focalizada se intensificarán cuando confluyan circunstancias como ansiedad, miedo, fatiga, exceso de trabajo, etc.

- (C) **Prevención y control del consumo de Sustancias Psicoactivas.** Cualquier sustancia que tenga efectos sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) puede disminuir la capacidad cognitiva del piloto, y consecuentemente aumentar los fenómenos de desorientación espacial, el alcohol, debido a que lo inhibe, puede promover las ilusiones tanto vestibulares como visuales.
- (D) **Entrenamiento.** El uso de entrenadores como la silla de Barany, el Vertígrafo y el Vertigón, o aquellos que permiten la estimulación en los tres planos del espacio como el Gyrolab, serán indispensables en la prevención de la desorientación espacial.

(b) Hipoxia

La hipoxia es una condición fisiológica en la que el cuerpo no recibe suficiente oxígeno debido a la disminución de la presión atmosférica en altitudes elevadas. Los pilotos militares que vuelan a grandes alturas pueden experimentar hipoxia si no usan equipo de oxígeno adecuado. Los síntomas de la hipoxia incluyen mareos, confusión, visión borrosa y, en casos graves, pérdida de conciencia.

La hipoxia es una condición en la que los tejidos y órganos del cuerpo no reciben suficiente oxígeno para mantener un funcionamiento adecuado. El oxígeno es esencial para el metabolismo celular y para el correcto funcionamiento de los órganos y sistemas del cuerpo. Esta situación puede ser especialmente relevante en el contexto de vuelo, ya que la altitud elevada puede provocar cambios fisiológicos significativos en los pilotos y pasajeros y puede ser especialmente peligrosa debido a la altitud y a la reducción de la presión atmosférica.

A nivel aeronáutico es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- (1) **Altitud y presión atmosférica.** A medida que un avión asciende a altitudes más elevadas, la presión atmosférica disminuye. A 18,000 pies (aproximadamente 5,500 metros), la presión atmosférica es aproximadamente la mitad de la presión al nivel del mar, lo que lleva a una disminución del contenido de oxígeno en el aire.
- (2) **Sistemas de presurización.** Para contrarrestar los efectos de la disminución de la presión atmosférica en vuelo, las aeronaves modernas están equipadas con sistemas de presurización de cabinas. Estos sistemas mantienen la presión del aire en el interior de la cabina a niveles seguros y cómodos para los ocupantes, incluso a altitudes de crucero elevadas.
- (3) **Procedimientos de emergencia.** En caso de fallo del sistema de presurización o una despresurización repentina, los pilotos deben seguir procedimientos de emergencia para descender rápidamente a altitudes más seguras y asegurarse de que los pasajeros y la tripulación tengan acceso a oxígeno suplementario a través de las mascarillas de oxígeno.

Los efectos de la hipoxia pueden variar según la altitud y la duración de la exposición, pero los síntomas típicos incluyen mareos y desorientación, dificultad para concentrarse y tomar decisiones, pérdida de coordinación y habilidades motoras, fatiga y debilidad muscular, falta de juicio y capacidad cognitiva reducida, visión borrosa o reducida, cefaleas y náuseas. A continuación, se relacionan algunos síntomas y signos que se producen ante

situaciones de hipoxia en relación con la altura alcanzada, permitiendo diferenciar las siguientes fases:

- (1) **Fase indiferente.** Se denomina fase indiferente porque no aparece ningún síntoma en el ser humano que se encuentra en estado de reposo, ubicado a nivel del mar hasta 10.000 ft de altitud (3.048 m) o si se encuentra a 39.000 pies con oxígeno al 100%. Para esta fase, la hemoglobina a nivel del mar está saturada de oxígeno aproximadamente en un 97.5%. A 10.000 pies la saturación de oxígeno disminuye a un 87% y a 20.000 ft la hemoglobina está únicamente en un 65% saturada con el oxígeno.
- (2) **Fase compensatoria.** Ocurre de 10.000 a 15.000 ft de altitud (3.048-4.572 m). Se tiene la misma presión de oxígeno alveolar que respirando oxígeno al 100% entre 39.000 y 42.500 ft de altura. En esta fase, el organismo pone en marcha sus mecanismos compensadores, con un aumento de la ventilación pulmonar y del gasto cardíaco tratando de mantener la homeóstasis. El síntoma más importante en esta fase es la disminución de la visión nocturna que llega a ser del 50% y, la aparición de dolor de cabeza en exposiciones superiores a 20 minutos. Si el consumo de oxígeno se encuentra aumentado por el ejercicio físico o por las bajas temperaturas, los síntomas que aparecen serán la dificultad respiratoria, la disminución de la memoria y de la capacidad de trabajo y cálculo, todo lo cual pasará inadvertido por el sujeto.
- (3) **Fase de manifestaciones clínicas.** Ocurre entre 15.000 a 20.000 ft (4.572-6.092 m). Es igual que encontrarse a alturas entre 42.500 y 45.000 ft respirando oxígeno al 100%. En esta fase aparecen síntomas, incluso en reposo, sin que los mecanismos compensatorios sean efectivos. Estos síntomas son causados por la afectación de los procesos mentales y del control neuromuscular, tales como: la pérdida de juicio crítico, sin tener consciencia de ello, enlentecimiento del pensamiento, imposibilidad de realización de cálculos mentales, que, junto con la incoordinación muscular para movimientos finos, hace incontrolable el manejo de la aeronave. Adicional, aparecerán estados de euforia, ansiedad o agresividad y a los que pueden sumarse mareos, náuseas, vómitos, sensación de cabeza vacía, hormigueos en las extremidades, disminución del campo visual (visión gris y visión túnel), espasmos musculares, cianosis (coloración azulada en las partes distales del organismo, como uñas y labios), y aumento de la profundidad de los movimientos respiratorios. Por último, tanto el ejercicio físico como el frío, aumentan la intensidad de los síntomas, produciéndose la pérdida de conocimiento.
- (4) **Fase crítica.** Se produce por encima de 20.000 ft de altitud (6.092 m). Aparecen los mismos síntomas que si se estuviera por encima de 45.000 ft, respirando oxígeno al 100%. En esta fase, se acentúan todos los síntomas de la fase anterior y aparece la pérdida de consciencia y, si se mantiene la hipoxia, convulsiones; incluso puede llegar a causar la muerte si el individuo no recibe oxígeno rápidamente. A grandes alturas, la muerte aparecerá en pocos minutos.

Durante el tiempo en el cual un sujeto es desconectado de toda fuente de oxígeno suplementario, es capaz de tomar decisiones y reaccionar de una manera adecuada a las situaciones que se presenten, a este concepto se le denomina “Tiempo útil de conciencia (TUC)”, tiempo en el cual una persona se dispone para actuar con efectividad. Este TUC se reduce a la mitad cuando el sujeto se expone a una descompresión rápida, es decir, aquella que se produce en menos de tres segundos.

Así mismo, el “Tiempo de rendimiento efectivo” (EPT por sus siglas en inglés Effective Performance Time) es siempre igual o más corto que el TUC, es muy variable e individual y depende de las características individuales del sujeto, de la tarea realizada, del estrés fisiológico y mental, así como de las circunstancias que le rodean.

El EPT disminuye con el aumento de la altitud y depende de los mismos factores de tolerancia definidos anteriormente. El EPT puede llegar a ser muy corto, pero solo en altitudes que no se experimentan con frecuencia; sin embargo, en una descompresión rápida, el EPT se acortará de 1/3 a 1/2. De mayor preocupación, y más probable que ocurra, es la descompresión sutil, en la que el piloto no es consciente del aumento de la altitud de la cabina y de un EPT cada vez más corto, como se muestra en la Ilustración 15. Tiempo de rendimiento efectivo vs altitud. Dicha ilustración, muestra el tiempo efectivo de rendimiento para un individuo sano en reposo a varias altitudes, indicando la variación debido a la resistencia individual, la experiencia, el esfuerzo físico y si se produjo una descompresión rápida o simplemente se cortó el suministro de oxígeno en altitud (una descompresión progresiva).

| Altitude | | Effective performance time |
|----------|--------|----------------------------|
| (m) | (ft) | |
| 5,486 | 18,000 | 20 to 30 minutes |
| 6,706 | 22,000 | 10 minutes |
| 7,620 | 25,000 | 3 to 5 minutes |
| 8,534 | 28,000 | 2.5 to 3 minutes |
| 9,144 | 30,000 | 1 to 2 minutes |
| 10,668 | 35,000 | 0.5 to 1 minute |
| 12,192 | 40,000 | 15 to 20 seconds |
| 13,106 | 43,000 | 9 to 12 seconds |
| 15,240 | 50,000 | 9 to 12 seconds |

*Ilustración 15. Tiempo de rendimiento efectivo vs altitud
Fuente: Reinhart, 2008*

Nota.- El tiempo de rendimiento efectivo disminuye a medida que aumenta la altitud.

Sin importar cuál sea la causa de la hipoxia, los síntomas y efectos resultantes en las habilidades de vuelo son básicamente los mismos. Por lo tanto, se identifica la siguiente clasificación en función de sus causas y efectos:

- (1) **Hipoxia hipóxica.** Es el tipo más común de hipoxia y se produce cuando la cantidad de oxígeno disponible en el aire es insuficiente, como en altitudes elevadas. Por tanto, surge como consecuencia de la disminución de oxígeno en el aire respirado (ventilación), así como cualquier causa que origine una reducción del intercambio gaseoso a nivel de la membrana alveolo capilar (difusión), o la relación ventilación / perfusión. El resultado es una sangre arterial pobre en oxígeno, incapaz de suministrar la energía que necesitan los tejidos de nuestro organismo para sus reacciones metabólicas.

Entre las principales causas que originan la hipoxia hipóxica se encuentran ascensos sin oxígeno suplementario, fallos en los equipos de oxígeno (presión o concentración), despresurización de la cabina y la exposición a las bajas presiones atmosféricas, que se encuentran a grandes altitudes, debido a fallos mecánicos o errores humanos en el

manejo de los equipos de oxígeno. A nivel del mar, la hemoglobina está saturada de oxígeno aproximadamente en un 97.5%; a 10.000 ft disminuye hasta un 87% y a 20.000 ft lo está únicamente en un 65%.

- (2) **Hipoxia anémica.** Ocurre cuando la capacidad de la sangre para transportar oxígeno se ve afectada, por ejemplo, debido a una disminución en el número de glóbulos rojos o a problemas en la hemoglobina. Esto significa que aunque la presión de oxígeno sea normal, la cantidad transportada del mismo, por unidad de volumen de sangre, está disminuida y como resultado, el oxígeno llega con normalidad a la sangre arterial, pero encuentra que el “transportador” de oxígeno (Hemoglobina) no es útil para el transporte.

Un ejemplo de este tipo de hipoxia son las intoxicaciones por humos (monóxido de carbono), el tabaco (la inhalación de CO, reduce la posibilidad del transporte de oxígeno por la hemoglobina al tener el CO mayor afinidad por la hemoglobina que el Oxígeno, un gran fumador puede alcanzar niveles de Carboxihemoglobina entre 8% a 10 % en sangre), ciertas drogas (sulfamidas), que hacen disminuir la capacidad de unión de la hemoglobina con el oxígeno.

- (3) **Hipoxia circulatoria.** Se produce cuando hay una disminución en el flujo sanguíneo hacia los tejidos, lo que limita el suministro de oxígeno. En este caso, tanto la ventilación como el intercambio y el transporte de oxígeno son normales, pero existe una desaceleración en la circulación sanguínea, o bien, parte de la sangre queda retenida o secuestrada en determinadas regiones del organismo, no llegando la cantidad adecuada a otras zonas.

Entre las principales causas que determinan esta hipoxia se encuentran la vasoconstricción arterial, las obstrucciones vasculares y el estancamiento venoso, siendo ésta última de gran importancia en el tripulante sometido a altas aceleraciones. Asimismo, al producir una disminución de la presión sanguínea por encima del corazón y un aumento de la presión del árbol vascular por debajo del mismo, unido a la intensidad y duración de las aceleraciones y, a pesar de los mecanismos compensadores del organismo, determinan una hipoxia en los órganos situados por encima del corazón, sobre todo a nivel ocular y cerebral.

- (4) **Hipoxia histotóxica.** Se refiere a la incapacidad de los tejidos para utilizar el oxígeno, a pesar de que está presente en cantidades adecuadas en la sangre. En consecuencia, la sangre venosa es rica en oxígeno. Puede ocurrir debido a intoxicaciones con ciertas sustancias, por ejemplo, por cianuro (producto de combustión de los materiales del avión en caso de incendio) debido al bloqueo de la enzima que favorece la utilización del oxígeno por la célula (el citocromo oxidasa mitocondrial no puede reaccionar con el oxígeno molecular). Además, otros factores, como el CO y el alcohol que afectan a las membranas celulares también influyen a la hora de producirse la hipoxia citotóxica.

Los siguientes son algunos de los síntomas más comunes que experimenta el personal con hipoxia:

- (1) Cambio en la visión periférica, incluso notando "visión de túnel".
- (2) Deterioro de la agudeza visual, imágenes ligeramente borrosas, no puede enfocar. Revisión de la fisiología de la respiración.

- (3) Dificultad en la acomodación visual, enfocando de cerca a lejos y viceversa.
- (4) Debilidad en los músculos, más difícil cambiar el asiento del avión.
- (5) Sentirse muy cansado y fatigado, somnoliento sin motivo (no aburrimiento).
- (6) El sentido del tacto disminuye, los controles se sienten diferentes.
- (7) La sensación de dolor disminuye (el esguince de tobillo dolorido mejora).
- (8) Dolor de cabeza, especialmente si es hipóxico durante un período prolongado (2+ horas).
- (9) Aturdimiento y mareos leves, reaccionando mal en curvas cerradas. • Hormigueo en los dedos de las manos y de los pies.
- (10) Coordinación muscular disminuida, descuidada en los controles.
- (11) Tartamudeo, no puede transmitir las palabras correctas a ATC. Cianosis, labios y uñas azulados (notar en su compañero de tripulación).
- (12) Deterioro del juicio, hacer cosas tontas, pensamiento lento. • Pérdida de autocrítica, ya no te importa si eres un gran piloto.
- (13) Exceso de confianza, asumiendo riesgos que normalmente no son aceptables.
- (14) Conducta agresiva desafiante.
- (15) Respiración alterada, respiración más rápida, menos profunda.
- (16) Disminución en el tiempo de reacción.
- (17) Pérdida del sentido del tacto.
- (18) Reducción considerable de la discriminación de color y la visión nocturna (incluso en 5.000 pies).

La mayoría de estos síntomas son muy subjetivos y no son definitivos de cuán hipóxico varían de acuerdo con las condiciones físicas de la persona, estrés u otras situaciones, y cada persona reacciona de manera diferente al mismo grado de hipoxia, incluso en condiciones similares, siendo impredecibles en cualquier momento y altitud. Sin embargo, muchos de estos factores pueden reducirse tomando una serie de medidas preventivas, tales como:

- (1) Conocimiento cuidadoso y chequeo de los equipos de oxígeno antes y durante el vuelo, especialmente en vuelos por encima de 10.000 pies.
- (2) Garantizar el correcto manejo de los equipos de oxígeno a los pasajeros.
- (3) Tener vigente la aptitud psicofísica especial de vuelo

- (4) Realizar entrenamiento fisiológico en cámara hipobárica con el fin de identificar las reacciones individuales frente a la hipoxia y conocer los síntomas objetivos que ésta produce.

(c) Aceleración y fuerzas G

Durante maniobras de vuelo, los pilotos pueden estar sujetos a fuerzas G que actúan sobre su cuerpo. Las fuerzas G positivas, que empujan hacia abajo, pueden causar una sensación de presión en el cuerpo y afectar la capacidad de los pilotos para moverse y mantener la conciencia situacional. Las fuerzas G negativas, que empujan hacia arriba, pueden causar una sensación de flotación y potencialmente provocar pérdida de conciencia si son demasiado intensas y prolongadas.

De igual manera, durante el vuelo, las aeronaves están sujetas a aceleraciones en diferentes direcciones, especialmente durante maniobras de despegue, aterrizaje, giros y cambios de altitud. Estas aceleraciones pueden tener efectos significativos en el cuerpo humano debido a las fuerzas G que actúan sobre los ocupantes de la aeronave.

- (1) **Fuerzas G y aceleración.** La fuerza G se refiere a la fuerza gravitacional que actúa sobre un objeto. En la Tierra, una persona está constantemente sometida a una fuerza G de aproximadamente 1 g, que es equivalente a su peso normal. Durante el vuelo, las aceleraciones pueden resultar en fuerzas G adicionales que superan el valor de 1 G, lo que puede afectar la fisiología del cuerpo humano.
- (2) **Aceleraciones positivas (G positiva/G+).** Las aceleraciones positivas ocurren durante maniobras de despegue y ascensos, y también en giros o maniobras evasivas. Durante estas aceleraciones, la fuerza G actúa en dirección hacia los pies, lo que puede generar una sensación de presión hacia el asiento y un aumento en el peso percibido. Los efectos fisiológicos de las aceleraciones positivas son:
 - (i) **Compresión del tórax y abdomen.** Las aceleraciones positivas pueden comprimir el tórax y el abdomen, dificultando la respiración y provocando una sensación de pesadez en el pecho.
 - (ii) **Hipoxia.** Las aceleraciones positivas pueden desviar la sangre hacia los pies y las extremidades inferiores, reduciendo temporalmente el flujo sanguíneo y la oxigenación en el cerebro, lo que puede llevar a una disminución de la velocidad de procesamiento y la percepción (hipoxia cerebral).
 - (iii) **Pérdida de visión.** El flujo sanguíneo alterado puede afectar la circulación en los ojos, causando una pérdida temporal de visión conocida como visión en túnel o pérdida de visión periférica.
- (3) **Aceleraciones negativas (G negativa/G-).** Las aceleraciones negativas ocurren durante maniobras de descenso y aterrizaje, y también en giros o maniobras bruscas de reducción de velocidad. Durante estas aceleraciones, la fuerza G actúa en dirección hacia la cabeza, lo que puede generar una sensación de flotación y una disminución temporal del peso percibido. Los efectos fisiológicos de las aceleraciones negativas son:

- (i) **Descompresión del tórax y abdomen.** Las aceleraciones negativas pueden descomprimir el tórax y el abdomen, facilitando la respiración, pero también pueden causar una sensación de flotación o levitación del cuerpo.
- (ii) **Hipoxia.** Las aceleraciones negativas pueden desviar la sangre hacia la cabeza, aumentando temporalmente el flujo sanguíneo y la oxigenación en el cerebro, lo que puede llevar a una sensación de euforia o mareo.
- (iii) **Posible pérdida de conciencia.** Si las aceleraciones negativas son demasiado intensas y prolongadas, pueden llevar a una pérdida temporal de la conciencia conocida como desmayo por G (G-LOC, por sus siglas en inglés).

(4) Mitigación de los efectos de las aceleraciones en vuelo:

- (i) **Entrenamiento y concientización.** Los pilotos y tripulación deben recibir entrenamiento sobre los efectos fisiológicos de las aceleraciones y cómo reconocer y mitigar los síntomas asociados.
- (ii) **Sistemas de protección.** Algunas aeronaves están equipadas con sistemas de protección G para limitar las aceleraciones máximas y evitar situaciones peligrosas.
- (iii) **Usar equipos de restricción.** Los pilotos y pasajeros pueden usar cinturones de seguridad y equipos de restricción apropiados para reducir los efectos de las aceleraciones durante maniobras bruscas.

(d) Descompresión

El vuelo a gran altitud puede implicar descompresión, lo que puede afectar la presión interna del cuerpo y causar molestias como dolor de oídos y gases intestinales. Además, las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, pueden variar ampliamente durante el vuelo militar y afectar la comodidad y el rendimiento de los pilotos y tripulación.

Como se indicó anteriormente, en casos de descompresión, el tiempo útil de conciencia se reduce según el tipo de descompresión, como se muestra en la siguiente ilustración, después de la pérdida repentina del suministro de oxígeno para un individuo sano en reposo y moderadamente activo, tanto para una descompresión progresiva como para una descompresión rápida.

| | DESCOMPRESION Sentado | PROGRESIVA Actividad moderada | DESCOMPRESION RÁPIDA |
|--------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 18.000 | Alrededor de 40 min. | Alrededor de 30 min. | 20 a 25 min. |
| 20.000 | 10 min. | 5 min. | 3 min. |
| 25.000 | 5 min. | 3 min. | 2 min. |
| 30.000 | 1.5 min. | 45 seg. | 30 seg. |
| 35.000 | 45 seg. | 30 seg. | 20 seg. |
| 40.000 | 25 seg. | 18 seg. | 12 seg. |
| 43.000 | 18 seg. | 12 seg. | 12 seg. |

*Ilustración 16. Tiempo Útil de Conciencia según el tipo de descompresión
Fuente: Reinhart, 2008*

Nota.- Se muestra el Tiempo de Conciencia Útil después de la pérdida repentina del suministro de oxígeno para un individuo sano en reposo y moderadamente activo, tanto para una descompresión progresiva como para una descompresión rápida

Así, cuando un avión asciende a altitudes elevadas, la presión del aire en la cabina aumenta gradualmente para adaptarse a la presión atmosférica exterior. Sin embargo, en ocasiones, este proceso puede verse interrumpido, lo que conduce a la despresurización de la cabina. A continuación, se describen los principales cambios fisiológicos que ocurren debido a la despresurización en vuelo:

- (1) **Enfermedad por descompresión.** Además de los gases atrapados en las cavidades corporales, su volumen (principalmente nitrógeno) existe en otras partes del cuerpo, no en su estado gaseoso normal, pero sí en solución. A medida que aumenta la altitud, este gas sale de la solución en forma de burbujas y estos pueden producir molestias o dolor alrededor de las articulaciones o los músculos. Se pueden formar burbujas similares en el tejido pulmonar, reconocibles por una sensación de ardor o un dolor punzante en el pecho, tos y algunos. La enfermedad por descompresión rara vez ocurre por debajo de los 25.000 pies y apenas nunca por debajo de los 18.000 pies, pero esto variará con el individuo y es esencial para descender a altitudes más bajas siempre que la condición sea sospecha.
- (2) **Hipoxia.** La despresurización conlleva una disminución del oxígeno disponible en la cabina, lo que puede dar lugar a un estado de hipoxia, que es la falta de oxígeno en los tejidos y órganos del cuerpo. A medida que la altitud aumenta y la presión atmosférica disminuye, el oxígeno en el aire también disminuye, afectando la saturación de oxígeno en la sangre. Los síntomas de la hipoxia pueden incluir mareos, confusión, visión borrosa, falta de coordinación y, en casos graves, pérdida de conciencia.
- (3) **Barotrauma.** La despresurización rápida puede generar cambios en la presión dentro del cuerpo, lo que puede llevar a barotraumas. Los lugares más propensos a sufrir barotrauma son los oídos, los senos paranasales pulmones y dientes, manifestándose con dolor de oído o sensación de bloqueo debido a la presión desigual entre el interior del oído y el aire de la cabina.
 - (i) **Barotrauma del oído.** Cuando un avión asciende o desciende, la presión del aire en el oído medio puede quedar desigual en comparación con el ambiente exterior, debido a obstrucciones totales o parciales de la trompa de Eustaquio, lo que crea una diferencia de presión transtimpánica. Durante el ascenso, el aire en el interior del oído medio se expande, debiendo el exceso de volumen gaseoso salir hacia la faringe para equilibrar la presión transtimpánica. Si la trompa está obstruida, el tímpano protruye hacia el exterior produciéndose la inflamación de éste. Al revés, durante el descenso, al recomprimirse el aire en el interior del oído medio, disminuye el volumen cayendo la presión dentro de él, lo que induce que el tímpano protruya hacia el interior con la consiguiente inflamación de éste. Para equilibrar la presión transtimpánica se necesita que penetre aire desde la faringe al oído medio a través de la trompa, la cual debe estar indemne para cumplir con esta función. Por lo tanto, el tratamiento en vuelo depende del momento en que se produzca la molestia. Si se desencadena durante el ascenso es necesario bostezar o tragar saliva, para facilitar la salida del aire. Si se produce durante el descenso, se puede efectuar la maniobra de Valsalva (soplar con nariz y boca tapadas), lo que fuerza la entrada de aire al oído medio. Independientemente de lo anterior, la experiencia

indica que la Barotitis media se produce con mayor frecuencia e intensidad durante el descenso que durante el ascenso. Esto se debe a que anatómicamente para la Trompa de Eustaquio le es más fácil dejar salir el aire a dejarlo entrar.

- (ii) **Barotrauma de los senos paranasales.** Al igual que con los oídos, los cambios de presión pueden afectar los senos paranasales, causando dolor y malestar en la región facial. Al ascender, el volumen interno se expande y dado que no puede salir hacia la fosa nasal, comprime a la mucosa (tejido de revestimiento interno) contra el hueso, produciendo dolor de diversa intensidad. Al descender, el aire interno se comprime y cae la presión, lo cual haría que penetrase el aire pero, si el conducto está tapado se produce una diferencia de presión interna / externa, lo cual desencadena dolor en el sitio de la obstrucción del conducto.
 - (iii) **Barotrauma pulmonar.** Los pulmones también pueden verse afectados por cambios bruscos de presión, especialmente si hay obstrucciones en las vías respiratorias o problemas pulmonares preexistentes.
 - (iv) **Barotrauma dental.** En algunos casos, los cambios de presión pueden provocar molestias en los dientes, especialmente si hay caries o problemas dentales no resueltos. Las obturaciones dentales pueden en ocasiones dejar una burbuja de aire atrapado. Si en el interior del diente, el cual es poroso y tiene raíces nerviosas sensitivas, se expande el aire, éste puede llegar a comprimir el nervio, desencadenando el dolor clásico dental. Caso similar sucede al encontrarse inflamada la encía, la cual puede tener algunas burbujas de aire producidas por las bacterias responsables de la inflamación.
- (4) **Gases en cavidades corporales.** La despresurización puede hacer que los gases presentes en el cuerpo, como el nitrógeno, se expandan debido a la reducción de la presión ambiental. Esto puede generar molestias y dolor en los tejidos y órganos, especialmente en personas que han estado recientemente buceando o en aquellos con problemas respiratorios.
 - (5) **Efectos en el sistema nervioso central.** La falta de oxígeno puede afectar negativamente al sistema nervioso central y alterar la capacidad cognitiva y el juicio. Esto puede tener consecuencias peligrosas tanto para los pasajeros como para la tripulación durante situaciones de emergencia.
 - (6) **Cefaleas.** Las personas pueden experimentar dolores de cabeza debido a la hipoxia y los cambios en la presión del aire.

Es importante destacar que los aviones están equipados con sistemas de emergencia para abordar la despresurización. En caso de una disminución repentina de la presión de la cabina, los pilotos deben descender rápidamente a altitudes más seguras donde el oxígeno esté más disponible. Además, las mascarillas de oxígeno a bordo permiten que los pasajeros y la tripulación reciban oxígeno suplementario en caso de despresurización para evitar la hipoxia.

(e) Ilusiones visuales

Las ilusiones visuales son fenómenos perceptivos que pueden ocurrir durante el vuelo y afectar la percepción espacial de los pilotos. Estas ilusiones pueden surgir debido a

diversos factores, como las condiciones meteorológicas, la altitud, la velocidad y la orientación del avión, dentro de los más comunes que en vuelo se presentan, son:

- (1) **Ilusión de horizonte falso.** Esta ilusión ocurre en condiciones de baja visibilidad, como en vuelos nocturnos o en presencia de niebla o neblina. La falta de un horizonte visual claro puede hacer que los pilotos perciban un horizonte falso, lo que puede llevar a maniobras incorrectas y pérdida de referencia espacial. Para evitar esta ilusión, los pilotos deben confiar en los instrumentos de vuelo y no depender únicamente de las referencias visuales externas.
- (2) **Ilusión de inclinación (somatogravic).** Esta ilusión puede ocurrir durante maniobras de aceleración o desaceleración, como en despegues y aterrizajes. Cuando el avión acelera, los pilotos pueden percibir una inclinación hacia atrás, lo que puede llevar a que se aplique un control excesivo hacia adelante. Del mismo modo, durante la desaceleración, puede experimentarse la ilusión de inclinación hacia adelante, lo que podría llevar a una aplicación excesiva de la fuerza hacia atrás. Los instrumentos de vuelo y la atención a las referencias visuales adecuadas pueden ayudar a mitigar esta ilusión.
- (3) **Ilusión de vuelo en pendiente (elevador illusion).** Esta ilusión suele ocurrir durante maniobras ascendentes o descendentes. Los cambios en la velocidad vertical pueden inducir una sensación errónea de inclinación lateral. Por ejemplo, en una rápida ascensión, los pilotos pueden sentir que el avión se inclina hacia un lado, lo que podría llevar a inclinar innecesariamente el avión hacia el lado opuesto. Nuevamente, la referencia a los instrumentos y mantener una atención constante a las referencias visuales externas puede ayudar a evitar esta ilusión.
- (4) **Ilusión de inminente colisión (autokinesis).** Esta ilusión se produce cuando una luz brillante y puntual, como una luz de navegación o una luz en tierra, se mantiene estática en el campo visual durante un tiempo prolongado. La luz puede parecer que se mueve de manera errática, lo que podría llevar a que los pilotos realicen maniobras evasivas innecesarias para evitar una colisión. Mirar alrededor y enfocar en otras referencias visuales puede ayudar a superar esta ilusión.
- (5) **Ilusión de perspectiva lineal.** Esta ilusión puede ocurrir en vuelos a baja altitud, especialmente sobre superficies uniformes, como el mar o el desierto. La falta de referencias visuales cercanas puede hacer que los pilotos perciban que están volando más alto de lo que realmente están, lo que podría llevar a un descenso involuntario. La referencia a los instrumentos de vuelo y el conocimiento de la altitud real son fundamentales para evitar esta ilusión.

Adicionalmente, los cambios en la presión atmosférica, la humedad y la exposición prolongada a la luz pueden afectar la visión de diferentes maneras y tener un impacto significativo en la fisiología visual, como son:

- (1) **Sequedad y malestar ocular.** La baja humedad en el ambiente de la cabina y la exposición prolongada a la corriente de aire pueden causar sequedad ocular y malestar visual en vuelo. Los ojos pueden sentirse arenosos, irritados y con una sensación de ardor. Esto puede afectar la capacidad de los pilotos para enfocar adecuadamente y percibir objetos con claridad, lo que puede ser un problema durante situaciones críticas de vuelo.

- (2) **Fatiga visual.** Las largas horas de vuelo, especialmente en vuelos de larga distancia, pueden llevar a la fatiga visual. La concentración en instrumentos y pantallas, la falta de variedad en el enfoque visual y la luz brillante pueden contribuir a la fatiga ocular. La fatiga visual puede afectar la capacidad de los pilotos para mantener una visión nítida y enfocada durante todo el vuelo.
- (3) **Fotofobia.** La exposición a la luz solar directa a altitudes elevadas puede aumentar la sensibilidad a la luz, lo que se conoce como fotofobia. Los ojos pueden volverse más sensibles y reaccionar de manera excesiva ante la luz brillante, lo que dificulta la visión clara y puede causar molestias.
- (4) **Pérdida de agudeza visual.** La hipoxia, que es la falta de oxígeno en los tejidos del cuerpo debido a la altitud, puede afectar la agudeza visual. La disminución de la saturación de oxígeno en la sangre puede afectar el funcionamiento de los fotorreceptores en la retina, lo que conduce a una disminución temporal de la visión.
- (5) **Alteraciones de la percepción de colores.** La reducción de la presión atmosférica en vuelo puede alterar la percepción de los colores debido a cambios en la sensibilidad de los fotorreceptores en la retina. Algunas personas pueden experimentar una menor percepción de los colores o incluso una visión momentáneamente monocromática.
- (6) **Adaptación a la oscuridad.** Durante los vuelos nocturnos, la adaptación a la oscuridad puede ser un desafío. La exposición a la luz brillante en la cabina o en los instrumentos puede afectar la capacidad de los pilotos para adaptarse a la oscuridad exterior, lo que dificulta la percepción de luces de navegación y pistas de aterrizaje.

Igualmente, es importante considerar dentro de la fisiología visual el uso de los visores nocturnos:

(i) Uso de visores Nocturnos (NVG)

El uso de visores nocturnos (NVG, por sus siglas en inglés) en vuelo es una tecnología valiosa que permite a los pilotos operar en condiciones de poca luz o en la oscuridad total. Estos dispositivos amplifican la luz disponible para mejorar la visión nocturna y permiten que los pilotos vean con mayor claridad en situaciones en las que la visión normal sería limitada o nula.

Para el caso de la visión nocturna, en condiciones de poca luz, la función es asumida por los bastones en la retina, que son los fotorreceptores responsables de la percepción de luz en situaciones de baja intensidad lumínica. Los bastones son más sensibles a la luz que los conos, los fotorreceptores responsables de la visión diurna y la percepción de colores. Debido a esta sensibilidad, la visión nocturna es menos precisa y detallada que la visión diurna, pero permite una mayor sensibilidad a la luz en entornos oscuros.

En el caso del uso de visores nocturnos en vuelo, estos dispositivos amplifican la luz disponible en el entorno para proporcionar una imagen más brillante y clara del ambiente operacional. Estos dispositivos utilizan tecnología de intensificación de luz para mejorar la visión nocturna y permitir operaciones seguras en la oscuridad.

Antes de utilizar los visores nocturnos, los pilotos deben someterse a una adaptación a la oscuridad. Esta adaptación implica permanecer en un ambiente oscuro durante al menos 30 minutos para permitir que los bastones en la retina se vuelvan más sensibles a la luz. La adaptación a la oscuridad mejora la visión nocturna y la capacidad para utilizar los visores nocturnos de manera efectiva.

Aunque los visores nocturnos son herramientas valiosas, también presentan ciertas limitaciones que los pilotos deben tener en cuenta:

- (A) **Distancia de enfoque.** Los visores nocturnos tienen una distancia de enfoque limitada, lo que puede dificultar la percepción de objetos distantes con claridad.
- (B) **Deslumbramiento.** Los visores nocturnos pueden ser sensibles a fuentes de luz intensa, como faros de otros aviones o luces brillantes en tierra, lo que puede causar deslumbramiento temporal.
- (C) **Percepción de profundidad.** La visión estereoscópica (percepción de profundidad) puede verse afectada con el uso de visores nocturnos, lo que podría dificultar el aterrizaje y el despegue.
- (D) **Consideraciones de seguridad.** El uso de visores nocturnos en vuelo requiere una formación especializada y una concientización adecuada para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo. Algunas consideraciones importantes incluyen entrenamiento adecuado y específico en el uso de visores nocturnos, incluyendo la adaptación a la oscuridad y el manejo seguro y efectivo de estos dispositivos y conciencia de las limitaciones de los visores nocturnos con el fin de tomar precauciones adicionales durante el vuelo nocturno, como mantener una mayor separación con otras aeronaves y ser cautelosos con las luces brillantes en tierra.

(f) Efectos físicos por exposición al ruido

El sentido de la audición es la segunda fuente de información sensorial fisiológica importante después de la visión en vuelo. Lo que oímos y cómo lo escuchamos es cómo nos comunicamos, además de permitir detectar cambios audibles en los sonidos del motor, el flujo de aire sobre el fuselaje, cambios sutiles en los sonidos de los giroscopios o la ausencia de sonido en los instrumentos y componentes alertan sobre posibles problemas.

Por tanto, un oído bien entrenado y experimentado aprende a depender de los sonidos y, por supuesto, de la comunicación para que el vuelo sea seguro, distinguiendo señales significativas y ruidos de fondo con el fin de detectar fallar y responder adecuadamente.

Adicionalmente, el ruido generado por las aeronaves puede tener efectos físicos significativos tanto en los pilotos como en la tripulación de vuelo y en el personal de tierra cercano a las operaciones, especialmente el uso de aeronaves de alta potencia y rendimiento, que pueden generar niveles de ruido intensos.

Por tanto, la pérdida de audición puede ser incapacitante, dependiendo de la gravedad de la pérdida. Helen Keller, famosa por su capacidad para hacer frente tanto a la ceguera como a la sordera, afirmó que "la sordera es la más aislante de todas las aflicciones

conocidas por el hombre". La ironía es que, para la mayoría de los pilotos, prácticamente toda la pérdida auditiva de alta frecuencia es secundaria a la exposición prolongada al ruido.

Por el ruido, no hay razón para sufrir pérdida de audición, pues un derivado del ruido es la vibración, que es el sonido a una frecuencia más baja (10-60 ciclos por segundo o menos) en la cual hay una energía física involucrada que se siente más que escuchar, y sus efectos en el cuerpo también son capaces de perjudicar al personal aeronáutico.

Sin embargo, es importante considerar que:

- (1) Las aeronaves militares, como aviones de combate y helicópteros, están equipadas con potentes motores y sistemas de propulsión que generan niveles de ruido significativos. Estos niveles de ruido pueden alcanzar valores muy elevados, especialmente durante maniobras de despegue y aterrizaje, vuelos de baja altitud y operaciones de alta potencia.
- (2) Efectos físicos del ruido en pilotos y tripulación: Los pilotos y tripulación de vuelo están expuestos a niveles de ruido constantes durante las operaciones aéreas. Los efectos físicos del ruido pueden incluir:
 - (i) **Pérdida auditiva.** La exposición prolongada a niveles de ruido elevados puede provocar pérdida auditiva permanente o temporal en los pilotos y tripulación.
 - (ii) **Fatiga y estrés.** La exposición al ruido continuo puede causar fatiga y estrés en los pilotos, lo que puede afectar negativamente su rendimiento y toma de decisiones.
 - (iii) **Dificultades de comunicación.** El ruido de la cabina puede dificultar la comunicación entre el piloto y la tripulación, lo que puede llevar a errores de comunicación.
 - (iv) **Interferencia con la conciencia situacional.** El ruido intenso puede interferir con la conciencia situacional de los pilotos, lo que puede reducir su capacidad para mantener una comprensión clara de la situación durante el vuelo.
- (3) Efectos físicos del ruido en personal de tierra. El personal de tierra que trabaja cerca de las operaciones de vuelo militar también está expuesto a niveles de ruido significativos. Los efectos físicos del ruido en este personal pueden incluir:
 - (i) **Pérdida auditiva.** El ruido intenso puede causar pérdida auditiva en el personal de tierra si no se toman las precauciones adecuadas.
 - (ii) **Molestias y trastornos del sueño.** El ruido continuo puede causar molestias y afectar la calidad del sueño del personal de tierra que trabaja en áreas cercanas a las operaciones.
- (4) Medidas de mitigación. Para proteger la salud y el bienestar de las personas expuestas al ruido en vuelo militar, se emplean diversas medidas de mitigación, incluyendo:
 - (i) **Equipo de protección personal.** Los pilotos y tripulación de vuelo pueden utilizar equipos de protección auditiva, como auriculares con cancelación de ruido, para reducir la exposición al ruido.

- (ii) **Monitoreo y límites de exposición.** Se establecen límites de exposición al ruido para el personal de vuelo y de tierra, y se lleva a cabo un monitoreo regular de los niveles de ruido para asegurarse de que se mantengan dentro de los límites seguros.
- (iii) **Planificación de rutas de vuelo.** Se planifican rutas de vuelo que minimicen la exposición al ruido en áreas habitadas y se evitan operaciones de vuelo innecesarias sobre zonas sensibles.

(g) Efectos fisiológica por exposición a ambientes térmicos

La respuesta fisiológica a ambientes térmicos en vuelo es un aspecto crucial para garantizar la seguridad y el bienestar de los pilotos y tripulación. Durante el vuelo, las aeronaves pueden estar expuestas a una amplia variedad de condiciones térmicas, desde temperaturas extremadamente frías en altitudes elevadas hasta altas temperaturas en climas cálidos o durante el funcionamiento de los motores.

- (1) Ambientes térmicos fríos en altitud. A medida que la aeronave gana altitud, la temperatura del aire exterior disminuye considerablemente. La exposición a ambientes térmicos fríos puede tener efectos fisiológicos importantes:
 - (i) **Hipotermia.** La hipotermia es una preocupación principal en ambientes fríos de alta altitud. Los pilotos y tripulación deben protegerse con ropa térmica adecuada y calefacción de la cabina para evitar la pérdida excesiva de calor corporal.
 - (ii) **Efectos en las extremidades.** Las manos y pies son especialmente susceptibles a las bajas temperaturas, lo que puede afectar la destreza manual y la capacidad de operar los controles de la aeronave de manera efectiva.
- (2) Ambientes térmicos calurosos: En ambientes térmicos calurosos, especialmente en climas cálidos o durante la operación de los motores, los efectos fisiológicos pueden incluir:
 - (i) **Hipertermia.** Es una preocupación en ambientes calurosos. Los pilotos y tripulación deben mantener una hidratación adecuada y tomar descansos regulares para evitar el agotamiento por calor y los golpes de calor.
 - (ii) **Desgaste físico.** Las altas temperaturas pueden aumentar la fatiga física, lo que podría afectar la capacidad de los pilotos para mantener una operación segura y precisa.
- (3) Estrategias de mitigación. Para mitigar los efectos adversos de los ambientes térmicos en vuelo, se implementan diversas estrategias:
 - (i) **Acondicionamiento físico.** Mantener una buena condición física puede ayudar a los pilotos y tripulación a adaptarse mejor a diferentes ambientes térmicos.
 - (ii) **Ropa adecuada.** Utilizar ropa y equipos térmicos apropiados para protegerse tanto del frío como del calor, según las condiciones del vuelo.

- (iii) **Sistemas de climatización.** Las aeronaves modernas están equipadas con sistemas de climatización que regulan la temperatura y la humedad en la cabina para proporcionar un ambiente confortable para los ocupantes.
- (iv) **Hidratación.** Mantenerse hidratado es esencial en ambientes calurosos para evitar la deshidratación y el agotamiento por calor.
- (v) **Descansos y rotaciones.** Programar descansos y rotaciones regulares para los pilotos y tripulación en vuelos largos o en condiciones extremas puede ayudar a reducir la fatiga y mejorar el rendimiento.

(h) Efectos fisiológicos por exposición a la vibración

La vibración en el vuelo militar es un fenómeno común que puede afectar tanto a la aeronave como a los pilotos y tripulación. Las vibraciones pueden originarse por diferentes fuentes, como motores, hélices, rotores y turbulencias.

(4) Efectos fisiológicos en los pilotos y tripulación:

- (i) **Fatiga muscular.** La vibración prolongada puede llevar a la fatiga muscular en los pilotos y tripulación. Los músculos trabajan para contrarrestar las fuerzas vibratorias, lo que puede resultar en un esfuerzo excesivo y fatiga muscular.
- (ii) **Dolor y malestar.** La exposición a vibraciones intensas puede causar dolor y malestar en diferentes partes del cuerpo, como la espalda, el cuello, las extremidades y la cabeza.
- (iii) **Desorientación y náuseas.** Las vibraciones pueden afectar el equilibrio y la percepción del cuerpo en el espacio, lo que puede provocar desorientación y náuseas en los pilotos y tripulación.

(5) Efectos en el rendimiento operativo:

- (i) **Interferencia con la comunicación.** Las vibraciones pueden dificultar la comunicación entre los miembros de la tripulación, lo que puede ser especialmente problemático durante operaciones críticas.
- (ii) **Dificultades en la lectura de instrumentos.** Las vibraciones pueden dificultar la lectura precisa de los instrumentos de vuelo y navegación, lo que puede afectar negativamente el rendimiento operativo.

(6) Estrategias para mitigar los efectos de la vibración:

- (i) **Diseño de aeronaves.** El diseño de la aeronave puede incluir sistemas de amortiguación y aislamiento de vibraciones para reducir la transmisión de estas a los ocupantes.
- (ii) **Acondicionamiento físico.** Mantener una buena condición física puede ayudar a los pilotos y tripulación a resistir mejor los efectos de la vibración y reducir la fatiga muscular.

- (iii) **Asientos y sistemas de suspensión.** Los asientos y sistemas de suspensión especiales pueden ayudar a reducir la exposición a las vibraciones y proporcionar mayor comodidad durante el vuelo.

Dentro de los factores psicofisiológicos, el reconocimiento de los efectos de ilusiones ópticas y vestibulares (angulares y lineales) y la forma adecuada de responder a los mismos constituye un aspecto fundamental de la UPRT, por lo cual, las áreas que han de tratarse durante la instrucción comprenden: las condiciones que pueden conducir a una desorientación espacial, el empleo de la interpretación de los instrumentos para gestionar dicha desorientación, el reconocimiento y gestión de las ilusiones sensoriales en vuelo, entre otros, que pueden abarcarse tanto en la instrucción teórica como en la instrucción en FSTD.

Finalmente, el vuelo militar puede tener efectos fisiológicos significativos en los pilotos y tripulación debido a la hipoxia, las fuerzas G, la desorientación espacial, la fatiga y otros factores. Es esencial que los pilotos y tripulación estén bien entrenados y equipados para enfrentar estos desafíos y ejecuten acciones adecuadas, como el uso de equipo de oxígeno, descansos regulares, entrenamiento en simuladores, prácticas de vuelo seguras, entre otros, con el fin de mitigar los riesgos potenciales a nivel psicofisiológico.

4.1.2. Funciones Cognitivas

Se denomina funciones cognitivas a aquellos procesos mentales que permite al ser humano llevar a cabo cualquier tarea, una vez recibe la información, mediante las vías sensoriales, para luego ser seleccionada, transformada, reducida, elaborada, almacenada, recuperada y utilizada con el fin de desenvolverse, interactuar y adaptarse al mundo que le rodea, facultando la capacidad de responder ante estímulos e intervenir, potenciándolas y/o mejorándolas.

Las capacidades cognitivas están relacionadas con el procesamiento de la información, cuando recibimos un estímulo o input, lo interpretamos y damos una respuesta u output a través de la realización o inhibición de una conducta. Algunas de estas capacidades o habilidades las podemos asociar con regiones localizadas en nuestro cerebro, como por ejemplo, el área asociada al lenguaje está localizado en el lóbulo frontal izquierdo del cerebro, conocida como el Área de Broca. Sabiendo esto, si una persona tiene un accidente cerebro vascular o desarrolla un tumor, y las pruebas de diagnóstico nos indican que el mismo se ha producido en esta región, podremos deducir que esta persona va a tener un déficit en el lenguaje y podremos establecer un programa de estimulación para paliar o recuperar este déficit. Así mismo, la memoria se encuentra localizada entre otras regiones: en el hipocampo, el tálamo, la amígdala, los cuerpos mamilares y el cerebelo. Sin embargo, otras capacidades como por ejemplo la atención o la percepción no están asociadas de forma clara a regiones concretas del cerebro, sino que su activación se produce de forma más difusa en diferentes regiones cerebrales, repartidas por los diferentes lóbulos del cerebro, que se activan para su funcionamiento.

Las funciones cognitivas, se subdividen en básicas y superiores o complejas. Las funciones cognitivas básicas, son las más primitivas, las que primero aparecen y, por tanto, hacen posible el desarrollo de las complejas (Bonilla, González, Ríos, & Arroyo, 2018). Entre las funciones cognitivas básicas, asociadas con las actividades aeronáuticas, se encuentran las siguientes:

4.1.2.1. Funciones Cognitivas Básicas

(a) **Atención.** “La atención es un sistema complejo de subprocesos específicos mediante los que se controla el procesamiento de la información, la recepción y orientación, la capacidad de decisión y la conducta” (Roig, Ríos-Lago, & Lapedriza, 2011), el cual tiene la capacidad de focalizar selectivamente la conciencia, filtrando la información o desechando la no deseada, sin embargo, la información entrante puede exceder la capacidad del sistema nervioso para procesarla en paralelo, por lo que es necesario un mecanismo neuronal que regule y focalice, seleccionando y organizando la información. Luria (1975) definió la atención como un proceso de seleccionar la información necesaria, la consolidación de los programas de acción elegibles y el mantenimiento de un control permanente sobre estos, sin embargo, actualmente, el proceso atencional ha pasado de ser considerado como un mecanismo de procesamiento de la información, a ser un mecanismo central de control de los sistemas de procesamiento, en el cual la atención está ligada a otros procesos cognitivos tales como orientación, percepción, motivación, memoria, razonamiento y planificación. Por otro lado, los tipos de atención según el modelo clínico de la atención de (Sohlberg & Mateer, 1989):

- (1) **Arousal.** Nivel básico de la atención que produce el tono cortical y permite el estado de alerta.
- (2) **Atención focalizada.** Capacidad de responder por separado a estímulos táctiles, visuales o auditivos. No se mide el tiempo.
- (3) **Atención sostenida.** Consiste en mantener una respuesta determinada durante un largo periodo de tiempo.
- (4) **Atención selectiva.** Capacidad de seleccionar entre los estímulos del medio los apropiados para emitir el plan de acción e inhibir los estímulos irrelevantes.
- (5) **Atención alternante.** Capacidad de cambiar el foco atencional entre tareas que requieren respuestas cognitivas diferentes.
- (6) **Atención dividida.** Capacidad de atender a dos tareas al mismo tiempo.

Ahora bien, con respecto a las funciones ejecutivas, existen modelos que distinguen cuatro factores de la atención, obtenidos a través de análisis factorial. Tres de los factores guardan relación con el denominado “control atencional”: memoria operativa, interferencia y flexibilidad cognitiva; el cuarto factor hace referencia a la velocidad de procesamiento (Bonilla, González, Ríos, & Arroyo, 2018).

(b) **Orientación.** Capacidad que posibilita estar integrados correctamente en el espacio, en el tiempo y en persona, proporcionando la posibilidad de prestar atención a la información del entorno que nos resulta útil para garantizar la supervivencia.

- (1) **Orientación personal.** Capacidad de integrar información relativa a la historia e identidad personal.
- (2) **Orientación temporal.** Capacidad de manejar información relativa al día, hora, mes, año, momento de realizar conductas, festividades, estaciones, etc.

- (3) **Orientación espacial.** Capacidad de manejar información relativa a de dónde viene, dónde se encuentra en un momento específico, a dónde va, etc.

A nivel cerebral, el lóbulo parietal es el encargado de la orientación espacial, tanto del propio cuerpo, como del reconocimiento del entorno. Está involucrado en los procesos de orientación autopsíquica, los cuales permiten conocer la orientación del cuerpo en el espacio, así como de la orientación alopsíquica, la cual comprende el reconocimiento y la orientación espacial del entorno. La orientación autopsíquica está involucrada con el esquema corporal y es una función del lóbulo parietal izquierdo, mientras que la orientación alopsíquica es regulada por el lóbulo parietal derecho. La orientación temporal reside en conocer la fecha exacta (mes, año, estación del año y día de la semana), y la orientación espacial se basa en la identificación del lugar en el que se encuentra un individuo. Esto significa que la orientación es “la capacidad de saber acerca de sí mismo en relación con el ambiente” (Romero & Vázquez, 2002)), para ello, se requiere de la ayuda de otras funciones cognitivas tales como la atención, la percepción y la memoria.

Es importante, tener en cuenta que la desorientación espacial ha sido un factor importante en muchos accidentes de pérdida de control de la aeronave y el piloto es incapaz de orientarse correctamente con respecto a la superficie de la tierra, generando un conflicto de percepción entre los sentidos corporales y los instrumentos de vuelo que puede llevar a pérdidas de control de la aeronave. La atención a los instrumentos de vuelo y un buen chequeo cruzado son la clave para mantener la orientación espacial.

- (c) **Memoria.** Conjunto de habilidades mentales a través de las cuales el cerebro almacena información para su posterior utilización, trabajando de forma articulada con otros procesos cognitivos y motivacionales. La memoria, también es definida como la capacidad neurocognitiva de codificar, almacenar y recuperar información (Tulving & Craik, 2000) y como el proceso de recordar o evocar que comprende tres etapas: registro, retención o almacenamiento y recuperación (Ostrosky-Solís, 1998). En la primera fase del proceso se realiza la codificación o el registro de las señales o los estímulos que ingresan a través de los órganos sensoriales (audición, visión, gusto, tacto y olfato); una vez se ha codificado la información, esta puede ser retenida o almacenada por un periodo limitado de tiempo, se dirige entonces a la memoria de corto plazo y, para que ocurra el paso de la información de allí a la memoria de largo plazo, se requiere repetición y organización. Finalmente, dicha información es susceptible de ser recuperada o evocada, ya sea desde la memoria de corto o largo plazo (Portollano, 2005).

Por tanto, la memoria se puede clasificar del punto de vista cualitativo (es decir de acuerdo con el tipo de información, su cualidad); o desde el punto de vista temporal (es decir el tiempo que se almacena y recupera la información). En el caso de la memoria temporal, la memoria inmediata almacena información por treinta segundos aproximadamente y es relativamente dependiente de la capacidad de atención y concentración.

Dentro de esta capacidad de la memoria de codificar, almacenar y recuperar de manera efectiva información aprendida o un suceso vivido, se distinguen:

- (1) **Memoria episódica.** hace referencia a información sobre hechos y experiencias vividas, todos ubicados en el espacio y en el tiempo.

- (2) **Memoria semántica.** hace referencia a conocimientos de carácter general.
 - (3) **Memoria procedimental.** hace referencia a acciones o secuencia de actos aprendidos, la mayoría de los cuales hacemos de manera automática sin necesidad de pensar en cada gesto o movimiento que hacemos (suele resultar difícil verbalizarlos).
- (d) **Gnosias / Sensopercepción.** Son el “conocimiento vía los sentidos”, es decir, son funciones cognitivas que perciben, reconocen y almacenan información que ingresa vía sensorial: vista, gusto, olfato, tacto, oído, es por eso, que, en el reconocimiento, la percepción de un estímulo se hace consciente y el cerebro permite reconocer información previamente aprendida como pueden ser objetos, personas o lugares a través de los sentidos, razón por la cual, hay gnosias para cada uno de los canales sensitivos y gnosias que combinan diferentes canales, como son:
- (1) **Gnosias visuales.** Capacidad de reconocer de manera visual diferentes estímulos y atribuirles un significado. Estos estímulos pueden ser objetos, caras, colores o formas.
 - (2) **Gnosias auditivas.** Capacidad de reconocer de manera auditiva diversos estímulos (sonidos).
 - (3) **Gnosias táctiles.** Capacidad de reconocer mediante el tacto diferentes estímulos como la textura, los objetos o la temperatura.
 - (4) **Gnosias olfativas.** Capacidad de reconocer estímulos mediante el olfato como pueden ser diversos olores.
 - (5) **Gnosias gustativas.** Capacidad de reconocer mediante el gusto diversos sabores.

Por lo tanto, la sensopercepción se asume como un proceso cognitivo que procesa la información externa proveniente de sistemas sensoriales, para generar una elaboración de la realidad, empleando la información que llega a los receptores para analizarla y retroalimentarla con la memoria para interpretar y generar una imagen o ideación del estímulo. En el lóbulo frontal, se crea un sistema que puede tomar información que engloba diversas funciones motoras y sensoriales.

4.1.2.2. Funciones Cognitivas Superiores

Adicionalmente, entre las funciones cognitivas superiores o complejas, asociadas con las actividades aeronáuticas, se encuentran las siguientes:

- (a) **Praxias.** Habilidad para conceptualizar, planificar y ejecutar acciones motrices no habituales con el fin de interactuar con el entorno, a través de la cual se aprende a usar las manos y el cuerpo en actividades especializadas, por lo que involucra tanto habilidades motoras como cognitivas (Ayres, 1979). En esta interacción, se produce un proceso compuesto por tres pasos (Martínez, Pérez de Heredia, & Gómez, 2015):
 - (1) **Ideación.** Es la etapa en la que se forma la idea, se decide cuál es la meta, la idea de lo que se quiere hacer.

- (2) **Planeación o planificación.** Es la fase en la que se crea el plan, definido como la organización de la secuencia de movimientos necesarios para realizar la actividad.
- (3) **Ejecución.** Es la etapa en la que se lleva a cabo la acción, que se podría definir como el conjunto de acciones que permiten llevar a cabo una secuencia de movimientos previamente planeados según la idea inicial.

Para desarrollar esta habilidad se necesita de una adecuada integración sensorial, conciencia corporal, equilibrio, coordinación, control postural, tono, control motor y sobretodo un aprendizaje previo que sigue de una práctica de la actividad hasta que se consolida y simplifica la información para poder desempeñarnos adecuadamente. Por tanto, en el caso de las actividades motoras voluntarias, el sistema nervioso piramidal (responsable de los actos motores que se inician inconscientemente), el sistema extrapiramidal (responsable del control y ajuste de los movimientos inconscientes y automáticos) y el córtex premotor, son los principales mecanismos que influyen en las praxias

Por lo general, se destacan tres tipos principales de praxias:

- (1) **Ideomotoras.** Esta praxia define la ejecución de gestos o movimientos simples de forma intencionada. Normalmente, dichos gestos o movimientos se realizarían en respuesta a una orden, estímulo o para imitar un movimiento como poner cara de miedo o imitar cualquier conducta.
- (2) **Ideatorias.** Estas praxias están relacionadas con la capacidad de poner en marcha una secuencia de gestos para el uso real de objetos, lo que implica el conocimiento de la función del objeto, el conocimiento de la acción y el conocimiento del orden serial de los actos que llevan a esa acción. Por ejemplo, coger una jarra y llenar un vaso de agua o quitar un tornillo con un destornillador.
- (3) **Visoconstructivas.** Es la capacidad de planificar y realizar movimientos necesarios para organizar una serie de elementos en el espacio para formar un dibujo o figura final, como, por ejemplo, copiar un dibujo, modelar un objeto.

La utilización de movimientos automatizados en función de algún estímulo u objeto nos permite desenvolvemos de una forma más eficiente, permitiendo realizar múltiples actividades rápidamente, incluso “sin pensar”, favoreciendo el aprendizaje de las acciones humanas y la capacidad de interacción con el mundo que nos rodea de una forma más eficiente.

- (b) **Lenguaje.** Es una función superior que desarrolla los procesos de simbolización relativos a la codificación y decodificación, habilidad que nos diferencia del resto de los animales. Este sistema de símbolos se va modificando con la experiencia, las vivencias, el contexto cultural, entre otros, permitiendo el intercambio de pensamientos en el que el lenguaje juega un papel fundamental, como uno de los procesos cognitivos más relevantes y complejos del ser humano, condición necesaria para la existencia del hombre y uno de los factores imprescindibles en su desarrollo social

La capacidad del lenguaje se divide en lenguaje oral (expresado y recibido) y lenguaje escrito, que se divide en escritura y lectura, y la producción del lenguaje consiste en la

materialización de signos (sonoros o escritos) que simbolizan objetos, ideas, entre otros, de acuerdo con la construcción lingüística propia de la cultura.

Dentro del lenguaje hay diversos procesos que pueden verse afectados:

- (1) **Expresión.** Capacidad de formular ideas con sentido y de manera gramaticalmente correcta.
- (2) **Comprensión.** Capacidad de entender el significado de palabras e ideas.
- (3) **Vocabulario.** Conocimiento del léxico.
- (4) **Denominación.** Capacidad de nombrar objetos, personas o hechos.
- (5) **Fluidez.** Capacidad para producir de manera rápida y eficaz contenidos lingüísticos.
- (6) **Discriminación.** Capacidad de reconocer, diferenciar e interpretar contenidos relacionados con el lenguaje.
- (7) **Repetición.** Capacidad para producir los mismos sonidos que se escuchan.
- (8) **Escritura.** Capacidad para transformar ideas en símbolos, caracteres e imágenes.
- (9) **Lectura.** Capacidad para interpretar símbolos, caracteres e imágenes y transformarlos en habla.

En el proceso de la función del lenguaje intervienen dos áreas cerebrales especializadas, así:

- (1) **Área de Broca.** Corresponde a las áreas de Brodmann 44 y 45 en el hemisferio dominante-lóbulo frontal. Es la parte del cerebro que permite la producción del habla de forma fluida y clara.
- (2) **Área de Wernicke.** Corresponde a las áreas de Brodmann 21, 22, 39 y 42, en el lóbulo temporal izquierdo. Zona del cerebro que permite la comprensión del lenguaje que se escucha y la selección de las palabras que se emitirán para la producción del lenguaje

De acuerdo con Rodríguez (2004), el acto voluntario, que implica todas las funciones ejecutivas, fue conceptualizado por Luria y Vygotski como el resultado de un proceso de transformaciones mentales en la ontogénesis que tiene su origen en la actividad social. Estas transformaciones van de lo interpsicológico a lo intrapsicológico. Por tanto, cuando se aprende a hablar y se apropia del lenguaje, el ser humano regula su propia actividad por medio del lenguaje (p.46).

En términos generales, el fin esencial del lenguaje es el proceso comunicativo, visto como una necesidad de supervivencia que tiene todo ser humano, y para satisfacer sus deseos e intereses, para traducir los sentimientos y pensamientos en palabras comprensibles por el resto de los seres humanos, para explicar la secuenciación de una acción, contar recuerdos y expresar necesidades.

- (c) **Funciones ejecutivas.** Se denominan funciones ejecutivas a las actividades mentales complejas, necesarias para planificar, organizar, guiar, revisar, regularizar y evaluar el comportamiento necesario para adaptarse eficazmente al entorno con el fin de y para alcanzar metas o controlar y autorregular la propia conducta (Bauermeister, Barkley, Bauermeister, Martínez, & McBurnett, 2012).

Por tanto, las funciones ejecutivas, son un grupo de habilidades que nos permiten planificar las acciones, tomar decisiones, generar un plan de acción y evaluar metas y submetas, monitoreando los diferentes pasos orientados a la meta, reorientar y corregir las acciones que nos desvíen de la acción que queremos conseguir.

Este conjunto de capacidades cognitivas, se encuentran relativamente delimitadas en las estructuras prefrontales del cerebro, corteza prefrontal dorsolateral, la corteza prefrontal ventromedial, la corteza prefrontal orbitofrontal y la corteza cingulada anterior, áreas que se desarrollan a lo largo del ciclo vital y del desarrollo del individuo, de hecho, algunas investigaciones revelan que ellas terminan de madurar hasta los veinticinco años de edad, siendo esto algo vinculado a la maduración cerebral, por tanto, las funciones ejecutivas tienden a decaer según se va envejeciendo, tanto de manera normativa, como si se dan problemas neurológicos.

Entre las habilidades más representativas de las funciones ejecutivas, tenemos:

- (1) **Planificación.** Capacidad para generar objetivos, desarrollar planes de acción, elegir el más adecuado, pensar en el futuro y anticipar mentalmente la forma correcta de ejecutar una tarea o alcanzar una meta específica.
- (2) **Flexibilidad cognitiva.** Capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios con el propósito de lograr metas a corto, mediano o largo plazo, cambiando un esquema de acción o pensamiento en relación con las condiciones del medio o de las condiciones en que se realiza una tarea específica, y requiere de la capacidad para inhibir este patrón de respuestas y estar en capacidad de cambiar de estrategia.
- (3) **Memoria de trabajo.** Capacidad para mantener información de forma activa por un breve periodo de tiempo, sin que el estímulo esté presente al realizar una acción o resolver problemas utilizando información activamente, y es utilizada también para estructurar el proceso de pensamiento, la fluidez, la velocidad y la precisión en la búsqueda y actualización de la información.
- (4) **Monitorización.** Capacidad para supervisar la conducta que llevamos a cabo y asegurarnos de que cumple el plan de acción establecido.
- (5) **Inhibición.** Capacidad para ignorar los impulsos o la información irrelevante tanto interna como externa cuando se está realizando una tarea, permitiendo regular las propias actuaciones mediante la detención de la conducta, generando resistencia a impulsos concretos, cesando una acción e impidiendo que informaciones inocuas interfieran en la conducta, controlando respuestas impulsivas o automáticas y generando respuestas mediadas por la atención y el razonamiento.
- (6) **Adaptabilidad.** Capacidad para adaptarse y responder ante situaciones novedosas, de las que se carece de experiencia previa y para adaptar la conducta y pensamiento

a situaciones novedosas, cambiantes o inesperadas, permitiendo realizar cambios a situaciones o actuaciones planeadas, adaptándose al entorno.

- (7) **Toma de decisiones.** Capacidad para elegir una opción entre diferentes alternativas, de manera eficiente y meditada, sopesando los resultados y las consecuencias de todas las opciones.
- (8) **Resolución de problemas.** Capacidad para resolver problemas, estableciendo relaciones causales entre ellos para llegar a una conclusión lógica ante el planteamiento de una incógnita.
- (9) **Estimación temporal.** Capacidad para calcular de manera aproximada el paso del tiempo y la duración de un suceso o actividad.
- (10) **Ejecución dual.** Capacidad para realizar dos tareas diferentes al mismo tiempo, prestando atención a ambas de manera constante.
- (11) **Branching (multitarea).** Capacidad de organizar y realizar tareas óptimamente de manera simultánea, intercalándolas y sabiendo en qué punto están cada una en cada momento.
- (12) **Fijación de metas.** Capacidad asociada a la motivación, que permite decidir cómo invertir la propia energía y hacia dónde dirigir la conducta.

Todas las actividades que realiza el ser humano requieren la utilización de nuestras funciones cerebrales, lo que implica millones de conexiones neuronales repartidas por los lóbulos cerebrales y la activación de diferentes áreas del cerebro para desenvolvernos adecuadamente con nuestro entorno y procesar la información que obtenemos por diversos canales.

Por tanto, las funciones cognitivas son de vital importancia para realizar la exploración del componente atencional, cognitivo, de lenguaje y la percepción y ejecución de un proceso que permite dar cuenta de las diferentes asociaciones como lo es el ámbito aeronáutico.

Actualmente, existen pruebas calificadas y administradas por computadora, diseñadas para evaluar déficits neurocognitivos o psicológicos que pueden afectar el rendimiento del vuelo o el entrenamiento de vuelo. La Administración Federal de Aviación (FAA) utiliza la batería CogScreen Aeromedical Edition (CogScreen-AE por sus siglas en inglés) cuyo objetivo identificar cambios sutiles en el funcionamiento cognitivo de pilotos actuales y potenciales, con el fin de garantizar la seguridad a nivel aeronáutico, midiendo, atención, tiempo de reacción, memoria inmediata, memoria de corto plazo, funcionamiento ejecutivo, funciones de secuenciación, funcionamiento visual perceptivo, problemas lógicos resolviendo habilidades de cálculo y habilidades de procesamiento simultáneo de información, claves para el desempeño operacional.

Finalmente, existen factores que pueden alterar las capacidades cognitivas tales como enfermedades neurodegenerativas, trastornos del neurodesarrollo, discapacidades intelectuales, el consumo de sustancias psicoactivas, alcoholismo, traumas severos físicos o mentales, entre otros, que pueden afectar de manera aguda o crónica la actividad cerebral.

4.2. Fatiga

El término fatiga es definido por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI, 2016) como el “estado fisiológico que se caracteriza por una reducción de la capacidad de desempeño mental o físico debido a la falta de sueño o a periodos prolongados de vigilia, fase circadiana, y/o carga de trabajo (actividad mental y/o física) y que puede menoscabar el estado de alerta de un miembro de la tripulación y su habilidad para operar con seguridad una aeronave o realizar sus funciones relacionadas con la seguridad operacional”.

Desde un punto de vista operacional, la Federal Aviation Administration (FAA, 2008) define la fatiga como “una condición caracterizada por una sensación de incomodidad creciente con reducción de la capacidad para trabajar, de la eficiencia en cumplir metas, de la capacidad para responder a estímulos y usualmente está acompañada por la sensación de cansancio y agotamiento”. (Citado por Nesthus, 2009).

Según la Organización de Aviación Civil Internacional, en su anexo 1, la fatiga es una reducción fisiológica de la capacidad de desenvolvimiento física y/o psíquica que puede reducir la alerta y la habilidad de la tripulación de operar de manera segura la aeronave y las actividades relacionadas, lo que representa un desbalance entre el esfuerzo y el descanso, razón por la cual se afecta el sueño y se presentan alteraciones del ritmo circadiano.

Este mismo organismo, ha asociado a la fatiga, más de 80 trastornos del sueño como son: la apnea obstructiva del sueño, el insomnio, la narcolepsia, el síndrome de piernas inquietas, entre otras patologías que sumadas a factores mencionados anteriormente aumentan el riesgo de fatiga en las tripulaciones (OACI, 2016).

En el libro “El espíritu de San Luis”, escrito por Charles Lindbergh, él mismo describe lo que podría llamarse la evidencia de los síntomas de la fatiga, al narrar su hazaña de realizar el primer vuelo solitario hecho por el hombre, sin escalas desde la ciudad de Nueva York a París, en el año de 1927, así: “Mi mente se desvía de la cabina y regresa. Mis ojos se cierran y se abren, y se cierran de nuevo (...) mi cuerpo, que definitivamente sabe que lo que más quiere en el mundo es dormir. Ahí está mi mente, constantemente tomando decisiones que mi cuerpo se niega a cumplir” (Lindbergh, 1975, p.376). Así, un piloto fatigado puede alterar su capacidad para volar, sentirse agotado puede conllevar a una disminución del estado de alerta, rendimiento, concentración en la tarea y compromiso con el cumplimiento de la misión, e incluso puede afectar su proceso de toma de decisiones.

Adicionalmente, estudios realizados han encontrado que la atención dividida, entendida como la capacidad de atender o realizar dos o más tareas de manera simultánea, también se ve alterada de manera negativa (Espert & Villalba, 2014). De igual manera, se ha observado que tras un estado de vigilia continua de más de 20 horas, se disminuye la memoria de trabajo, tanto a estímulos auditivos como visuales y se presentan efectos perjudiciales no sólo en el bienestar físico y emocional, sino también en medidas de rendimiento como el tiempo de reacción, el estado de alerta, la toma de decisiones y el procesamiento cognitivo y un deterioro significativo en los procesos de razonamiento y vigilancia (Hartzler, 2014).

Actualmente, a nivel aeronáutico, se emplean autoregistros por parte de los miembros de la tripulación para llevar identificar signos y síntomas asociados a la fatiga, con el fin de llevar a cabo medidas de mitigación para la prevención de la misma, entre los cuales se pueden citar la escala de Epworth, la cual es útil para la medición del efecto de la somnolencia en la vida diaria y ha sido utilizada a nivel clínico para evaluar si una persona sufre de somnolencia diurna

excesiva, en donde puntuaciones por encima de 7 indican la presencia de somnolencia; la escala de somnolencia de Karolinska y la escala de Samn-Perelli; permiten medir de manera subjetiva durante las operaciones de vuelo la fatiga, registrando autovaloraciones de la medida de somnolencia y de fatiga en una escala de 1 a 9, siendo 1 extremadamente alerta y 9 extremadamente somnoliento de 1 a 7, siendo 1 plenamente alerta y muy despierto y 7 completamente exhausto incapaz de funcionar efectivamente, respectivamente para cada prueba; el cuestionario de fatiga de Chalder, también conocido como escala de fatiga de Chalder, que contiene 11 ítems que miden la severidad de la fatiga física (primeras 7 preguntas) y mental (últimas 4 preguntas). Existen dos métodos de calificación: puntaje bimodal y puntaje Likert o continuo; el primero asigna puntajes de 0 a las columnas menos de lo usual y no más de lo usual, y de 1 a más de lo usual y mucho más de lo usual, esta calificación permite obtener puntajes finales de 0 a 11, puntajes menores de 4 se consideran sin fatiga y mayores de 4 con fatiga. La calificación tipo Likert asigna puntajes de 0 a la columna menos de lo usual, 1 a no más de lo usual, 2 a más de lo usual y 3 a mucho más de lo usual, con un puntaje final de 0 a 33.

Así mismo, es importante mencionar que la fatiga afecta de manera individual, los síntomas, aunque comunes, deben ser considerados de manera personal, con el fin de generar planes de tratamiento individualizados y en lo posible, de manejo interdisciplinario, de acuerdo con las necesidades del personal aeronáutico que lo experimenta.

Sin embargo, aunque la fatiga puede desarrollarse a partir de varias fuentes, el factor importante no es la causa, sino el impacto negativo que ejerce sobre la persona y su habilidad para ejecutar tareas, conllevando a la inhabilidad para funcionar y ejecutar tareas que requieren una adecuada reacción, destreza manual, concentración, y procesos de alto nivel intelectual en entornos militares.

Así las cosas, se abordarán el ritmo circadiano, la arquitectura del sueño y la deuda de sueño, los efectos de la fatiga, la relación entre la fatiga y el rendimiento humano, elementos clave para conocer e identificar la importancia del descanso y del sueño en el personal aeronáutico y prevenir la fatiga que se puede generar por la pérdida de sueño o alteraciones en el ritmo circadiano.

(a) Ritmo Circadiano

En el transcurso de un día de 24 horas, el estado de alerta humano aumenta y disminuye de una manera altamente predecible. Este patrón natural se conoce como el ciclo circadiano (circa: aproximadamente; diano: día) y es reflejado en el patrón diurno del sueño y la vigilia. Muchos otros parámetros fisiológicos son gobernados por este mismo ritmo circadiano, por ejemplo, la temperatura corporal central y la función endocrina, como el cortisol y la hormona del crecimiento humano.

Evolucionando a lo largo de milenios, este patrón circadiano es consistente en todas las especies de mamíferos, incluidos los humanos, y es altamente resistente al cambio. La mayoría de los seres humanos tienen un reloj innato de 24.5 a 25.0 horas (Horne, 1988). Este reloj circadiano de 24 horas está regulado por señales como la exposición a la luz, las comidas, ejercicio y señales sociales.

Cuando se interrumpen los ritmos circadianos, se produce la desincronización (jet lag), cuando se viaja hacia el norte y el sur, no hay cambios de zona horaria, pero son síntomas similares a los del jet lag tradicional. Estos síntomas incluyen dolor de cabeza, falta de sueño, estreñimiento, hábitos alimenticios alterados, vértigo, mala memoria a corto plazo,

depresión, y otros. Tenga en cuenta que estos son similares a los síntomas asociados solo con fatiga. Por lo tanto, la fatiga es esencialmente el síntoma más significativo de desincronizado, pero por diferentes causas.

(b) Arquitectura del sueño

Generalmente se pensaba que el cerebro estaba tranquilo durante el sueño. Sin embargo, ahora reconocemos que hay momentos en los que el cerebro dormido está más activo que durante su estado de vigilia. Cuando estamos dormidos, no podemos controlar nuestro propio comportamiento, razón por la cual el sueño ha sido objeto de un intenso estudio científico durante años.

Horne (1988) define el sueño como "el descanso y la recuperación del desgaste de la vigilia", considerando que aproximadamente un tercio de nuestras vidas transcurrimos en esta condición. De hecho, existe un reconocimiento casi universal de que los seres humanos adultos sanos requieren aproximadamente ocho horas de sueño por noche para mantener una eficacia cognitiva completa.

Al igual que muchos otros parámetros fisiológicos, existen variaciones individuales en este requisito para el sueño, con algunos individuos que requieren más y otros menos de ocho horas de sueño por noche (Hancock & Szalma, 2008).

La preferencia por la mañana y la noche también es un determinante significativo de los patrones de sueño. Desde una edad muy temprana, los individuos muestran diferencias en el estado de alerta de la mañana a la noche y esta característica se ha denominado preferencia mañana-tarde (M-E) y tiende a permanecer bastante constante a lo largo de la vida.

Como se puede observar en la Ilustración 17. Cambios en los patrones de sueño durante la vida., los recién nacidos tienen muy poco sueño contiguo. Sin embargo, cuando cumplen un año, los niños suelen dormir toda la noche. La siesta es común en bebés y niños pequeños, pero en su mayor parte, la siesta desaparece a medida que los niños alcanzan la edad de la escuela primaria. En los adolescentes y adultos jóvenes, hay otro cambio en los patrones de sueño. En realidad, este grupo requiere significativamente más horas de sueño que sus contrapartes adultas, aproximadamente de 0,5 a 1,25 horas más por noche.

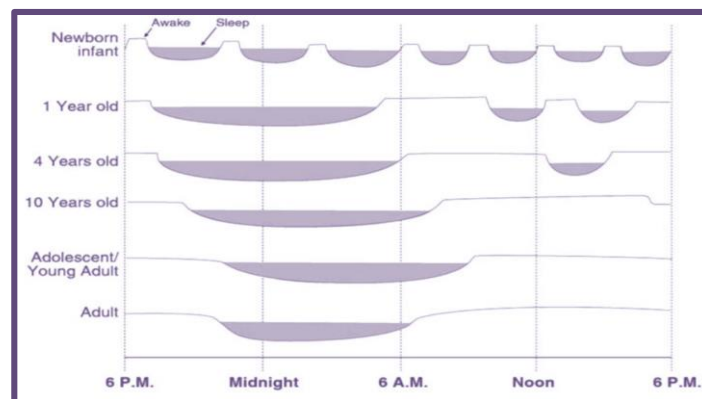


Ilustración 17. Cambios en los patrones de sueño durante la vida.
Fuente: Hancock & Szalma, 2008

Nota.- Esta ilustración refleja las necesidades de sueño cambian a lo largo de la vida.

De acuerdo con el patrón de liberación de melatonina en este grupo de edad, la hora de acostarse se retrasa con despertares más tardíos. Por tanto, es importante reconocer que muchas personas que sirven en las fuerzas militares y de policía, especialmente aquellos en los rangos de subalternos y oficiales subalternos, todavía se encuentran en esta categoría de sueño de adolescentes y adultos jóvenes y requieren de 8.5 a 9.25 horas de sueño por noche. Cuando las personas alcanzan los 20 años hasta la mediana edad, los requisitos de sueño son bastante estables, alrededor de 8 horas por noche.

Los científicos han desarrollado métodos elaborados (por ejemplo, polisomnografía o PSG) para obtener información sobre las actividades del cerebro dormido. Estos métodos incluyen el electroencefalograma, un monitoreo de la actividad eléctrica en la superficie del cerebro mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo. Electrodo similares registran la actividad muscular asociada con los movimientos oculares, es decir, electrooculogramas. Las grabaciones muestran que, en el transcurso de un período típico de sueño de ocho horas, el cerebro humano experimenta dos tipos de sueño, el movimiento ocular rápido (REM) y el movimiento ocular no rápido (NREM). Estos dos tipos de sueño tienen funciones diferentes y se caracterizan por comportamientos distintivos. El sueño NREM se puede dividir a su vez en cuatro etapas de sueño progresivamente más profundas (Etapa 1 a Etapa 4). La etapa 0 se refiere al estado de vigilia.

Como se muestra en la siguiente ilustración, en el transcurso de una noche típica, el sueño NREM y REM ocurre en un ciclo, con aproximadamente 60 minutos de sueño NREM seguidos de aproximadamente 30 minutos de sueño REM. Este ciclo de 90 minutos se repite a lo largo de un período de sueño típico; sin embargo, la mayor parte del sueño profundo (es decir, las etapas 3 y 4 de NREM) ocurre en el primer tercio de la noche, y los períodos REM son más cortos al principio de la noche y luego se vuelven más largos y ocurren con más regularidad más adelante en el período de sueño. En general, alrededor del 25% del tiempo de sueño se pasa en el sueño REM y alrededor del 50% se pasa en la etapa 2 de NREM.

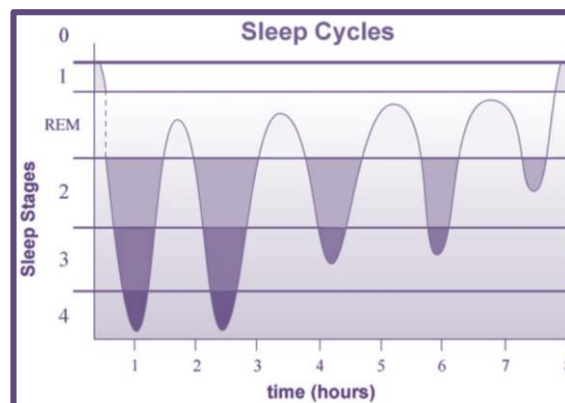


Ilustración 18. Etapas típicas del sueño en el transcurso de una noche
Fuente: Hancock & Szalma, 2008

Nota.- Esta ilustración muestra las etapas del sueño en ciclos de sueño de aproximadamente 90 minutos. En la primera mitad de un evento de sueño contiguo de ocho horas, se pasa relativamente más tiempo en un sueño más profundo (Etapas 3 y

4), mientras que las Etapas 1 y 2 y el sueño REM son más frecuentes en la segunda mitad de un período de sueño de ocho horas.

- (1) **Etapas 1.** Es el tiempo que transcurre entre la vigilia y el momento en que la somnolencia se apodera de ella. Las ondas cerebrales comienzan a disminuir, el cuerpo se relaja y la temperatura corporal, la respiración y la frecuencia del pulso disminuyen. Algunas personas notan (o ven en otras) un movimiento rápido y espasmódico de los músculos, lo que es una indicación de un cambio en la actividad cerebral. Esto puede despertar a la persona que duerme, pero rápidamente vuelve a dormirse. Esta etapa dura solo entre 1 y 10 minutos, dependiendo de la rapidez con la que una persona se duerma normalmente.
- (2) **Etapas 2.** La actividad cerebral aumenta durante un tiempo con muchas ráfagas cortas de pensamientos y recuerdos. Los músculos continúan relajándose, las funciones corporales continúan disminuyendo y la respiración es uniforme y constante. Si una persona se despertara durante esta etapa, podría negar que estaba dormida, aunque en realidad lo estaba. Esta etapa dura unos 10 minutos.
- (3) **Etapas 3.** La relajación continua ocurre con respiraciones aún más lentas y una frecuencia del pulso más lenta. El cuerpo está casi totalmente en reposo y es difícil despertar a alguien en esta etapa. Si se despierta, no se sentirá descansado y, de hecho, podría sentirse más cansado. Algunos dicen que esta es la entrada al sueño "delta". mientras que la primera etapa a menudo se denomina sueño "alfa", ambos relacionados con el tipo de ondas cerebrales en un electroencefalograma, que es la medición.
- (4) **Etapas 4.** Esta es la parte más profunda del sueño. El cuerpo está completamente relajado y la actividad cerebral es lenta. Una persona podría considerarse inconsciente y sería muy difícil de despertar. Esta etapa dura entre 30 y 45 minutos y es el período más largo del ciclo y el más importante para obtener un sueño de calidad; sin embargo, la mayor parte del sueño profundo ocurre en el primer tercio de la noche, y los períodos de sueño REM son más cortos al principio de la noche y se vuelven más largos más tarde.

Es esta cuarta etapa la que se hace más corta y menos profunda a medida que envejecemos. Además, si esta etapa del sueño se interrumpe por cualquier motivo, y una persona se despierta mientras está en la cuarta etapa, estaría muy aturdida (llamada inercia del sueño), probablemente incapacitada durante 10-15 minutos, y terminaría con un ciclo de sueño "perturbado". Las siestas deben programarse para que no duren demasiado en la cuarta etapa del sueño. Por lo general, dependiendo de la hora de la noche, despertarse antes de los 40 minutos de sueño no debería causar un problema de inercia del sueño.

Concurrente con las cuatro etapas del sueño, la fase REM entra unos 60 minutos después de quedarse dormido. La frecuencia del pulso y la presión arterial fluctúan, los músculos más grandes permanecen relajados, pero los músculos más pequeños (dedos de las manos y los pies) pueden contraerse y, por supuesto, los ojos se mueven rápidamente incluso mientras duermen. Esta etapa REM coincide con el regreso del ciclo a la etapa 1 y puede durar de 10 a 30 minutos antes de que el ciclo regrese a la etapa 2. A medida que cada ciclo se repite (aproximadamente cada 90 minutos), se pasa menos tiempo en las etapas 3 y 4 y más en REM; por lo tanto, la mayor parte del sueño profundo y productivo

ocurre temprano en la sesión de sueño total, y REM ocupa más el sueño durante el final de la sesión.

En este sentido, las cantidades adecuadas de sueño REM y NREM son necesarias para un funcionamiento óptimo en los seres humanos. En un laboratorio del sueño, los seres humanos pueden ser privados de una sola etapa de sueño, conocida como privación parcial del sueño. Cuando se le permite dormir después de la privación parcial del sueño, el cuerpo se recuperará a la etapa de sueño de la que fue privado, recuperando el sueño perdido. La privación total del sueño, ocurre cuando el participante de la investigación se mantiene despierto continuamente y puede ser visto tanto en condiciones de laboratorio como de campo. Cuando se le permite dormir después de experimentar la privación total del sueño, el cuerpo se recuperará entrando rápidamente en las etapas profundas del sueño, lo que lleva a los científicos a especular que estas etapas profundas del sueño son muy importantes. Cuando se despierta del sueño profundo, una afección conocida como inercia del sueño es común y se caracteriza por una reducción del estado de alerta y del funcionamiento cognitivo.

Aunque un breve período de inercia del sueño generalmente ocurre al despertar de una noche normal de sueño, la inercia del sueño puede durar aún más cuando se despierta de etapas profundas del sueño. En entornos operativos, en los que los seres humanos se ven privados de cantidades adecuadas de sueño profundo, ambas condiciones, el rebote a las etapas de sueño más profundas y la inercia del sueño resultante cuando se despiertan del sueño profundo, pueden ser una receta para el desastre.

El sueño nocturno insuficiente o "deuda de sueño" ocasionados por eventos como viajes a través de diferentes zonas horarias, trabajo por turnos y vigilia prolongada contribuirán a la falta de sueño, condiciones notablemente comunes en entornos militares en los que las operaciones continuas o sostenidas son obligatorias. En el peor de los casos, una condición conocida como desincronización circadiana puede ocurrir en que este patrón natural de sueño y vigilia se interrumpe por completo.

El sueño se ha comparado con un depósito, que se llena en el transcurso de una noche de sueño y se agota durante las horas de vigilia. Cuando esta reserva de sueño no está llena, hay una "deuda de sueño", que puede acumularse de múltiples maneras. La falta de sueño puede ser causada por privación aguda del sueño resultante de un solo período de vigilia sostenida y una deuda aguda de sueño se ve comúnmente en operaciones continuas, como las que se experimentan con frecuencia en operaciones militares y operaciones de emergencia, como extinción de incendios y actividades médicas y de respuesta de emergencia.

Por tanto, existe una relación directa entre el rendimiento y la fatiga evidenciándose efectos de la privación del sueño en el rendimiento cognitivo humano. En particular, las tareas de vigilancia son exquisitamente sensibles a la fatiga causada por la falta de sueño. En un laboratorio bien controlado experimentos, la privación del sueño se ha relacionado con un rendimiento cognitivo degradado, demostrando también que la recuperación de la pérdida severa de sueño no ocurre durante la noche o incluso después de tres noches de sueño normal.

En la literatura científica, el aprendizaje y la memoria se han asociado con el sueño REM, con la afirmación de que la consolidación de la memoria se produce durante el sueño REM. Sin embargo, las investigaciones indican que Las etapas profundas del sueño también

son necesarias para la memoria. Persiste el debate sobre la importancia relativa de varias etapas del sueño, pero cada vez hay más evidencia que apoya la idea de que el sueño adecuado es un requisito para el aprendizaje y la memoria efectivos.

Por otro lado, la salud física también depende de recibir cantidades adecuadas de sueño. Las investigaciones demuestran que la resistencia a las enfermedades se degrada cuando se le priva del sueño. Incuestionablemente, sin el sueño, tanto nuestro rendimiento cognitivo y físico, como nuestra salud, se resiente, por tanto, el sueño es un factor crítico y requisito indispensable para los seres humanos.

(c) Deuda de sueño

Al igual que las necesidades humanas de comida y agua, el sueño es absolutamente esencial. Tenemos señales del cerebro cuando hay una necesidad de cada una de estas tres entidades vitales: hambre, sed y somnolencia. La somnolencia no es un signo menos importante que los demás, sin embargo, es común tratar de superar esta señal a través de varios medios y minimizar la única solución verdadera, dormir lo suficiente. Aunque es más fácil satisfacer el hambre y la sed, pero cuando el cuerpo se ve privado de sueño (agudo o crónico), el cerebro humano puede pasar espontáneamente de la vigilia al sueño de manera incontrolada para satisfacer su necesidad fisiológica de sueño.

Cuanto más somnoliento está el piloto, más rápidas y frecuentes son estas intrusiones del sueño en la vigilia, estos episodios pueden ser muy cortos, como microsueños que duran de cinco segundos a cinco minutos y que no son reconocidos por el piloto. De hecho, el piloto negará que estuviera dormido. Otros se prolongan y duran varios minutos. Con la pérdida de sueño, estos episodios de sueño incontrolables pueden ocurrir mientras se está de pie, sentado y operando aeronaves. Los pilotos se quedan dormidos mientras están en los controles, especialmente en vuelos largos. La preocupación: el piloto no es consciente de que se ha producido el sueño, ni es capaz de determinar cuándo comenzó o la cantidad de tiempo transcurrido.

La pérdida continua de sueño se acumula en una deuda de sueño y se acumula a lo largo de los días. Si necesita ocho horas de sueño por día y solo duerme seis horas, entonces tiene una deuda de sueño. Esto continuará durante los días posteriores de pérdida de sueño y, finalmente, el cuerpo requerirá dormir para continuar funcionando; De ahí la necesidad de dormir más los fines de semana o dormir hasta tarde cuando se presenta la oportunidad. Además, lo importante es la calidad del sueño, no solo la cantidad. En otras palabras, dormir más profundamente durante menos tiempo será más efectivo que un sueño ligero durante más tiempo.

(d) Efectos de la fatiga

Desde la Segunda Guerra Mundial, numerosos estudios han intentado evaluar la fatiga en las operaciones militares. Sin embargo, la dificultad de evaluar la fatiga de los combatientes de guerra en el entorno operativo ha llevado a los investigadores a la evaluación de los efectos de la fatiga y la privación del sueño a través de la simulación de tareas militares.

En un experimento llevado a cabo por Haslam (1985b), varios soldados participaron en un ejercicio de sueño restringido durante un período de 9 días. Los soldados fueron divididos en tres grupos de sueño: sin dormir, 1,5 o 3 horas de sueño por noche. Al final del período

de 9 días, la vigilancia y el rendimiento de las tareas se redujeron al 50% de los niveles previos a la prueba. Este deterioro fue de naturaleza cognitiva y el rendimiento físico se mantuvo relativamente sin cambios. El pelotón que recibió 3 horas de sueño/noche completó el estudio, mientras que los otros grupos no lo terminaron. Solo el 50% del pelotón de 1,5 horas de sueño completó los 9 días del estudio, mientras que el pelotón sin dormir fue militarmente ineficaz de continuar el estudio después de 48 horas sin dormir. (Citado por Hancock & Szalma, 2008).

Como resultado de este estudio Haslam se concluyó que "en caso de guerra, la motivación para ver y disparar al enemigo será alta, pero, sin embargo, la vigilancia en cualquier situación, y especialmente en condiciones de pérdida de sueño, es casi seguro que se deteriorará con el tiempo". Cuando la pérdida de sueño se vuelve grande, en contra de la voluntad humana, las personas se quedan dormidas por breves períodos de tiempo, lo que se conoce como microsueños.

Por tanto, la fatiga puede ocurrir de una manera aguda, es decir en un periodo relativamente corto (horas) después de una actividad física o mental significativa, o puede ocurrir en forma gradual sobre un periodo de días o semanas, como en los casos de apnea de sueño, "jet lag," o trabajo de turnos o alguien quien está involucrado en actividades físicas o mentales sin suficiente descanso.

En término de factores humanos, la situación fisiológica de la que más se habla es la fatiga. De hecho, la mayoría de los eventos fisiológicos (exposición al ruido, hipoxia, deshidratación y temperaturas extremas, entre otros) incluyen la fatiga como síntoma. La falta de sueño se considera comúnmente como la causa más frecuente de fatiga, y hay muchas razones por las que no se logra un sueño reparador. Se discutirán otras causas de fatiga, pero la falta de sueño reparador es una piedra angular y puede crear un problema acumulativo.

En consecuencia, la aviación es descrita a menudo como fuente de todas las causas de fatiga. Esta preocupación exige que todos los pilotos estén familiarizados con las diversas causas de la fatiga y los síntomas relacionados. Algunas causas no se pueden controlar (duración del vuelo, cambio circadiano, enfermedad, clima, etc.), pero el piloto experto puede hacer frente a estas situaciones estando mejor preparado, evitando causas controlables de fatiga y manteniendo un alto índice de sospecha de su rendimiento y el de los demás miembros de la tripulación.

(e) Relación entre fatiga y rendimiento humano

Como se mencionó con anterioridad, dentro de las diferentes consecuencias de las alteraciones en el ritmo circadiano se encuentra la fatiga, la cual puede ser aguda y crónica (Sagherian & Brown, 2016). La primera está en relación con las actividades diarias de trabajo, un periodo de esfuerzo extenuante o un periodo sin dormir; la mayoría de personas han padecido este tipo de fatiga que suele resolverse con un periodo de descanso, sueño y desarrollo de actividades de ocio; en los pilotos esta puede desencadenarse durante el vuelo y a la finalización del mismo. Dentro de este tipo de fatiga se encuentra la fatiga de habilidades la cual está asociada a la alteración en la concentración, percepción de objetos y pérdida de la precisión en los movimientos (Federal Aviation Administration, 2008), factores que podrían llegar a influir en la génesis de un accidente aéreo.

La fatiga crónica o acumulativa ocurre después de la recuperación incompleta de una fatiga transitoria o una acumulación de días sin dormir, y en el caso específico de los pilotos y copilotos, es el resultado de una actividad de vuelo muy intensa y sostenida durante un largo periodo de tiempo; los pacientes que la padecen pueden experimentar emociones negativas, disminución de la motivación e interés, dificultad en la concentración además de rendimiento físico reducido (Sagherian & Brown, 2016).

Entre las manifestaciones más estudiadas se encuentran las cognitivas; una encuesta realizada en una muestra de pilotos norteamericanos evidenció que más del 84% de los pilotos encuestados manifestaron que la fatiga había afectado su capacidad de vuelo, de ellos el 46% indicó que el estado de alerta, rendimiento general y concentración durante el vuelo disminuyó (Gregory et al., 2010). Lamond y Dawson (citados por Hartzler, 2014) observaron, en un estudio realizado en grupo de estudiantes universitarios, que tan solo con 24 horas de vigilia continua existía un deterioro significativo en la capacidad de razonamiento y vigilancia; estos autores llegaron incluso a afirmar que la muestra estudiada tras 20 a 25 horas de vigilia tenía una disminución en su rendimiento equivalente a la observada en personas con una alcoholemia de 0.10 (valor considerado inaceptable para conducir, trabajar y/u operar maquinaria peligrosa).

La atención dividida, entendida como la capacidad de atender o realizar dos o más tareas de manera simultánea (Espert & Villalba, 2014), también se ve alterada de manera negativa; en un estudio publicado en 2011 se evidenció que los participantes privados de 27 horas de sueño cometen más errores de omisión ante estímulos visuales y auditivos que el grupo control que había descansado adecuadamente (Jackson, 2011). Se ha observado de igual manera que tras un estado de vigilia continua de más de 20 horas, disminuye la memoria de trabajo a estímulos auditivos y visuales, capacidad que es indispensable para el piloto pues a través de ella maneja gran cantidad de información en un momento dado, lo que le permite resolver problemas (Hartzler, 2014).

Veillette (citado por Pereira, 2006) afirma que los pilotos fatigados cometen más errores, su motricidad fina es menos exacta, requieren de estímulos magnificados antes de que reaccionen, tienen más probabilidad de pasar por alto los pasos en una secuencia regular, y están menos conscientes de su pobre desempeño lo que agrava la situación. Quant (citado 27 por Hartzler, 2014), afirma que la fatiga afecta negativamente el rendimiento visual, disminuyendo por ejemplo la convergencia binocular importante para estimar con exactitud y precisión la posición relativa de los objetos.

Adicionalmente, es importante mencionar que todas estas consecuencias se ven agravadas por el hecho de que los tripulantes de cabina que se encuentran fatigados no suelen ser conscientes de que su rendimiento se ve deteriorado y por lo tanto creen estar en condiciones aptas para volar cuando realmente no lo están (Hartzler, 2014).

La fatiga también origina efectos perjudiciales fisiológicos, se ha evidenciado un aumento significativo en los niveles de cortisol (hormona liberada ante situaciones de estrés), mayor riesgo de diabetes, y enfermedades cardiovasculares a largo plazo (Hartzler, 2014). Entre los síntomas físicos relacionados con la fatiga se encuentran: cefaleas, síntomas gastrointestinales como diarrea, gastritis, distensión abdominal, estreñimiento, dolores musculares (cervicalgia, dorsalgia o lumbalgia), taquicardia, palpitaciones, astenia (Pérez, Moreno & Ortiz, 2009). En la revisión de la literatura se evidencia también aumento en la frecuencia de trastornos psiquiátricos, disminución del optimismo y sociabilidad y aumento de conductas de riesgo. (Hartzler, 2014).

Por esto, es importante generar conciencia acerca de la fisiología del sueño, cómo el sueño está influenciado por nuestras actividades y lo que podemos controlar para lograr el sueño, de manera que el personal aeronáutico, incluido el piloto, puede permanecer seguro y productivo al garantizar un sueño reparador.

Otros síntomas específicos de fatiga exclusivos de un piloto en vuelo incluyen los siguientes:

- (1) **Aumento del tiempo de reacción.** El piloto tarda más en reaccionar ante un cambio o una emergencia. La respuesta automática e instintiva a cualquier vuelo anormal se ralentiza, como la recuperación de un giro cerrado que está perdiendo altitud o el reconocimiento de un establo. Tiene el potencial de convertir problemas menores en accidentes graves, tanto en el aire y en tierra.
- (2) **Procesos de pensamiento canalizados.** El piloto, que ya es multitarea, tiende a concentrarse en un pensamiento o actividad a la vez, en lugar de en varios, como se hace esencial para volar. La respuesta al ATC o a los compañeros de tripulación es prolongada.
- (3) **Fijación.** El piloto se enfoca solo en un estímulo e ignora otros aspectos relevantes dentro del vuelo, aquí el piloto se fija en un solo instrumento, mirando fijamente a una luz de advertencia en el panel o escuchar atentamente un sonido extraño que no es un factor en la huida. El escaneo del instrumento se vuelve menos eficiente y el tráfico se falló porque el piloto se está concentrando en algún objeto debajo.
- (4) **Pérdida de memoria a corto plazo.** El piloto olvida rápidamente situaciones, instrucciones ocurridas, como, por ejemplo, olvidar cambiar la frecuencia indicada por el ATC.
- (5) **Deterioro del juicio y la toma de decisiones.** Se cometen errores tontos y, aunque pueden ser insignificantes, pueden convertirse fácilmente en otro eslabón en una cadena creciente de eventos que conducen a un incidente o accidente, minimizando la evaluación de riesgos. Por ejemplo, el piloto toma oportunidades y atajos en lugar de seguir los procedimientos establecidos.
- (6) **Distraerse fácilmente.** Un estímulo percibido sensorialmente se vuelve más importante que la tarea a ejecutar en ese momento. Por ejemplo, no terminar la secuencia de la lista de verificación porque se distrae con una conversación que es irrelevante para el vuelo.
- (7) **Vuelo descuidado.** Las habilidades motoras finas se ven comprometidas, pierde el ajuste fino de los giros, las subidas y los cambios en la configuración de potencia.
- (8) **Disminución de la percepción visual.** Se tarda más en enfocar (acomodar) desde un objeto distante a un objeto cercano. Esto se vuelve especialmente crucial cuando se vuela una aproximación instrumental al aterrizaje.
- (9) **Cambio de personalidad.** Se vuelve más irritable y lábil fácilmente con problemas menores. Hay un aumento de la intolerancia a las pequeñas molestias.

(10) **Depresión.** A pesar de que el piloto normalmente podría tener una perspectiva positiva de la vida, la fatiga puede generar una rica imaginación de las cosas que pueden salir mal.

Es importante mencionar, que la fatiga operacional constituye la primera y más importante causa de incapacitación velada no evidente en vuelos porque degrada la capacidad para responder e incrementa el error y la omisión inadvertida. El personal aeronáutico no está generalmente expuesto a los mismos estresantes operacionales (días laborales largos, interrupciones circadianas por volar de noche o cambios de zonas horarias, o cambios de programación), sin embargo, todavía desarrollaran fatiga por una variedad de otras causas.

(f) Prevención de la Fatiga

Una de las principales estrategias, para mitigar los riesgos asociados a fatiga, es tener un sueño adecuado y reparador, de manera que le proporcione al cuerpo un tiempo de descanso y recuperación suficiente que evite desencadenar problemas físicos, cognitivos y conductuales.

En promedio, un adulto saludable funciona mejor con ocho horas de sueño no interrumpido, pero variaciones personales significativas ocurren, por ejemplo, un incremento en dificultades de sueño ocurre cuando envejecemos, con el acortamiento significativo del sueño nocturno o una variedad de condiciones médicas puede influir en calidad y su duración, como: apnea del sueño, síndrome de piernas inquietas, ciertos medicamentos, depresión, estrés, insomnio, y el dolor crónico, algunos factores sociales o de comportamiento más comunes son: actividades hasta altas horas de la noche (veladas) el uso excesivo de alcohol o cafeína, viajar, conflictos interpersonales, medio ambiente desconocido o incómodo, y trabajo en turnos.

Nadie es inmune a la fatiga, en nuestra sociedad, el establecimiento amplio de medidas preventivas para combatir la fatiga es a menudo una meta muy difícil de alcanzar. Los individuos, así como las organizaciones, con frecuencia ignoran el problema hasta que ocurre un accidente y aun entonces, la implementación de cambios duraderos no está garantizada. A nivel aeronáutico, en el contexto de la Aviación de Estado, regular el tiempo de descanso y de servicio para las actividades aeronáuticas ha sido establecido por cada Ente de Aviación de Estado, de acuerdo con la misión y desempeño operacional y de entrenamiento, generando sus propendiendo por la gestión de la seguridad y la salud operacionales del personal aeronáutico.

Los cambios en el estilo de vida dependen de las condiciones personales y de la voluntad humana para llevar a cabo modificaciones cognitivas y conductuales en pro de una mejor calidad de vida. Sin embargo, es importante tener en cuenta que hábitos atómicos, perdurables en el tiempo hacen la diferencia en el logro de grandes transformaciones. Por tanto, recuerde que:

- (1) La aviación y las sustancias psicoactivas (incluido el alcohol) son incompatibles e intolerables en términos de salud y seguridad operacional.
- (2) Evite tomar bebidas negras o grandes cantidades de comida 3-4 horas antes de irse a dormir.

- (3) Practique técnicas de relajación antes de acostarse.
- (4) Realice ejercicio mínimo 30 minutos, hasta 3 horas al día.
- (5) Practique técnicas de mindfulness u otras de atención plena para despertar la autoconciencia y el estar en el aquí y en el ahora en todo momento.
- (6) Consulte al equipo de factores humanos (médico aeroespacial, psicólogos, neuropsicólogo, psiquiatra, entre otros) para diagnosticar y tratar cualquier condición médica que está causando problemas en el desempeño operacional o para entrenar en habilidades emocionales, cognitivas y no técnicas del personal, entre otras, e incluso para educarse en una adecuada higiene del sueño.
- (7) Propóngase alcanzar el hábito de dormir 8 horas en la noche, cuando sea necesario, y si es posible, tome una siesta durante el día de al menos 30 minutos.
- (8) Relaje su mente 30 minutos antes de irse a la cama, sin ver televisión, leer, escuchar música o pensar en los pendientes del día siguiente.

Adicionalmente, el documento 9966 (OACI, 2016) “Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga” plantea para la implementación de un sistema de gestión del riesgo de fatiga, los siguientes aspectos, contemplados en boletines de seguridad de la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, como son:

- (1) FRMS – Política y documentación.
- (2) Procesos de evaluación de riesgo en fatiga. Identificar amenazas de fatiga, reactivo, proactivo, predictivo; Identificar riesgos de fatiga; Intervenciones para controlar el riesgo de fatiga.
- (3) FRMS – Procesos de garantía de seguridad Incluyendo medidas de efectividad.
- (4) FRMS – Procesos de promoción – entrenamiento, educación.

Así mismo, mencionado documento permite abordar los efectos de la fatiga en la seguridad operacional y promover dos métodos de gestión de la fatiga, así:

- (1) Un enfoque prescriptivo, en virtud del cual el proveedor de servicios debe observar las limitaciones del tiempo de servicio que determine el Estado, y gestionar los peligros asociados a la fatiga mediante los procesos del sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS) en vigor a fin de gestionar los peligros asociados a la seguridad operacional de forma general.
- (2) Un enfoque basado en la performance, en virtud de cual se exige al proveedor de servicios que implante un sistema de gestión de los riesgos asociados a la fatiga (FRMS) aprobado por el Estado.

Ambos enfoques se basan en principios y conocimientos científicos y en experiencia operacional, considerando:

- (1) La necesidad de dormir lo suficiente (no solamente descansar al estar despierto) para recuperar y mantener todos los aspectos de la función de vigilia (en particular la atención, el desempeño físico y mental y el estado anímico).
- (2) Los ritmos diarios con respecto a la capacidad para realizar trabajo mental o físico y la propensión al sueño (capacidad para conciliar el sueño y permanecer dormido) que determina el reloj circadiano del cerebro.
- (3) Las interacciones entre la fatiga y la carga de trabajo con respecto a sus efectos en el desempeño físico y mental.
- (4) El contexto operacional y el riesgo asociado a la seguridad operacional que representa en dicho contexto una persona cuya capacidad se vea mermada por la fatiga.

4.3. Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia

Las "respuestas" individuales del personal aeronáutico a los diferentes "estímulos" (factores estresantes) y variables sociales (situacionales) y personales (personalidad) a la hora de influir en respuesta al estrés. Las nociones de "resistencia al estrés" y la "resiliencia" son percibidas como un estilo cognitivo basado en la personalidad individual que influye en la forma en que una persona procesa las circunstancias estresantes, las interpreta y les da sentido en el contexto de su experiencia de vida. Las personas con un alto nivel de resistencia tienen un fuerte sentido de compromiso con la vida, creen que pueden controlar los acontecimientos a su alrededor, y se interesan y se ven desafiados en el día a día.

Para efectos del presente Manual, se abordan los siguientes términos:

(a) Estrés

El estrés afecta el rendimiento humano, a veces positiva y a veces negativamente, a través de "factores estresores", como la fatiga, presiones, carga de trabajo, conflictos de personalidad, problemas familiares y abuso de sustancias. En los primeros días de la aviación, los factores estresantes que preocupaban a las tripulaciones de vuelo se relacionaban con el ambiente operacional tales como, ruido, vibraciones, temperatura, humedad y fuerzas de aceleración, entre otras.

Las respuestas de los individuos difieren ampliamente al estrés, por ejemplo, el vuelo en una zona de tormenta eléctrica puede ser desafiante para un individuo, pero bastante estresante para otro. De alguna manera, el efecto de un factor estresante en particular puede ser predicho. La capacitación y la experiencia pueden ayudar a las personas en la superación de un estrés particular relacionado con el trabajo o como realizar una tarea compleja en condiciones adversas. Otro los factores estresantes pueden reducirse o eliminarse a través del estilo de vida modificación

Más allá de la variación de estresores originados por la tarea específica, todos los seres humanos, desde el piloto, operador de rampa, despachador, tripulante de cabina, tripulante de vuelo, comandante, instructor, pasan por procesos psicofisiológicos similares, suele acentuarse, por ejemplo, el rol del estrés en el control de tránsito aéreo (ATC), pero todos

intervienen en la seguridad del sistema sociotécnico aeronáutico y entre sus funciones, está gestionar el estrés lo mejor posible.



Ilustración 19. Modelo de Yerkes y Dodson

Fuente: Adaptado de *Deep Physiological Arousal Detection in a Driving Simulator Using Wearable Sensors* - Saeed (2017).

A través del modelo de “U” invertida de Yerkes y Dodson, que se aprecia en la Ilustración 19. Modelo de Yerkes y Dodson, se revela que el nivel de desempeño humano aumenta con el nivel de alerta hasta un punto medio, en el cual el individuo logra alcanzar su máximo rendimiento. Aumentar aún más el nivel de estrés dará como resultado una disminución del rendimiento, deteriorando aún más la capacidad del individuo para hacer frente a tareas complejas o difíciles. Tanto la sobreestimulación como la subestimulación tienen el potencial de aumentar el error humano. Los miembros de la tripulación y demás personal aeronáutico requieren cierto nivel de estrés para mantener el máximo rendimiento. La cantidad de estrés que se requiere depende de las necesidades del individuo y tiene un efecto directo sobre el rendimiento del sujeto y la conciencia situacional.

Las diferencias individuales en nuestro modo de percibir, sentir, creer y pensar, hacen que evaluemos el balance relativo entre la magnitud de la amenaza que sentimos y la calidad de las habilidades, conocimientos y actitudes que tenemos para afrontarla. De ese balance entre amenazas y defensas surge la vivencia del tipo e intensidad de estrés, o sea cuán vulnerables nos sentimos. De ese modo, nuestra performance dependerá de cómo nos afecten las reacciones fisiológicas y psicológicas derivadas. La evaluación instantánea o prolongada que hacemos de esa performance nos da el feedback para intentar corregir lo que pensamos, sentimos y hacemos.

Para la Organización Mundial de la Salud, el estrés laboral es la reacción que puede tener el individuo ante exigencias y presiones laborales que no se ajustan a sus conocimientos y capacidades, y que ponen a prueba su capacidad para afrontar la situación”, y para la OIT el estrés es una de las causas más importantes de pérdidas laborales, de conflictos y enfermedades. Y no se trata sólo de que haya un desafío, sino también de la relación entre un desafío positivo y manejable, o uno con predominio de sentimientos negativos y de incertidumbre, ambos afectan distinto, y hasta son evaluados en cuanto a las variaciones en la presencia relativa de cortisol o de adrenalina y las consecuencias sobre el bienestar en el trabajo.

Ante esto, la especificidad psicofisiológica de cada persona se expresa en su reacción ante los estresores y su capacidad de resiliencia. Obviamente, la posibilidad de que un piloto pueda llegar a una situación de agotamiento emocional, despersonalización y sensación de falta de logro personal, lo que se ha llamado “burnout”, (Maslach & Jackson, 1981) debe ser

evitado. Como consecuencias del distrés, se observan indicadores de fisiopatologías varias y de disfunciones psicológicas que pueden llevar no sólo a “síndromes de desadaptación secundaria al vuelo” (Leimann, Sager, Alonso, Insua, & Mirabal, 1997) tales como temor al vuelo, fatiga crónica de vuelo, aeroneurosis traumática, etc., sino también puntualmente a conductas operativas substandard.

Eventualmente la gravedad y estabilidad de un problema puede indicar la ineptitud psicofisiológica del personal de vuelo, que es sistemáticamente estudiado cada seis meses o un año, según su función, desde el punto de vista médico y psicológico para ver si está en condiciones de asumir sus responsabilidades. Aunque los accidentes aéreos son poco frecuentes, el factor humano es el responsable principal (Reason, 1990), la zona menos fuerte del sistema. En la investigación de accidentes se ha encontrado con frecuencia cómo por ejemplo la carga de trabajo excesiva, la fatiga y el estrés intenso se han conjugado para contribuir al problema (Wiegmann & Shappell, 2001).

Es así como, el doctor Hans Selye, describió el síndrome general de adaptación como el conjunto de reacciones adaptativas comunes a todos, involuntarias, expresadas por ejemplo en las reacciones respiratorias, cardiocirculatorias, digestivas, etc., que se producen ante el estrés, como se describe a continuación.

- (1) **Fase de alarma.** Se producen intensas respuestas homeostáticas. Es una preparación para luchar o huir. A ese conjunto de reacciones de adaptación al estrés intenso se lo llama *alostasis*, que es la respuesta integral con la que se busca recuperar el equilibrio amenazado.
- (2) **Fase de resistencia.** Es cuando el proceso se mantiene en duración e intensidad y nos va afectando más. Los sistemas adaptativos se ven sobre exigidos o desadaptados por la intensidad y/o duración de los estresores. En ese caso se habla de *carga alostática* y la respuesta general tiende a ser desadaptada, exagerada, no se detiene en la alerta y lesiona el sistema.
- (3) **Fase de agotamiento.** Con sus consecuencias personales, laborales y sociales, por afectar en diversos sentidos orgánicos y psicológicos. Ante una situación de estrés agudo, también podemos reaccionar favorablemente con lo que llamamos *resiliencia*, mitigando los efectos, logrando control, aprendiendo y mejorando la prevención ante futuros eventos. O podemos sentirnos muy afectados, acusando duramente el impacto, y si pasado un tiempo las consecuencias se mantienen, puede configurarse el llamado *síndrome de estrés postraumático*, que requerirá atención terapéutica médico psicológica.
- (4) **Efectos del estrés.** La combinación compleja, dinámica y continua de éstos y muchos otros factores, van haciendo fluctuar el tipo e intensidad del estrés percibido, que a la vez, afectará a cada persona o equipo según su capacidad de afrontamiento y gestión. La acción nociva del estrés puede llevar a muy diversos síntomas y patologías médicas en cualquier sistema, expresados por ejemplo en problemas circulatorios, digestivos, metabólicos, inmunitarios, del sistema nervioso, etc.

Desde el punto de vista psicológico, además de la participación en las cuestiones somáticas, se suelen observar cambios en el ánimo, en la ansiedad, en el manejo de los conflictos, en la motivación, en la conducta general, en las relaciones interpersonales, en la actitud hacia sí mismo, en la toma de decisiones, etc.

Es importante acostumbrarnos a evaluar el grado en el que los estresores nos pueden estar afectando en la tarea específica y el equipamiento en estrategias preventivas y de afrontamiento del estrés. Más allá de las reacciones intuitivas que la persona aplique en su tarea para manejar su estrés, se debe insistir en la necesidad de desarrollar y aplicar en forma sistémica y obligatoria, todas las estrategias existentes y nuevas a desarrollar, que limiten los factores de riesgo.

Además, es necesario que, en los distintos niveles de instrucción y capacitación, se promueva más aún la concientización sobre los problemas vinculados y, en especial, se brinden estrategias de mitigación y afrontamiento para estresores psicosociales y laborales. Hay escalas que permiten inventariar sucesos de vida estresantes y tomar conciencia de la necesidad de adoptar cuidados.

En otro nivel es de gran utilidad capacitar a las personas para disminuir el estrés auto inducido y aprender técnicas de afrontamiento que disminuyan los efectos de estresores inevitables e imprevistos. Hay inventarios de estrategias de afrontamiento psicosociales y laborales que permiten ver el perfil de recursos de la persona y en función de eso, capacitarlo. Los recursos por aplicar dependen de la concepción que la organización tenga del problema y de la importancia que le asigne al mismo.

Los programas de asistencia al personal aeronáutico, presentes en muchas organizaciones, en el área salud contemplan evaluar y entrenar a la persona ante el estrés. En lo individual, ayuda tener una actitud mental positiva, un buen entrenamiento contra el estrés, con prevención de enfermedades, educación para la salud y análisis de experiencias, y así aprovechar mejor los recursos disponibles para defenderse. Por ejemplo, las técnicas de relajación, respiración, meditación, conciencia, de reestructuración cognitiva, de planificación de conductas, etc., contribuyen a generar defensas y barreras.

Así como mencionamos que la familia, el grupo social o el ámbito laboral son fuentes de estresores, todos ellos a su vez pueden ser la mejor protección contra el estrés si se instrumentan los recursos adecuados, más allá de los que naturalmente disfrutamos en busca de contención, cuidados y consuelo. Otro nivel de acción, que requiere apoyo firme de la organización, es el desarrollo continuo de planes de prevención de enfermedades y promoción de la salud en sentido amplio, además de la atención precoz de síntomas de estrés, y la presencia de dispositivos de abordaje para incidentes vinculados con sucesos traumáticos.

Por tanto, la instrucción debe incluir estrategias para enfrentar los efectos fisiológicos, psicológicos y cognitivos relacionados con la respuesta humana al estrés, debido a que el personal aeronáutico puede sobresaltarse frente a sucesos de amenaza inesperados, debiendo regularse emocionalmente y desarrollar las competencias para mantener el vuelo seguro y la coordinación de la tripulación. Si un suceso imprevisto es suficientemente grave o surge durante una fase de vuelo crítica, la respuesta correcta a dicha incertidumbre resulta vital para la supervivencia. La instrucción sobre pérdida de control de la aeronave debe tratar de incluir elementos “inesperados o imprevisibles” que los pilotos experimentarán en aplicaciones del mundo real y

Ante circunstancias de estrés crítico, individual u organizacional, el diseño de un programa integral, sistémico y de múltiples componentes puede lograr la contención inicial de intervención primaria hasta derivar a la asistencia médica y/o psicoterapéutica, si fuera necesario. El afrontamiento del estrés apunta a reducir las demandas de la actividad y el

impacto cognitivo de los estresores, mejorando mecanismos psicológicos que permitan trabajar sobre los síntomas derivados, esto debería también ser entrenado en todas las organizaciones.

(b) Gestión Emocional

Inicialmente, es importante comprender el concepto de emoción como una de las funciones biológicas del sistema nervioso y el descubrimiento de cómo están representados en el cerebro (LeDux, 1999), lo que ayuda a entender, controlar y gestionar mejor las emociones, siendo esta función una de las más importantes, porque ayuda a mantener la homeóstasis del organismo, generando un equilibrio entre las funciones cognitivas y físicas.

Como generalmente se conoce, el estado emocional es susceptible a cambios durante el transcurso del día, basándose en los sucesos ocurridos y los estímulos percibidos, sumado a lo cual el ser humano es capaz de darse cuenta qué sensaciones o sentimientos está experimentando y los rotula en una emoción específica, que es traducida como una reacción a un evento o estímulo que puede ser real o imaginado, las cuales son disparadas por la evaluación cognitiva que el individuo realiza de las probabilidades que tiene de lograr una meta y provee las condiciones para las acciones posteriores.

En este sentido, los principios propuestos por el doctor Beck, con base en la Terapia Cognitiva, demuestran la relación existente entre la interpretación cognitiva que puede realizarse de una situación, donde las creencias operan a modo de distorsión, mediando el tipo y la cantidad de pensamientos (de aparición automática, sin control o mediación consciente). Complementariamente, lo que pensemos acerca de una determinada situación, es decir, la interpretación que tenemos sobre un evento o situación también modifica como nos “sentimos” respecto de esta. (Machín, y otros, 2020).

Dicho proceso, en particular el cognitivo y emocional, tienen una alta influencia sobre el proceso de Toma de Decisiones del individuo, afectando adaptativa o desadaptativamente a la conciencia situacional, siendo de extrema importancia y consideración en el ámbito aeronáutico, donde la toma de decisiones efectiva tiene un alto nivel de influencia sobre la operación segura. Por tanto, considerando este esquema, podemos decir que las emociones tienen tres características principales según Giesenow (2011), así:

- (1) **Cambios fisiológicos.** Las alteraciones fisiológicas que ocurren cuando una persona experimenta una emoción incluyen las del Sistema Nervioso Autónomo (como cambios en el ritmo cardíaco, la presión arterial, y la conductancia de la piel) y la musculatura. Se puede reflejar también en las expresiones faciales.
- (2) **Tendencias hacia la acción.** Se habla de tendencias porque si bien cada emoción orienta la acción en una dirección (huir, enfrentar, permanecer acostado, etc.), existen fuerzas sociales y culturales (presión, coerción) y ciertas normas o códigos, que pueden afectar la decisión sobre la conducta que la persona realice. Por lo tanto, las tendencias hacia la acción no siempre se transforman en conductas observables. Por ejemplo, el miedo puede involucrar la tendencia a huir y la tristeza puede volver a alguien inmóvil.
- (3) **Experiencia subjetiva.** Se refiere a lo que experimenta conscientemente una persona durante un episodio emocional, es decir, lo que la persona siente mientras vivencia la emoción. Se puede comprobar a través de la manera en que la persona describe sus sensaciones. (Giesenow, 2011).

Según Goleman (1997), el término emoción se refiere a un sentimiento y a los pensamientos, los estados biológicos, los estados psicológicos y el tipo de tendencias a la acción que lo caracterizan. Existen centenares de emociones y muchísimas más mezclas, variaciones, mutaciones y matices diferentes entre todas ellas. Es así como, las conexiones existentes entre la amígdala y el neocórtex constituyen el centro de gravedad entre el corazón y la cabeza, entre los pensamientos y los sentimientos, lo cual explicaría el motivo por el cual la emoción es algo tan fundamental para pensar eficazmente, tanto para tomar decisiones inteligentes como para permitirnos simplemente pensar con claridad. (p.38). Es así como, las zonas del córtex en las que se concentran las neuronas especializadas en la emoción están directamente ligadas a la amígdala. De este modo, el circuito amigdalocortical resulta fundamental para identificar las emociones y desempeña un papel crucial en la elaboración de una respuesta apropiada (p.122).

Así las cosas, las emociones pueden ser funcionales o disfuncionales al rendimiento en cuatro categorías distintas: Emociones positivas facilitadoras del rendimiento (funcionales) / emociones positivas perjudiciales para el rendimiento (disfuncionales) / emociones negativas que facilitan el rendimiento (funcionales) / emociones negativas que perjudican el rendimiento (disfuncionales). Con esto, rompemos la vieja dicotomía de “emociones buenas y emociones malas” entendiendo que hay emociones negativas que pueden tanto optimizar como perjudicar el rendimiento de cualquier persona en los distintos niveles de respuesta (cognitivo, emocional – fisiológico, conductual y toma de decisiones). Por tanto, la inteligencia emocional permite tomar conciencia de las emociones, comprender los sentimientos de los demás, tolerar las presiones y frustraciones que se soportan en el trabajo, acentuar la capacidad de trabajar en equipo y adoptar una actitud empática y social que brindará mayores posibilidades de desarrollo personal.

Finalmente, las emociones son procesos psicológicos que invitan a que nos ocupemos de lo que realmente es importante en nuestra vida, actuando como un sistema de alarma, ante situaciones peligrosas, ante condiciones que debemos evitar, y facilita un acercamiento a las cosas que son agradables.

(c) Resiliencia

El término resiliencia procede del latín, de resilio (re salio), que significa volver a saltar, rebotar, reanimarse. Se utiliza en la ingeniería civil y en la metalurgia para calcular la capacidad de ciertos materiales para recuperarse o volver a su posición original cuando han soportado ciertas cargas o impactos (Uriarte Arciniega, 2005). Por extensión, la resiliencia, es definida como la capacidad de recuperarse rápidamente de un evento emocional significativo, por lo que se puede mencionar que comprende al menos dos niveles: uno, la resistencia o la capacidad de permanecer integro frente al “golpe”, y dos, la resiliencia como la capacidad de construir o de realizarse positivamente pese a las dificultades.

La resiliencia, es una cualidad que permite superar la adversidad, proporcionando una fortaleza emocional y mental caracterizada por el autocontrol, la resistencia al estrés, una alta empatía, una comunicación asertiva, habilidades interpersonales y de resolución de conflictos, capacidad de aprendizaje y de bienestar personal, entre otros.

Peterson & Seligman (2004) analizaron y clasificaron virtudes y fortalezas que se les atribuyen a personas plenas de manera transversal en las principales corrientes filosóficas y teológicas. En los resultados de esta investigación, que duró cinco años, los investigadores lograron identificar seis virtudes y 24 fortalezas, que tienen gran afinidad con las teorías de

resiliencia cuando se entienden como rasgos de personalidad. Con base en la prueba desarrollada por los autores para medir estas fortalezas, se concluye que en promedio todos tenemos al menos cinco fortalezas desarrolladas que favorecen nuestra resiliencia, y podemos desarrollar las demás para potenciarla.

La capacidad de ajuste personal y social implica la capacidad de resistir a las adversidades, el control sobre el curso de la propia vida, el optimismo y una visión positiva de la existencia que aportan una visión más completa y optimista del desarrollo humano, destacando las fortalezas que favorecen el bienestar y la búsqueda de la felicidad.

En la siguiente ilustración, se aprecia esta clasificación de virtudes y fortalezas organizadas según la virtud que ayudan a alcanzar en la parte central para una presentación detallada de los elementos resilientes de la persona. El círculo externo, en blanco, se podrá llenar con acciones o rasgos de personalidad propias de un sujeto resiliente, pero la construcción de un perfil.

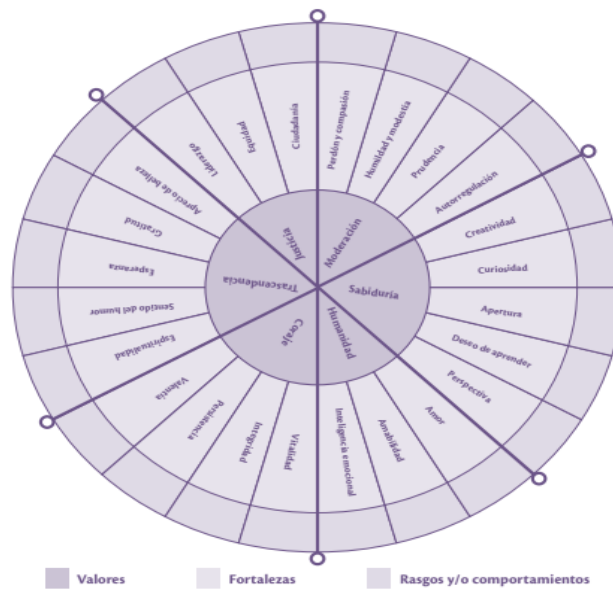


Ilustración 20. Modelo de Resiliencia de Peterson & Seligman
 Fuente: Peterson & Seligman (2004)

A nivel personal, la regulación emocional termina siendo una herramienta para la contrarrestar los efectos del estrés y brindar apertura al pensamiento para objetivar el presente y facilitar procesos de adaptación y reencuadre de la realidad, que requiere de aceptación y adaptación para sobreponerse ante la situación crítica, crecer y prepararse internamente para afrontar nuevos retos.

En el entorno empresarial, la resiliencia se refiere a la capacidad de una organización para enfrentar y superar situaciones de cambio, adversidad y crisis. Constituyéndose en una habilidad para desarrollar y garantizar el éxito en el cumplimiento de objetivos y de la misión organizacional.

A nivel aeronáutico, la resiliencia se utiliza para calificar y evaluar el desempeño humano cuando se enfrentan a interrupciones inesperadas en la operación. EASA ha

definido la resiliencia de la tripulación de vuelo como "la capacidad de un miembro de la tripulación de vuelo para reconocer, absorber y adaptarse a las interrupciones".

Esta definición de alto nivel de resiliencia ha sido refinada en dos elementos clave por el Grupo de Trabajo de Capacitación de Pilotos (PTTF) de la IATA: "la resiliencia de la tripulación de vuelo puede justificarse elevando el nivel de competencia y logrando el nivel adecuado de confianza (confianza)" (fig.1). En otras palabras, para desarrollar su resiliencia, la tripulación de vuelo necesita desarrollar sus competencias y su confianza.

Cuando una tripulación de vuelo está expuesta a interrupciones inesperadas, puede experimentar una reacción fisiológica, conocida como el efecto de sobresalto. Esta reacción involuntaria e incontrolable puede estar acompañada por una pérdida momentánea de la conciencia situacional que resulta en un deterioro temporal del rendimiento. El objetivo del entrenamiento de resiliencia es minimizar este deterioro y permitir que el equipo de vuelo recupere el rendimiento lo más rápido posible.

Una tripulación de vuelo demostrará resiliencia mediante las acciones que realiza para mantener un margen de seguridad suficiente después de un evento inesperado o de "sobresalto". La forma en que aplican sus competencias para comunicarse, gestionar su carga de trabajo y tomar decisiones, es ilustrativa de su nivel de resiliencia ante este tipo de eventos y cómo gestionan las amenazas y los errores.

Una de las mejores prácticas para entrenar la resiliencia es el Entrenamiento y Evaluación Basado en Competencias (CBTA), cuyo objetivo es poder manejar cualquier situación, incluso situaciones para las que los aprendices no han sido capacitados específicamente. Ser conscientes de lo bien que se desempeñan en situaciones impredecibles puede ayudar a la tripulación de vuelo a desarrollar su confianza y desarrollar su resiliencia. El instructor está allí para apoyar a los aprendices a desarrollar esta conciencia. Por ejemplo, el instructor puede resaltar cómo la aplicación de procedimientos y el uso de listas de verificación cuando sea apropiado ya es una forma de mitigar las amenazas y los errores. Esto mantiene un nivel aceptable de seguridad y es una ilustración de la resiliencia. Del mismo modo, otro ejemplo de resiliencia es anticipar el viento cruzado antes del descenso y luego revisar los procedimientos correspondientes para estar mejor preparados para el aterrizaje.

El uso de simuladores de vuelo completo no siempre es necesario para el entrenamiento de resiliencia. Una sesión de concientización sobre los efectos psicológicos y fisiológicos que genera el estrés puede ayudar al personal aeronáutico a comprender mejor el "efecto sobresalto" y podrán reconocer mejor cómo reaccionan ante las interrupciones inesperadas en sus rutinas diarias, teniendo en cuenta que conocer los efectos fisiológicos del "sobresalto" y controlar la respuesta inicial, es una parte esencial para aumentar la resiliencia y evitar acciones incorrectas en los controles de la aeronave o en las labores aeronáuticas desempeñadas.

Dentro de este contexto, como menciona (Wreathall, 2006) es importante destacar los principios para actuar de forma resiliente, tanto a nivel organizacional como a nivel personal, que deben gobernar los sistemas de gestión de la seguridad y que son definidos en los siguientes principios, coherente con SAFETY I y SAFETY II de Hollnagel, Woods, & Leveson (2006):

- (1) **Compromiso de la alta dirección.** La seguridad resiliente es un objetivo importante para la dirección de la organización cuyo objetivo es establecer acciones y directrices para garantizar el compromiso de la alta dirección con una seguridad resiliente. El reconocimiento del trabajo bien hecho, la dotación de medios y recursos, la implementación de una seguridad basada en conductas y ambientes seguros y asumir la seguridad como un valor.
- (2) **Cultura de justicia o equidad.** La seguridad resiliente genera una atmósfera de confianza en la organización que anima a los trabajadores a comunicar cuestiones relacionadas con la seguridad y salud laboral, tales como señales débiles no digamos ya incidentes, sin temor y sin rechazo. El objetivo de este principio es la superación de obstáculos potenciales para conseguir esta cultura que favorezca la resiliencia de la seguridad, por tanto, la información, comunicación, participación y trabajo en equipo, la consideración del desempeño en seguridad, son algunos aspectos importantes de este principio.
- (3) **Cultura de aprendizaje y de desarrollo de competencias.** La seguridad resiliente propicia una cultura proactiva, donde prima el aprendizaje tanto de los sucesos operacionales como del funcionamiento normal diario de la organización. El objetivo es identificar acciones para que la empresa implante una cultura de aprendizaje continuo y compartido que se facilita con una gestión por competencias, que las clasifica en una serie de niveles siendo el puntaje máximo cinco, para valorar la capacidad de respuesta de los trabajadores. Irían desde el primer nivel (1), que representa realizar correctamente lo establecido, hasta el máximo nivel (5) de especialista, por su capacidad de dominio y control de la variabilidad de los sistemas de trabajo.
- (4) **Concientización.** La seguridad resiliente permite que los empleados sean conscientes de lo que está pasando en la empresa en términos de calidad en el desempeño, en qué extensión es un problema y el estatus actual de las barreras o defensas y sus límites.
- (5) **Flexibilidad.** La seguridad resiliente favorece la capacidad de anticiparse activamente a amenazas y estar preparada para hacer frente a ellas. Saber qué esperar o ser capaz de prepararse ante futuros o potenciales eventos que constituyen amenazas y/o oportunidades y sus consecuencias.
- (6) **Preparación.** La seguridad resiliente permite a la organización reestructurarse en respuesta a diversos cambios y variaciones, con capacidad para soportar los llamados “errores humanos” y con trabajadores que son capaces de tomar decisiones críticas sin esperar la decisión de sus jefes.
- (7) **Opacidad.** La seguridad resiliente genera conciencia acerca de los límites y como de cerca se trabaja de ellos, en términos de degradación de barreras y defensas.

Bajo estos principios, se entiende que la resiliencia es la capacidad intrínseca de un sistema de ajustar su funcionamiento antes, durante, o después de cambios o alteraciones, de manera que pueda mantener las operaciones requeridas bajo cualquier condición, tanto esperada como inesperada, fijando su punto de vista en cómo la organización funciona (Hollnagel, Woods, & Leveson, Ingeniería de resiliencia: conceptos y preceptos, 2006), y para ello analiza los cuatro potenciales o habilidades básicas para actuar de forma resiliente, como puede observarse en la:

- (1) **Capacidad de aprender.** Es la habilidad de abordar los hechos y saber rescatar de ellos aspectos positivos y de mejora, con el fin de aumentar la probabilidad de éxito operacional, aprender no solo de los problemas y eventos de seguridad, sino también de casos de éxito operacional y del funcionamiento normal diario, con el objetivo de identificar acciones para que los Entes de Aviación implanten una cultura de aprendizaje continuo y compartido, lo que significa, saber lo que sucedió, o poder aprender de la experiencia, en particular aprender de las lecciones correctas de la experiencia correcta.
- (2) **Capacidad de respuesta.** Es la habilidad de abordar el desempeño actual, lo que significa, saber qué hacer y cómo responder ante los cambios, las variaciones, las emergencias, las amenazas, los retos y las oportunidades, tanto cotidianas como imprevistas, ya sea ajustando la manera en que se hacen las cosas o activando respuestas preparadas.
- (3) **Capacidad de monitorear.** Es la habilidad de abordar lo crítico e implica hacer seguimiento, evaluar y retroalimentar las situaciones que podrían convertirse en una amenaza a corto plazo, lo que significa, saber qué buscar, o ser capaz de monitorizar lo que es o podría convertirse en una amenaza a corto plazo. Esta monitorización debe abarcar el propio desempeño del sistema, así como los cambios en el entorno.
- (4) **Capacidad de anticiparse.** Es la habilidad de abordar lo potencial, lo que significa, saber qué esperar, o ser capaz de anticipar los acontecimientos, las amenazas y oportunidades en el futuro, como las posibles interrupciones, condiciones de operación cambiantes, presiones y sus consecuencias.

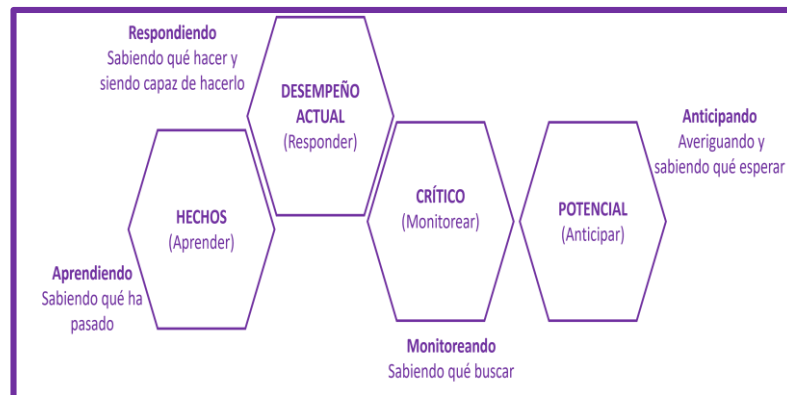


Ilustración 21. Los cuatro potenciales para el desempeño resiliente
Fuente: Wreathall (2006)

En conclusión, los factores fisiológicos del vuelo, como los factores humanos, exigen un entrenamiento recurrente con el fin de familiarizar a las tripulaciones no solo con los procedimientos de emergencia sino con la comprensión del desempeño operacional de las tripulaciones al reconocer y aceptar las respuestas corporales, conductuales y mentales facilitando la anticipación en la toma de decisiones aeronáuticas. La concientización, la atención a la salud y el bienestar físico y mental son fundamentales para garantizar un vuelo militar seguro y exitoso.

A continuación, se relacionan diferentes eventos de seguridad a nivel mundial que se recomiendan estudiar, sin embargo, cada Ente de Aviación de Estado podrá incluir casuística y/o estadística de sucesos operacionales propios, con el fin de desarrollar y

contextualizar las temáticas relacionadas en el presente capítulo “Factores que afectan el desempeño humano”.

| Estudio de Casos Recomendados “Factores que afectan el desempeño humano” | |
|--|--|
| Casos | Descripción del evento |
| <p>Vuelo PA806 PanAm 30/01/1974</p> | <p>Un caso para analizar relacionado con una ilusión óptica - fenómeno del agujero negro ocurrido en el año de 1974, cuando un B-707-321-B, durante la aproximación al aeropuerto de Pago Pago, Samoa Americana, se encontró con ráfagas de viento a unas 3 millas náuticas de la pista, causando que el avión se desviara de la aproximación. La tripulación redujo la potencia intentando reducir la velocidad para tener tiempo de corregir sin tener que hacer una nueva entrada. Sin embargo, esto provocó la pérdida de la sustentación y la caída de la aeronave sobre unos árboles, a unas 0,6 millas náuticas de la pista 05 que intentaba tomar. A pesar de los fuertes vientos producto de una tormenta y de una visibilidad que inducía a confusión, la investigación adjudicó la principal responsabilidad a la tripulación, por haber realizado una maniobra sin haber monitoreado correctamente los instrumentos del avión.</p> |
| <p>Vuelo 901 Air New Zealand 28/11/1979</p> | <p>Un caso para analizar desde los efectos que las referencias visuales, visibles e invisibles, pueden afectar la percepción visual, y la ilusión que produce el fenómeno meteorológico "whiteout" (resplandor o velo blanco) el cual hace que la luz que hay entre la nieve o el hielo de la parte inferior y las nubes en lo alto se vea blanca, creando la ilusión de buena visibilidad. Una suma de factores entre los cuales se cita que el piloto confió en la ruta de vuelo automática, suponiendo que el blanco que estaba viendo a través de la ventana de su cabina era simplemente este reflejo y no la cara de una montaña y una corrección realizada en las coordenadas de la ruta de vuelo la noche anterior al desastre, junto con una falla en informar a la tripulación de vuelo sobre el cambio, dieron como resultado que la aeronave, en lugar de ser dirigida por computadora por McMurdo Sound (como se había hecho creer a la tripulación), fuera redirigida hacia el Monte Erebus, un volcán de 12 000 ft de altura, cuando había descendido por debajo de la capa de nubes hasta situarse en 6 000 ft a fin de que los pasajeros tuvieran una buena vista de los bancos de hielo.</p> |
| <p>Vuelo 522 Helios Airways 14/08/2005</p> | <p>Un caso para analizar relacionado con Hipoxia Hipobárica, ocurrido en un B-737-300 que cubría la ruta entre el Aeropuerto Internacional de Lárnaca (Chipre), y el Aeropuerto Internacional de Ruzyně (Praga, República Checa), con escala en Atenas (Grecia), el cual se accidentó después del despegue, por un fallo en la configuración del regulador de la presurización, provocando la pérdida de la consciencia tanto de los pilotos como de los pasajeros por hipoxia, convirtiéndose el avión en ese momento en un «vuelo fantasma» que solo seguía volando por el funcionamiento del piloto automático. Finalmente, ya sobre territorio griego, impactó contra una colina debido a la falta de combustible.</p> |
| <p>Vuelo 4230 Ukrainian Mediterranean Airlines 26/05/2003</p> | <p>Un caso para analizar relacionado con Fatiga y pérdida de Conciencia Situacional en el cual fallecieron las 75 personas, entre ellas 53 militares españoles que llevaban cuatro meses y medio en misiones de mantenimiento de paz en Afganistán, luego, en el aeropuerto de Manás en la capital de Kirguistán, embarcó nueve militares más que llevaban otros cuatro meses de misión Libertad Duradera, de apoyo aéreo al despliegue de sus compañeros en Kabul. Posteriormente, lo que iba a ser una breve escala, se convirtió en 6 horas y media tensas de espera, por una mala planificación del vuelo. A las 22:40, hora española, partían hacia Turquía donde harían una nueva escala, sin embargo, se presentó el accidente cuya causa fue atribuida a "extrema fatiga" de la tripulación al completar más de 22 horas de actividad.</p> |

Tabla 8. Estudio de Casos Recomendados “Factores que afectan el desempeño humano”
Fuente: Elaboración propia AAAES

CAPÍTULO 5 INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO EN FACTORES HUMANOS

Los programas de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos son herramientas para formar y capacitar al personal aeronáutico en las áreas de su desempeño, fomentando una cultura de seguridad operacional positiva, permitiendo identificar métodos para reconocer, entender, y administrar los temas relacionados con el factor y rendimiento humano, reforzando la conciencia en el conocimiento de los factores que afectan el desempeño operacional y promoviendo la seguridad y salud operacional, tanto física como mental, del personal aeronáutico de la Aviación de Estado.

El presente capítulo, aborda los principales programas identificados en el campo de los factores humanos, aplicable a la Aviación de Estado, estableciendo una guía estandarizada con temáticas y metodologías que pueden ejecutar los Entes de Aviación de Estado, de acuerdo con las necesidades de instrucción y entrenamiento y con la población objeto a quien está dirigido cada uno de éstos.

5.1. Instrucción y evaluación basadas en Competencias (CBTA)

Este manual acoge los lineamientos establecidos para la instrucción y evaluación basados en competencias señalados por la OACI (2020) cuyo objetivo es capacitar a una persona y evaluar su capacidad para actuar en un puesto de trabajo dentro de la organización. Esta instrucción, se fundamenta en dos pilares, uno, la competencia, y dos, la evaluación. Dentro de la competencia, se encuentran los conocimientos (saber), las habilidades (saber hacer), las actitudes (querer hacer) y las aptitudes (poder hacer) que permiten al personal desempeñarse de manera óptima y cumplir con una función, una actividad o tarea. Y dentro de la evaluación, se encuentra el proceso de recolección de evidencias, basado en conductas observables durante el desempeño de las actividades que realiza una persona.

En referencia al documento 9869 (OACI, 2020), la OACI elabora e implanta diversos programas de instrucción y evaluación basados en competencias, diseñados para cumplir los requisitos propuestos posteriormente en el Anexo 1 Licencias de Personal (OACI, 2022), así como de los programas de instrucción para los miembros de la tripulación de vuelo elaborados conforme al concepto de entrenamiento basado en la evidencia (EBT), que proporciona otro medio para cumplir los requisitos de instrucción periódica del Anexo 6 Operación de aeronaves, Parte I Transporte aéreo comercial internacional – Aviones (OACI, 2022).

En este sentido, el objetivo de la instrucción y la evaluación basadas en competencias es proporcionar personal competente para suministrar un sistema de transporte aéreo eficiente y operacionalmente seguro a la Aviación de Estado.

Los marcos de competencias que presenta este manual corresponden al marco establecido por la OACI, modelos genéricos que pueden adaptarse, junto con las competencias, a las necesidades de instrucción y entrenamiento del personal aeronáutico de la Aviación de Estado.

Es así como, el modelo de competencias adaptada, con sus correspondientes criterios de actuación, permite evaluar si el personal aeronáutico y los alumnos alcanzan la actuación deseada, por lo tanto, los Entes de Aviación de Estado pueden utilizar el correspondiente marco de competencias de la OACI, elaborando un modelo de competencias adaptadas, según la población a impactar, que incluya los siguientes elementos:

| Competencia adaptada | Descripción | Criterios de actuación | |
|------------------------|---------------|--------------------------|---|
| | | Comportamiento Aceptable | Evaluación de la Competencia |
| Competencia adaptada 1 | Descripción 1 | | Norma de Competencia final Condiciones |
| | | | |
| Competencia adaptada 2 | Descripción 2 | | |
| | | | |
| Competencia adaptada 3 | Descripción 3 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabla 9. Elementos de un modelo de competencias adaptadas
 Fuente: OACI (2020)

Para exhibir determinados comportamientos observables y demostrar el logro de los criterios de actuación, los profesionales de la aviación aplican conocimientos, habilidades y actitudes (CHA) pertinentes apropiados para una función y contexto específicos. Dicha capacidad variará según el nivel de experiencia y de conocimientos especializados del profesional de la aviación.

Dicho esto, la OACI (2020) propone la utilización de la metodología de Instructional Systems Design (ISD) o Diseño de Sistemas de Instrucción para desarrollar, implementar y validar los programas de entrenamiento de una manera rápida y práctica. Reconociendo que existen diferentes modelos con enfoque holístico instruccional, virtualmente todos los factores en el ambiente de aprendizaje se tienen en consideración incluyendo el análisis de tema, las características del alumno, objetivos de aprendizaje, actividades de enseñanza, recursos (computadoras, libros, etc.), servicios de apoyo y evaluación.

Acorde con esto, uno de los modelos ISD es el denominado “ADDIE”, un proceso genérico utilizado tradicionalmente por los diseñadores instruccionales y desarrolladores de capacitación, que representa una guía dinámica y flexible para la construcción de una formación eficaz y herramientas de apoyo al desempeño.

La mayoría de los modelos de diseño instruccional actuales son variaciones del modelo ADDIE, sin embargo, éste permite asegurar el programa de entrenamiento en cinco fases de trabajo de la instrucción y evaluación basadas en competencias, como se muestra en la Tabla 10. Fases de trabajo de la instrucción y evaluación basadas en competencias., así:

| Fase 1 | Fase 2 | Fase 3 | Fase 4 | Fase 5 |
|---|--|---|---|---|
| ANÁLISIS de la necesidad de instrucción | DISEÑO de instrucción y evaluación basadas en competencias aplicables localmente | DESARROLLO. Elaboración de material de instrucción y evaluación | IMPLEMENTACIÓN. Realización del curso de acuerdo con los planes de instrucción y evaluación | EVALUACIÓN del curso, incluidos los planes de instrucción y evaluación |

Tabla 10. Fases de trabajo de la instrucción y evaluación basadas en competencias.
Fuente: OACI (2020)

- (a) **Fase 1.** Analizar: Determina el entrenamiento necesario, tomando en cuenta las tareas o actividades críticas para la seguridad, procedimientos a cumplir, competencias, las características de las personas a entrenar: nivel educativo, idioma, conocimiento existente, habilidades, nivel de experiencia, etc. El primer paso para elaborar un programa de instrucción y evaluación basadas en competencias es realizar un análisis de las necesidades de instrucción
- (b) **Fase 2.** Diseñar. Asegura que cada actividad que se enseña está ligada al equipo y medio operativo adecuados, así como a las características de las personas que van a recibir el entrenamiento o capacitación y se establezca también claros niveles de competencia requerida.
- (c) **Fase 3.** Desarrollar. Documenta cada lección, sesión, clase, ejercicio, actividad, prueba o evaluación del programa de instrucción, las cuales deben cubrir las actividades críticas para la seguridad y asegurar un nivel de competencia adecuado.
- (d) **Fase 4.** Implementar. Establece evaluaciones periódicas de los instructores y de la clase por parte de los estudiantes y por parte de un observador independiente, identificando tendencias basadas en resultados medibles de evaluaciones y exámenes, verificando el cumplimiento del programa de entrenamiento escrito que se está impartiendo, etc.
- (e) **Fase 5.** Evaluar. Mide parámetros importantes por mejorar, como por ejemplo la retroalimentación escrita de los estudiantes, el desempeño del instructor, resultados de observaciones de personal externo e independiente a nuestra organización, etc. También se debe comparar el programa de instrucción con estándares externos, con lo sugerido por los fabricantes de aeronaves, herramientas y equipos, con las regulaciones vigentes a nivel nacional e internacional y compararlas con lo que hacen otras organizaciones de entrenamiento similares.

Dentro del modelo ADDIE, las Fases 1 - Análisis y 2 - Diseño se establecen las especificaciones de instrucción y el modelo de competencias adaptadas, para que en las fases 3 - Desarrollo y 4 - Implementación se elabore el plan de instrucción y de evaluación que se utilizarán para elaborar e impartir el curso, finalizando con la Fase 5 - Evaluación en la cual se examina la efectividad de la instrucción y de la evaluación realizadas, y se recomiendan las mejoras que sean pertinentes.

Por otra parte, dentro del Diseño Instruccional, Gagné elabora una teoría del aprendizaje clasificada como ecléctica, porque dentro de ella se encuentran unidos elementos cognitivos y conductuales, integrados con la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget y el aprendizaje social de Bandura, todos explicados en forma sistemática y organizada bajo el modelo de procesamiento de información, el cual desde un enfoque muy cercano al conductista, estableciendo diferentes tipos o niveles de aprendizaje y la importancia de estas clasificaciones es que cada tipo diferente requiere diferentes tipos de instrucción, identificando también cinco categorías principales de aprendizaje: información verbal, habilidades intelectuales, estrategias cognitivas, habilidades motoras y actitudes, por tanto, diferentes condiciones internas y externas son necesarios para cada tipo de aprendizaje.

El modelo instruccional propuesto por Gagné y Briggs (citado por Good & Broph, 1995) está basado en el enfoque de sistemas y consta de 14 pasos, los cuales se representan en cuatro niveles como se representa en la siguiente ilustración:

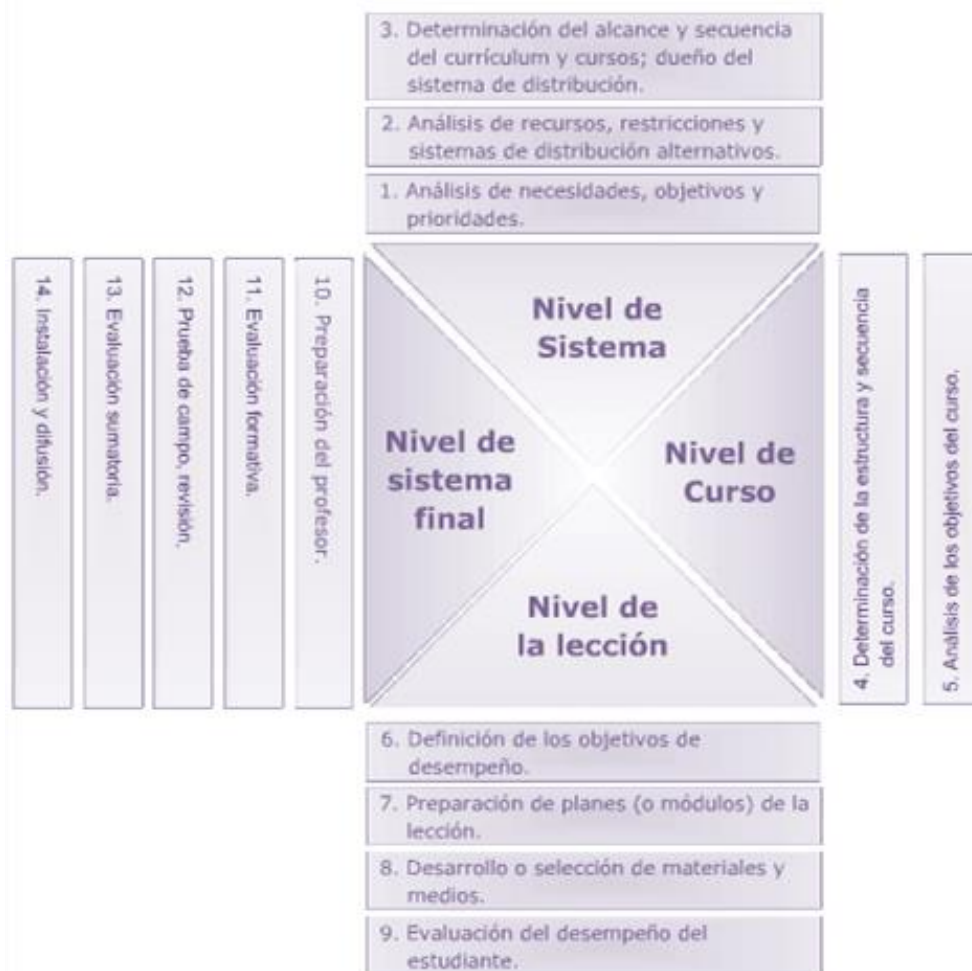


Ilustración 22. Modelo de Diseño Instruccional de Gagné y Briggs
Fuente: Good & Broph (1995)

Al lado de cada uno de los catorce pasos de este modelo, debe ocurrir una serie de nueve eventos, que deben satisfacer o proporcionar las condiciones necesarias para el aprendizaje y servir de base para el diseño de instrucción y selección de medios adecuados, así:

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | |
|---|---|---|
| <p>1.- A través de la utilización de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demostraciones ▪ Presentación de un problema ▪ Caricaturas ▪ Presentar razones de importancia del tema ▪ Hacer Algo de forma incorrecta | <p>2.- Durante esta fase es importante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Señalar lo que se espera que el participante realice ▪ Describir lo que el participante va a aprender ▪ Describir las condiciones finales ▪ Señalar las metas del proceso de instrucción | <p>3.- Durante esta fase es importante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hacer preguntas de manera que se activen recuerdos ▪ Recordar algún conocimiento previo relacionado con lo que se está realizando ▪ Relacionar el nuevo conocimiento a la clase inmediata anterior. |
| <p>4.- Durante esta fase es importante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dividir el material en trozos para evitar "sobrecargo" de memoria. ▪ Utilizar la taxonomía de Bloom o alguna similar para ir de lo simple a lo complejo | <p>5.- Durante esta fase guía el proceso - orienta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sugerir al estudiante la manera de aprender ▪ Orientar al estudiante en el orden a seguir para resolver un problema ▪ Facilitar esquemas, fórmulas, guías, entre otros | <p>6.- Durante esta fase estimula la aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vigila que el estudiante aplique los nuevos conocimientos ▪ Presenta ejercicios – actividades donde el participante pueda utilizar el conocimiento obtenido. |
| <p>7.- Durante esta fase es importante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dar una retroalimentación de manera clara y específica. ▪ Evitar frases como "Haz hecho un buen trabajo". ▪ Es importante señalar el porqué | <p>8.- Esta fase se refiere a la evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Por lo que se recomienda aplicar instrumentos que nos permitan determinar lo que el participante aprendió. ▪ Evaluar la calidad de lo logrado | <p>9.- Durante esta fase se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar repases en donde se revise el tema ▪ Proponer ejercicios o situaciones donde sea necesario resolver problemas similares. ▪ Realizar actividades donde el participante pueda practicar lo aprendido y relacionarlo con otras áreas. |

*Ilustración 23. Catorce pasos del Modelo de Diseño Instruccional de Gagné y Briggs
Fuente: Good & Broph, 1995*

Así las cosas, los marcos de competencias de la OACI contienen una serie de competencias genéricas que se necesitan para desempeñar una función en determinada disciplina de la aviación. Sin embargo, cada Ente de Aviación de Estado puede identificar o adoptar y aplicar las competencias que más se adapten al grupo poblacional o al desempeño operacional propio.

En consecuencia, al elaborar los planes de evaluación e instrucción, es importante que los Entes de Aviación conozcan:

(a) Los principios de la evaluación basada en competencias, a saber:

- (1) Se aplican criterios de actuación claros para evaluar la competencia. En el modelo de competencias adaptadas se establecen dichos criterios de actuación.
- (2) Se observa una demostración de las competencias integradas. La alumna o el alumno que está siendo evaluado(a) debe demostrar todas las competencias y la interacción integrada entre ellas.
- (3) Se realizan varias observaciones. Para determinar si un alumno ha alcanzado la norma de competencia intermedia o final, deben llevarse a cabo varias observaciones.
- (4) Las evaluaciones son válidas. Deben evaluarse todas las competencias que integran el modelo de competencias adaptadas. Debe obtenerse suficiente evidencia que asegure que la alumna o el alumno ha alcanzado la competencia y satisface las normas de competencia intermedias o la norma de competencia final. No debe exigirse al alumnado que presente pruebas, ni se deben evaluar actividades externas al ámbito del modelo de competencias adaptadas.
- (5) Las evaluaciones son fiables. Todos los evaluadores deberían llegar a la misma conclusión al efectuar una evaluación. Debería capacitarse y observarse a todos los evaluadores para lograr y mantener un nivel aceptable de fiabilidad entre los mismos.

- (b) Los métodos de evaluación comunes.
- (1) El método principal para evaluar la actuación es realizar evaluaciones prácticas que permitan determinar si las competencias se aplican de manera integrada. Puede ser también necesario complementar las evaluaciones prácticas con otras formas de evaluación. Las evaluaciones complementarias podrían incluirse como resultado de requisitos normativos o cuando se decida que esos métodos son necesarios para confirmar el logro de la competencia.
 - (2) Las evaluaciones prácticas se llevan a cabo en un entorno simulado u operacional. Hay dos tipos de evaluaciones prácticas:
 - (i) **Evaluaciones formativas.** Los instructores formulan comentarios al alumnado sobre su progreso hacia las normas de competencia intermedias y finales con el fin de reforzar progresivamente las competencias adquiridas y facilitar el aprendizaje determinando las carencias como oportunidades de aprendizaje. La frecuencia y el número de evaluaciones formativas pueden variar según la duración de la instrucción y la estructura del plan de estudios y su plan de evaluación.
 - (ii) **Evaluaciones sumativas.** Constituyen un método que permite al instructor o evaluador trabajar con un alumno para reunir pruebas de las competencias y criterios de actuación que deben demostrarse respecto a las normas de competencia intermedias o finales. Las evaluaciones sumativas se llevan a cabo en puntos definidos durante la instrucción o al final. Después de éstas, la decisión será “competente” o “no competente” respecto a las normas de competencia intermedias o finales, siendo generalmente realizadas por el equipo de instrucción.
- (c) El concepto de hitos. Los hitos son correlativos; por consiguiente, el alumnado deberá finalizar con éxito la instrucción y la evaluación del primer hito antes de pasar al siguiente. Cuando la duración o complejidad de un curso justifica, desde un punto de vista pedagógico, que se verifique si un alumno está progresando hacia la adquisición de la competencia a un ritmo aceptable, el curso puede dividirse en hitos, en conjuntos o unidades de aprendizaje coherentes, organizados en secuencia lógica, generalmente de lo simple a lo complejo. Los hitos se completan cuando concluyen la instrucción y la evaluación para cada unidad de aprendizaje.
- (d) La norma de competencia final y las normas de competencia intermedias. Al concluir con éxito un curso de instrucción inicial, el alumnado habrá alcanzado la norma de competencia final para esa fase de instrucción, concluyendo con éxito toda la instrucción y las evaluaciones que se han considerado necesarias para demostrar las competencias y cumplido los criterios de actuación descritos en el modelo de competencias adaptadas.

Para el caso del entrenamiento UPRT, si no se desarrolla como programa de instrucción basada en la competencia (CBT), deben determinarse los objetivos de cada parte de la instrucción y las referencias de actuación que pueden constituir niveles de competencia “aceptables”. La determinación de un nivel de competencia aceptable debe basarse, en todos los casos, en la demostración de que el alumno cuenta con la capacidad de emplear de manera coherente estrategias eficaces en forma oportuna para la prevención o, si no se ha previsto razonablemente, la recuperación de una pérdida de control de la aeronave durante la cual la seguridad de ésta no se haya visto en peligro. (OACI, 2020).

De igual manera, debería también comprenderse la relación que existe entre el modelo de competencias adaptadas y los planes de instrucción y de evaluación. Por lo general, al elaborar el modelo de competencias adaptadas se utiliza la lista de tareas para facilitar la selección de comportamientos observables basándose en el marco de competencias de la OACI. Los requisitos operacionales, técnicos, normativos y de la organización permiten elaborar las condiciones y normas que se aplicarán a las competencias y a los comportamientos observables.

5.2. Entrenamiento Basado en la Evidencia (EBT)

El Entrenamiento Basado en Datos Comprobados fue diseñado en el año 2007 por la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (International Air Transport Association - IATA) como una iniciativa para aplicar los principios de la formación basada en competencias y desarrollar un marco global de competencia aplicables para diferentes generaciones de aviones comerciales, a partir de la identificación y análisis de datos, incluyendo las derivadas de las investigaciones sobre accidentes e incidentes con un enfoque de análisis de necesidades de formación en competencias no técnicas (Matthew, 2018).

Inicialmente, en la Enmienda 2 de los PANS-TRG publicada en 2013 se introdujeron procedimientos para el entrenamiento basado en datos comprobados o en la evidencia (EBT), elaborados por la iniciativa de instrucción y cualificaciones, de la IATA como medio para evaluar e impartir instrucción en áreas clave de la actuación de las tripulaciones de vuelo en un sistema de instrucción periódica, además, se ampliaron las cualificaciones del instructor. (OACI, 2020).

Al mismo tiempo, el concepto de desarrollo de la Instrucción Basada en datos Comprobados (Evidence-Based Training - EBT, por sus siglas en inglés) fue abordado por la OACI, con el fin de reducir la pérdida de aeronaves y las tasas de accidentes mortales en la industria aeronáutica, abordando la instrucción basada en escenarios con el fin de identificar, evaluar y desarrollar las competencias requeridas por los pilotos para “operar de manera segura, eficaz y eficiente en un entorno de transporte aéreo comercial, mediante la gestión de las amenazas y los errores más relevantes, en base a las pruebas recogidas en las operaciones y la formación” (OACI, 2013, pág. I-1-2).

En consecuencia, la formación y evaluación basadas en competencias (Competency-Based Training and Assessment, CBTA), en el contexto de la formación para pilotos, incluye formación basada en evidencias (Evidence Based Training, EBT), que como lo define la OACI (2013) “el EBT es aquella instrucción y evaluación basada en datos operacionales que se caracterizan por el desarrollo y la evaluación de la capacidad global de un alumno con respecto a una serie de competencias básicas, más que por el cálculo de su rendimiento situacional” (OACI, 2013, pág. xii), lo que significa que se orienta a la competencia como marco de su actuación.

Por consiguiente, a partir del Documento 9995 de la OACI (OACI, 2013), se da apertura a un modelo de instrucción basada en datos comprobados, llevada a cabo en dispositivos de instrucción para simulación de vuelo (Flight Simulation Training Devices - FSTD), dirigida a los pilotos, de manera periódica, quienes a través de ejercicios de vuelo simulados son expuestos a situaciones críticas, a través de las cuales se espera identificar las competencias y el nivel de desarrollo de las mismas, en el marco de ejecución de la misión planteada, inicialmente planteada por la OACI para pilotos de aeronaves comerciales, turboreactor o turbohélice, con capacidad certificada de asientos de más de 50 pasajeros (Organización de Aviación Civil Internacional – OACI , 2013).

Considerando esto, cabe mencionar que la instrucción consta de tres partes, la primera, la actuación deseada o la que se espera que el alumno sea capaz de ejercer al concluir la instrucción; la segunda, la norma de actuación que debe alcanzarse para confirmar su nivel de competencia, y, la tercera, las condiciones en las que éste demostrará su competencia. (OACI, 2013).

En consonancia con la OACI (2013), la implantación de un programa de Entrenamiento Basado en Datos Comprobados requiere:

- (a) El desarrollo de una serie de competencias y de un sistema de evaluación y calificación.
- (b) La capacitación de instructores, comprendida la garantía de estandarización y de fiabilidad interevaluadora; los programas de capacitación para instructores deben garantizar su capacidad para llevar a cabo la instrucción y la evaluación de las competencias.
- (c) La disponibilidad de información para pilotos en relación con los principios, la metodología y el conjunto de competencias que han de demostrarse del EBT, comprendidos los criterios de actuación; y d) la disponibilidad de medición del rendimiento del sistema de instrucción. (OACI, 2003, p. 37).

Dicho lo anterior, acorde con la implementación, la OACI establece que el EBT se puede realizar de dos maneras, uno, siguiendo únicamente una instrucción y evaluación de conformidad con los principios del EBT, y dos, realizando la instrucción y evaluación periódica a la aplicación del EBT por fases haciendo que este programa forme parte de la instrucción y evaluación específica del explotador (OACI, 2003), teniendo en cuenta las competencias descritas en el párrafo 3.7.1. Competencias CRM del presente MAFAH, Tabla 4. Competencias EBT e Indicadores de Conducta.

5.3. Air Crew Coordination (ACC)

El concepto de Coordinación de la Tripulación Aérea (ACC por las siglas en inglés de Air Crew Coordination) o ha sido ampliamente utilizado por el Ejército de los EE. UU. como un programa de entrenamiento en CRM, especialmente para los equipo de helicópteros flota de helicópteros AH-64 Apaches, CH-47 Chinooks, UH-60 Blackhawks y UH-72 Lakotas entendiéndolo como "la interacción cooperativa entre los miembros de la tripulación necesaria para el desempeño seguro, eficiente y eficaz de las tareas de vuelo".

La capacitación en CRM es una forma de abordar el desafío de optimizar la interfaz hombre/máquina y las actividades interpersonales que la acompañan. Estas actividades incluyen la formación y el mantenimiento de equipos, la transferencia de información, la resolución de problemas, la toma de decisiones, el mantenimiento del conocimiento de la situación y el manejo de sistemas automatizados. Dicha capacitación, puede ayudar en gran medida a las tripulaciones aéreas a detectar el aumento de los niveles de riesgo que se producen durante el vuelo, puede proporcionar un medio para facilitar la comunicación efectiva sobre estos mayores niveles de riesgo y puede proporcionar un camino para que las tripulaciones aéreas tomen una decisión y ejecuten una estrategia de mitigación adecuada.

El ACC consta de cuatro principios que, cuando se combinan, producen objetivos coordinados, como se muestra a continuación en la ilustración:

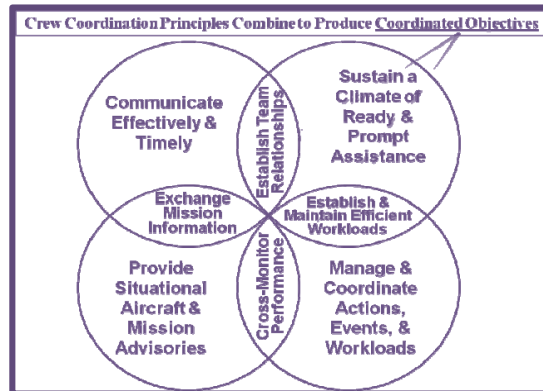


Ilustración 24. Principios de coordinación de la tripulación aérea
Fuente: United States Helicopter Safety Team, 2020

Nota.- Los principios de coordinación de la tripulación aérea del Ejército de los EE. UU. (círculos) combinados para producir objetivos coordinados de la tripulación aérea (lentes).

En concordancia, con la ilustración a continuación se exponen los cuatro principios de la coordinación de la tripulación:

- (a) **Comunicación efectiva y oportuna.** Las buenas relaciones de equipo comienzan con una comunicación efectiva entre los miembros de la tripulación, cuando el remitente dirige, anuncia, solicita u ofrece información, el receptor acusa recibo de la información; y el emisor confirma la recepción de la información, basándose en el acuse de recibo o la acción del receptor. Esto permite el flujo eficiente y el intercambio de información importante de la misión que mantiene a la tripulación al tanto de cualquier situación que surja, por tanto, las declaraciones y directivas sean claras, oportunas, relevantes, completadas y verificadas.
- (b) **Mantener un clima de asistencia pronta y rápida.** El requisito de mantener un ambiente profesional por parte de todos los miembros del equipo comienza con el liderazgo del equipo del piloto al mando. Sin embargo, todos los miembros de la tripulación deben respetar por igual el valor de la experiencia y el juicio de otros miembros de la tripulación, independientemente de su rango, deber o antigüedad. Cada miembro tiene la responsabilidad de mantener el conocimiento de la situación de los requisitos de la misión, las regulaciones de vuelo, los procedimientos operativos y la seguridad.
- (c) **Gestionar, coordinar y priorizar eficazmente las acciones planificadas, los eventos inesperados y la distribución de la carga de trabajo.** El equipo debe evitar las distracciones de las actividades esenciales mientras distribuye y administra las cargas de trabajo de manera equitativa. Tanto los aspectos técnicos como los de gestión para hacer frente a situaciones normales e inusuales son importantes. La secuencia y el tiempo adecuados garantizan que las acciones de un miembro de la tripulación apoyen y encajen con las acciones de los demás miembros de la tripulación, por tanto, es importante priorizar las acciones y distribuir equitativamente la carga de trabajo.
- (d) **Proporcionar control situacional de la aeronave, evitación de obstáculos y avisos de vuelo.** Aunque el piloto en los controles de vuelo es responsable del control de la aeronave, los otros miembros de la tripulación pueden necesitar proporcionar información de control de la aeronave con respecto a la posición de la aeronave (velocidad del aire, altitud, etc.),

orientación, evitación de obstáculos, estado del equipo y del personal, condiciones ambientales y del campo de batalla, y cambios en los objetivos de la misión o situaciones cambiantes de la misión (conciencia situacional).

Adicional a estos cuatro principios, existen cuatro objetivos de coordinación de las tripulaciones aéreas respaldados fundamentalmente por un conjunto de habilidades individuales y profesionales, en donde cada miembro de la tripulación es responsable de adquirir las habilidades de liderazgo de comunicación efectiva, gestión de recursos, toma de decisiones, conciencia situacional, formación de equipos y resolución de conflictos. Cuando los miembros de la tripulación utilizan activamente estas habilidades y practican los principios de coordinación de la tripulación aérea, los resultados se pueden ver y medir para determinar si se están cumpliendo los objetivos del programa de coordinación de la tripulación aérea.

- (a) **Establecer y mantener relaciones de equipo.** Establecer una relación de trabajo positiva que permita a la tripulación comunicarse de manera abierta, libre y efectiva para operar de manera concertada donde se encuentre fácilmente y se brinde prontamente un clima de asistencia profesional.
- (b) **Establecer y mantener cargas de trabajo eficientes.** Gestionar y coordinar las prioridades y ejecutar la carga de trabajo de la misión de manera eficaz y eficiente con la redistribución de las responsabilidades de las tareas a medida que cambia la situación de la misión.
- (c) **Establecer todos los niveles de comunicaciones.** Entre la tripulación y la misión utilizando patrones y técnicas eficaces que permitan el flujo de datos esenciales y avisos de misión entre todos los miembros de la tripulación de manera oportuna y precisa.
- (d) **Supervisar de forma cruzada las acciones y decisiones** de los demás para garantizar que las cargas de trabajo y las acciones de la tripulación se realicen de manera coordinada y de acuerdo con los estándares, manteniendo a la tripulación preparada para proporcionar avisos sobre aeronaves y misiones entre sí y ayuda a reducir la probabilidad de errores que afecten al rendimiento y la seguridad de la misión.

Por lo general, el entrenamiento se lleva en un salón de clases al menos una vez al año, incluso pueden hacer uso de equipos simuladores para complementar la formación en el aula. Inicialmente, se realiza una sesión informativa de la tripulación antes de cada vuelo dirigido por el piloto al mando pero en el cual todos los miembros de la tripulación aérea deben participar activamente. Se pueden discutir todos los principios de coordinación de la tripulación y los objetivos de coordinación de la tripulación aérea. Esto debe hacerse en cada sesión informativa de la tripulación antes de cada vuelo (sin excepciones).

El ensayo previo a la misión implica que la tripulación visualice y discuta colectivamente los eventos esperados y potenciales inesperados para toda la misión. A través de este proceso, todos los miembros de la tripulación discuten y piensan en contingencias y acciones para segmentos difíciles, limitaciones y fallas del equipo, o eventos inusuales asociados con la misión, y desarrollan estrategias para hacer frente a posibles contingencias.

Finalmente, la coordinación de la tripulación es un conjunto de principios, actitudes, procedimientos y técnicas que transforman a los individuos en una tripulación eficaz, basada en la interacción entre los miembros de la tripulación necesaria para el desempeño seguro, eficiente y eficaz de las tareas, lo que implica la utilización de todos los recursos disponibles, lo

que permite mantener el liderazgo del equipo de vuelo, planificar y realizar los ensayos previos a la misión, asignar responsabilidades a los miembros de la tripulación, aplicar técnicas apropiadas de toma de decisiones, plantear soluciones a problemas y definir un plan de acción, intercambiar información entre los miembros de la tripulación, priorizar las acciones y distribuir la carga de trabajo equitativamente y gestionar eventos inesperados, entre otros.

5.4. Entornos de aprendizaje con realidad virtual

En este contexto instruccional, no podemos olvidar la dinámica social al considerar las proyecciones de las nuevas tecnologías para el desarrollo de competencias CRM, TRM, MRM, entre otros. Actualmente las nuevas tecnologías facilitan el desarrollo de aplicaciones interactivas sofisticadas que usan diferentes tipos de recursos y medios. Para ilustrar, los equipos de realidad virtual y los juegos de computadora son un ejemplo de programas informáticos con características de entretenimiento y altos niveles de sofisticación que pueden ser utilizados para desarrollar programas educativos. Sin embargo, la tecnología por sí sola no es suficiente para garantizar la excelencia pedagógica, es necesario hacer uso de un diseño instruccional que permita planificar estrategias acordes con el proceso de aprendizaje y necesidades per se de los Entes de Aviación de Estado.

En particular, la realidad virtual (RV) emerge como una herramienta innovadora con el potencial de revolucionar y complementar la formación aeronáutica, proporcionando experiencias realistas y seguras, mejorando las habilidades no técnicas de los alumnos en los Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado, siendo una herramienta de formación efectiva para mejorar la proeficiencia en los aviadores, generando la oportunidad de profundizar la investigación para comprender completamente su alcance y aplicabilidad en la formación de pilotos (Rojas, 2023).

La realización de estudios de realidad virtual para el entrenamiento en competencias no técnicas en aviación, abre la puerta a la innovación tecnológica, como una nueva herramienta con potencial de revolucionar la instrucción y evaluación basado en competencias que integra factores cognitivos, motores y psicofisiológicos mediante la visualización tridimensional, la dinámica y la interacción cerrada, proporcionando una experiencia más realista y efectiva de las condiciones de vuelo adaptado a la formación aeronáutica, mejorando la sensación de inmersión, enriqueciendo la experiencia y la interacción del usuario con el entorno virtual, esenciales para potenciar el aprendizaje, especialmente en contextos como la aviación, donde los factores humanos desempeñan un papel crítico en la seguridad y el rendimiento humano.

De modo que, la realidad virtual ofrece un enfoque único para la formación de alumnos, al proporcionar entornos inmersivos y realistas que les permite experimentar y aprender de situaciones desafiantes de manera segura y controlada (Rojas, 2023), a medida que se avanza hacia una nueva era en la formación aeronáutica, al considerar la realidad virtual como herramienta que contribuye al fortalecimiento de las habilidades no técnicas y, por ende, a la seguridad en la aviación.

En definitiva, esta tecnología ofrece una experiencia de aprendizaje inmersiva que no solo aumenta la retención del conocimiento, sino que también permite a los estudiantes practicar y perfeccionar habilidades críticas para la aviación, como la conciencia situacional, la gestión del volumen de trabajo, la resolución de problemas y toma de decisiones. En un entorno de formación inmersivo y seguro proporcionado por la VR, los alumnos pueden enfrentarse a

escenarios desafiantes y dinámicos que genera situaciones para afianzar dichas competencias. Esto no solo fortalece su confianza en el desempeño de tareas críticas, sino que también les brinda la oportunidad de cometer errores y aprender de ellos sin riesgo para la seguridad.

5.5. Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos

Un accidente de aviación es un suceso inesperado y generalmente catastrófico. La preocupación por las personas que han experimentado sufrimiento y pérdidas como consecuencia de accidentes de aviación ha suscitado crecientes esfuerzos dentro del sector aeronáutico por determinar medios para atender de manera oportuna a las necesidades de las víctimas y de sus familiares (OACI, 2013).

Es por esto, que la Asamblea de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), ha examinado el asunto de la asistencia a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares, desde octubre de 1998, declarando que el Estado del suceso debería ocuparse de las necesidades más críticas de las personas afectadas por un accidente de aviación civil; tener en cuenta el bienestar mental, físico y espiritual de las víctimas de accidentes de aviación civil y de sus familiares, reconocer la importancia de notificar oportunamente a los familiares de las víctimas de accidentes de aviación civil, de recuperar rápidamente e identificar con exactitud a las víctimas, de devolver sus efectos personales y de transmitir información precisa a sus familiares; prestar apoyo a los familiares de las víctimas de accidentes de aviación civil, dondequiera que estos ocurran, y que la experiencia adquirida por los proveedores de asistencia, incluidos los procedimientos y políticas eficaces, se transmitan rápidamente a otros Estados contratantes y a la OACI para mejorar las actividades de los Estados en materia de asistencia a los familiares y, finalmente, armonizar las reglamentaciones para atender a las necesidades de las víctimas de accidentes de aviación civil y de sus familiares como un deber humanitario y una función facultativa del Consejo de la OACI, contemplada en el Artículo 55 c) del Convenio de Chicago en el cual los Estados deberían ofrecer una solución homogénea para el tratamiento de las víctimas de accidentes de aviación civil y de sus familiares.

Bajo este marco, extensivo a nivel de Aviación de Estado, el objetivo del presente documento reside en proporcionar orientación sobre los tipos de asistencia que pueden prestarse a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares, así como las vías disponibles para hacerlo. Apunta a preparar mejor a todas las partes implicadas, facilitar la coordinación entre ellas y describir el alcance de sus intervenciones en apoyo de las víctimas de accidentes de aviación y de sus familiares, permitiendo a los Entes de Aviación de Estado actuaciones propias, en coherencia con los procedimientos establecidos, programas de intervención y recursos disponibles, contando con el liderazgo de la AAAES, en los casos que así se requieran.

Dentro de este proceso, es importante la prestación inmediata de intervención en crisis de primera instancia y primeros auxilios psicológicos, para hacer frente a los aspectos prácticos de la vida después de un accidente hasta la derivación de una intervención a segunda instancia, para una atención de salud mental a largo plazo.

La primera asistencia a las víctimas y sus familiares es la información a las familias una vez conocido el evento y los resultados derivados del mismo. Éste se realiza a través de una sola persona, quien generalmente es el Comandante de la unidad militar a la cual pertenece el personal orgánico o de acuerdo con lo establecido por los protocolos en cada EAE, activando los equipos psicosociales de intervención dentro de los cuales, se contempla como mínimo un

psicólogo o un trabajador social o un capellán y, de modo mandatorio, el comandante de unidad militar orgánica de las víctimas. La información para suministrar debe ser veraz y en tiempo real acerca de los hechos ocurridos.

Igualmente, ante cualquier situación de emergencia y/o catástrofe, independientemente del origen de esta, debe existir una prioridad para todos los equipos de intervención: las víctimas del suceso, y los familiares y allegados que resulten afectados; y responder a las necesidades psicológicas de estos afectados, fortaleciendo sus mecanismos de afrontamiento, ha pasado a ser una preocupación primordial en la asistencia humanitaria internacional (Cruz Roja Española, 2015, p.5).

Como parte del proceso de asistencia, el equipo de intervención en factores humanos, con conocimiento en primeros auxilios psicológicos, puede realizar la intervención de primera instancia y derivar al personal profesional en salud mental (psicólogos o médicos psiquiatras) la atención de casos especiales para seguimiento e intervención de segunda instancia.

Por tanto, la intervención en crisis es una estrategia que se aplica en el momento de una desorganización grave, resultado de una crisis de cualquier índole que no se haya podido afrontar de manera eficiente, con el fin de ayudar a la persona a recuperar el nivel de funcionamiento que tenía antes de la crisis, la restauración del equilibrio emocional y una mejora en cuanto a su conceptualización de lo sucedido para apoyar en la activación de los recursos de afrontamiento que se requiere.

La intervención en crisis se divide en:

- (a) **Intervención en primera instancia.** Consiste en dar los primeros auxilios psicológicos y restablecer el enfrentamiento inmediato ante la crisis que se está viviendo.
- (b) **Intervención en segunda instancia.** Consiste en brindar a las personas que lo requieren un proceso psicoterapéutico dirigido a ayudar a superar los sucesos traumáticos.

Es así como, los Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) son una intervención en primera instancia que se realiza en el momento de crisis, entendiéndose como una ayuda breve e inmediata de apoyo a la persona para restablecer su estabilidad personal a nivel emocional, físico, cognitivo y conductual (social), el cual existen tres aspectos que dan dirección a la actitud del asistente (Slaikeu, 2000):

- (a) **Proporcionar apoyo.** Se basa en la premisa de que es mejor para las personas no estar solas, en los eventos de crisis, estresantes o traumáticos. De manera concreta, ello significa permitir a la gente hablar para crear un vínculo de presencia, calidez, empatía y escucha que permita aterrizar las ideas y proporcionar una atmósfera en la que el temor, la ira, la ansiedad y otras emociones puedan expresarse libremente.
- (b) **Reducir la mortalidad.** Se dirige a la salvación de vidas, bajo el lema “primero lo supervivencia” y la prevención del daño físico durante la crisis. Es frecuente, que algunas crisis conduzcan al daño físico (como golpear a los hijos o al cónyuge) o aun a la muerte (suicidio, homicidio) para lo cual es importante explorar el riesgo y tomar medidas para hacer mínimas las posibilidades destructivas y desactivar la situación.
- (c) **Proporcionar el enlace con las fuentes de asistencia.** Se vincula directamente con la definición de la crisis vital como un período en el que los suministros y recursos personales

se han agotado. Antes que tratar de resolver el problema completo de manera inmediata, el asistente fija con precisión las necesidades fundamentales y entonces realiza una remisión adecuada a algún otro asistente o agencia. Algunas veces esta remisión será para orientación individual de tipo (de terapia para crisis) breve. Otras veces será para asistencia legal o auxilio de parte de una agencia de servicio social.

De manera general, posterior a evaluar estos tres aspectos, es importante concretar los pasos a seguir para aplicar los primeros auxilios psicológicos con el fin de permitir a la persona afrontar de manera eficiente y eficaz la situación de emergencia, así (Slaikeu, 2000):

| PASOS | SIGNIFICADO | ACCIONES |
|---|---|--|
| Realizar el contacto psicológico | Se escucha totalmente a la persona, los hechos, los sentimientos y/o las emociones; sin juicio y sin reclamo. | Tratar con respeto Tomar en serio el caso Crear lo que escucha con genuino interés Permitir expresión de sentimientos |
| Examinar las dimensiones del problema | La atención se pone tanto en las fortalezas como en las debilidades durante el período de crisis, ¿cuáles son las probables dificultades para la persona y su familia? | Hablar acerca de la situación, preguntar: ¿Qué pasó?, ¿cómo ocurrió?, ¿qué es lo que más te preocupa?, ¿cómo te sientes? |
| Analizar posibles soluciones | Se analizan las alternativas, las ganancias y pérdidas, los pros y contras de cada solución. Después aquellos son sintetizados y jerarquizados de modo adecuado a las necesidades inmediatas y postergables. | Preguntar primero acerca de qué se ha intentado ya, qué no ha funcionado, para entonces llevar a la persona en crisis a generar alternativas sugerir otras posibilidades. Preguntar ¿Qué has hecho al respecto?, ¿qué se te ocurre que puedas hacer? O bien ¿y... si intentas esto?" |
| Asistir en la ejecución de una acción concreta | Implica ayudar a la persona a ejecutar alguna acción concreta para manejar la crisis y afrontarla. El objetivo es dar un siguiente paso, el mejor que se pueda dada la situación. Es importante recordar que la persona tiene que hacer lo más que sea capaz de hacer por él/ella mismo/a. | Ayudar a tomar una acción concreta: consiste en un proceso de negociación estudiante-tutor acerca de la solución que ha decidido realizar. ¿Te parece que el día de mañana hagas... (lo acordado)?, ¿quieres hablar con...? |
| Darle seguimiento | Establecido el contacto con el estudiante se verifica si el proceso fue adecuado o requiere nuevas intervenciones. El objetivo del seguimiento es completar el circuito de retroalimentación, o determinar si se lograron o no las metas de los primeros auxilios psicológicos. El seguimiento determina si es necesario canalizar a nuestro tutorado a una instancia especializada o algún otro servicio de apoyo. | ¿Te gustaría tener un espacio con un psicólogo para hablar de todo esto?, ¿te parece si conseguimos información o apoyo adicional a tu situación? |

Una vez pasada la crisis, si se detecta que la persona afectada o la víctima está experimentando secuelas o presentando síntomas asociados a estrés postraumático, ataques de pánico, manías o fobias, pensamiento catastrófico u obsesivo, se recomienda canalizarlo a una intervención de segunda instancia que debe ser llevada a cabo por personas especializadas del área de la salud, como psicólogos, psicoterapeutas o psiquiatras.

En este sentido, la asistencia a los familiares consiste en la prestación de servicios y el suministro de información para atender a las inquietudes y las necesidades de las víctimas de un accidente de aviación y de sus familiares, independientemente de la magnitud y de las circunstancias del siniestro.

Igualmente, la asistencia inmediata prestada se enfocará en diferentes acciones. Por ejemplo, los familiares de las víctimas mortales necesitarán ayuda para conseguir información sobre el proceso de identificación de las víctimas, el traslado de los restos y las disposiciones funerarias, con el debido respeto a las sensibilidades culturales y religiosas. Los sobrevivientes lesionados requerirán asistencia para la asistencia médica, el traslado de regreso a sus hogares y futuros cuidados. De igual manera, actividades para realizar la devolución de los elementos personales, acompañamiento psicosocial, asesoramiento jurídico, asistencia para trámites diversos (desplazamiento, alojamiento, alimentación, entre otros), así como contacto con las dependencias competentes al interior del Ente de Aviación de Estado.

Por consiguiente, la creación, identificación e implantación de Equipos de Respuesta Inmediata en Emergencias (Equipos ERIE) o sus equipos homólogos, especializados en intervención psicosocial, pretende proporcionar una adecuada atención integradora tanto de las víctimas como de sus familiares y allegados, ya que todos se ven afectados por una situación de emergencia, con la finalidad de satisfacer las necesidades psicológicas, sociales y sanitarias que pudieran presentar durante la fase de emergencia.

Así mismo, el diseño de un protocolo o procedimiento para el gerenciamiento en crisis y al interior de cada Ente de Aviación de Estado es clave para brindar las herramientas necesarias para el planeamiento y la actuación en casos de emergencia ante un evento no deseado en seguridad operacional, con el fin de dar soporte y prevenir la aparición de un evento postraumático, a través de la aplicación de protocolos clínicos y organizacionales.

En conclusión, se puede decir que toda persona a lo largo de su vida puede vivir alguna situación de crisis y que si no la afronta de manera acertada requerirá una intervención en crisis para que se reestablezca su nivel de funcionamiento y es a través de los primeros auxilios psicológicos que se logra esto, por tanto, es innegable que proporcionar esta ayuda a las personas en crisis, les permitirá afrontar de mejor manera los eventos vividos e integrarlos de manera funcional a su propia vida.

5.6. Entrenamiento Fisiológico de Vuelo

El entrenamiento fisiológico de vuelo es una herramienta fundamental de la Medicina Aeroespacial, para entrenar a los pilotos y demás tripulantes mediante equipos en tierra que simulan fielmente las condiciones de un vuelo real, para hacerlos experimentar los eventos fisiológicos que se pueden presentar, con el propósito de que aprendan a reconocerlos y entrenen la forma de manejarlos cuando estén en vuelo (Sánchez, 2005).

Según Sánchez (2005), este tipo de entrenamiento es el realizado en cámara hipobárica para experimentar en tierra los efectos producidos por la hipoxia, los disbarismos y la enfermedad por descompresión. Estos entrenamientos realizados por médicos especializados en fisiología de vuelo son complementarios a los entrenamientos operacionales en vuelo real o en simuladores de vuelo para avión y helicóptero y se han convertido en herramienta fundamental para un mejor desarrollo de las operaciones aéreas.

Este tipo de entrenamiento se realiza en equipos que cumplen criterios internacionales de entrenamiento, bajo la supervisión de médicos especialistas en Medicina Aeroespacial, quienes complementan el entrenamiento operacional dirigido por Pilotos Instructores en simuladores de vuelo o en vuelo real, realizando el entrenamiento físico y fisiológico favoreciendo el desempeño efectivo y seguro de las tripulaciones. Sin embargo, antes de llevar a cabo un programa de entrenamiento fisiológico, las tripulaciones son sometidas a un reconocimiento médico con el objetivo de descartar patologías agudas incompatibles con la exposición a la altitud o a las altas aceleraciones.

Dentro de las ventajas del entrenamiento fisiológico de vuelo se encuentran:

- (a) Ayudar a la comprensión del comportamiento psicofísico del piloto en vuelo, permitiendo recrear experiencias como las del vuelo real con altos márgenes de seguridad.
- (b) Optimizar los recursos porque permite entrenar en tierra aspectos del vuelo sin el gasto ni el riesgo que implica una hora de vuelo, reduciendo el número de horas necesarias de entrenamiento en vuelo real.
- (c) Incrementar las habilidades de las tripulaciones porque les permite ejecutar repetidamente un mismo procedimiento hasta conseguir hacerlo de la mejor forma.
- (d) Incrementar la alerta situacional, porque facilita el reconocimiento de los fenómenos fisiológicos afectando el vuelo.
- (e) Aumentar la efectividad operacional, porque mejora el entrenamiento de los pilotos.
- (f) Ayudar a la unificación de criterios y a la estandarización de procedimientos, porque es un entrenamiento coordinado interdisciplinariamente con los jefes de entrenamiento aeronáutico, seguridad aérea y medicina aeroespacial, dirigido a todas las tripulaciones militares.
- (g) Contribuir a la seguridad aérea, porque previene accidentes de aviación por factor humano que es el causante de aproximadamente el 80 % de los accidentes de aviación (Sánchez, 2005, p.108).

Así, mediante el entrenamiento en desorientación espacial, se experimenta una percepción incorrecta por parte del tripulante respecto a la posición corporal, el movimiento, la altitud, actitud y velocidad de la aeronave siendo fundamentales la visión, el sistema vestibular del oído interno y la propiocepción, los cuales brindan información de aceleraciones lineales y gravedad por los receptores sensoriales del utrículo y el sáculo y de aceleraciones angulares por los canales semicirculares. Esta situación se presenta predominantemente en condiciones visuales reducidas, como el vuelo por instrumentos, el vuelo nocturno y el vuelo con visores nocturnos que, aunque nos brinda una imagen mejor que la del vuelo nocturno sin ayudas, es menos buena que la del vuelo diurno.

Adicional, mediante el entrenamiento en visión nocturna, los tripulantes aprenden a identificar e interpretar la percepción visual y a adaptarse a la oscuridad para obtener el mejor rendimiento de la visión de noche, en condiciones de baja luz donde la agudeza y el campo visual, el color, la percepción de distancia y profundidad son diferentes y la persona debe interpretar este tipo de imagen, máximo cuando se usan visores que funcionan como sistemas

amplificadores de luz y en condiciones nocturnas proporcionan una imagen que debe aprenderse también a interpretar.

Así mismo, mediante la cámara hipobárica se realiza la familiarización de las tripulaciones tanto con situaciones de hipoxia como en situaciones de descenso brusco de la presión de cabina que pueden presentarse en vuelo real, derivando la pérdida de conciencia por las aceleraciones, la hiperventilación y la existencia de materiales tóxicos en el circuito de respiración. Pero la causa más probable de las disfunciones cognitivas es la hipoxia hipobárica, cuyos síntomas dependen del grado de disminución de la presión del oxígeno y de la duración de la exposición.

El entrenamiento fisiológico está regulado en los acuerdos de estandarización de la OTAN ("NATO STANAG") cuyo objetivo es el de proporcionar a las tripulaciones una adecuada instrucción en los aspectos físicos y psicológicos relacionados con la actividad del vuelo. Ofrecer demostraciones prácticas de las consecuencias del vuelo en los seres humanos, conocer las formas de actuación en situaciones específicas del vuelo, aumentar las capacidades profesionales, mejorar la operatividad y aumentar la seguridad de vuelo (Ministerio de Defensa Gobierno Español, 2016, p.52).

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

El presente capítulo evalúa el Manual de Factores Humanos, como herramienta de seguimiento para el mejoramiento continuo, que permitirá revisiones y enmiendas futuras, fruto de la aplicación práctica del mismo por el personal de la Aviación de Estado.

En este sentido, es importante tener en cuenta que los resultados derivados de la aplicación del presente Manual, enfocado en la Instrucción y entrenamiento en factores humanos, obedecen:

- (a) Al compromiso y la aceptación de la formación por parte del personal de la Aviación de Estado, a todo nivel.
- (b) A los resultados de la investigación de sucesos operacionales, que evidencien una reducción considerable en el porcentaje de eventos relacionados con factores humanos.
- (c) A la adherencia a las prácticas de instrucción y entrenamiento con enfoque proactivo y generativo en seguridad, por parte de la población de los Entes de Aviación de Estado.

La evaluación del presente Manual debe concebirse como parte integral del proceso educativo, que permite identificar, reconocer y valorar los aciertos y aspectos por mejorar en la selección de los contenidos temáticos propuestos, con el fin de establecer y desarrollar estrategias que lleven a un mejoramiento continuo del proceso de instrucción y entrenamiento.

El proceso de evaluación debe contar con un momento de preparación que garantice:

- (a) El total conocimiento y plena comprensión del proceso general de la evaluación por parte de la población.
- (b) La conformación del equipo evaluador para la recolección de información y seguimiento al plan de desarrollo profesional.
- (c) El conocimiento de las temáticas, los instrumentos y la metodología por parte del equipo evaluador y los evaluados.
- (d) La organización del proceso de instrucción y entrenamiento durante la vigencia académica establecida y acorde con los planes de instrucción.

Por consiguiente, la siguiente rúbrica, evalúa algunos criterios asociados con la instrucción y el entrenamiento del presente Manual, con el fin de desarrollar la capacidad crítica de los principales aciertos y aspectos por mejorar durante el tiempo de aplicación en los Entes de Aviación de Estado, en tres niveles de calificación: Excelente, Aceptable y Deficiente.

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| Criterio de Evaluación | Excelente (Puntaje 3) | Bueno (Puntaje 2) | Deficiente (Puntaje 1) |
|---|---|---|---|
| Organización y estructura del manual | El manual tiene una estructura lógica, y los contenidos temáticos están bien organizados en los capítulos. | El manual tiene una estructura en su mayoría lógica, pero podría mejorar la organización de los contenidos temáticos en algunos capítulos. | El manual carece de estructura y organización. La información no guarda coherencia con los contenidos temáticos planteados y se presentan de manera desordenada. |
| Precisión y rigurosidad técnica | El manual muestra un conocimiento profundo y preciso de las temáticas propuestas, asociadas a Factores Humanos en Aviación de Estado. | El manual muestra un buen conocimiento en su mayoría. Algunos detalles conceptuales y temáticos podrían ser más precisos o estar mejor explicados. | El manual muestra desconocimiento o imprecisión conceptual y temática. |
| Claridad en las temáticas propuestas | Las temáticas del Manual son claras y fáciles de aplicar en procesos de instrucción y entrenamiento. | Las temáticas del Manual son claras y fáciles de aplicar en procesos de instrucción y entrenamiento. Algunas temáticas podrían ser más precisas o estar mejor documentadas. | Las temáticas del Manual son confusas, difíciles de aplicar en la Aviación de Estado en procesos de instrucción y entrenamiento. Las temáticas no están bien referenciadas ni explicadas adecuadamente. |
| Coherencia y adherencia Normativa | Las temáticas del Manual son coherentes y se ajustan a la normatividad legal vigente y aplicable en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual se ajustan a la normatividad legal en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. Algunas temáticas podrían ser incoherentes con la normatividad vigente y aplicable. | Las temáticas del Manual son incoherentes y no se ajustan a la normatividad legal vigente y aplicable en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. |
| Objetividad y pertinencia de las temáticas propuestas | Las temáticas del Manual cumplen los objetivos y las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos para la población aeronáutica de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ser más pertinentes en el contexto actual de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual impiden el cumplimiento de los objetivos propuestos y no corresponden a las necesidades reales de la Aviación de Estado. |
| Alcance del contenido temático según grupo poblacional | Las temáticas del Manual guardan relación entre los contenidos temáticos y los diferentes grupos poblacionales dentro de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ser más pertinentes a otros grupos poblacionales dentro de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual impiden la aplicación de los contenidos temáticos propuestos y no corresponden a los grupos poblacionales sugeridos dentro de la Aviación de Estado. |

| | | | |
|---|---|--|---|
| Pertinencia e Intensidad Horaria | Las temáticas del Manual se ajustan a las necesidades e intensidad horaria de los contenidos temáticos propuestos. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ajustar el tiempo requerido para la instrucción y entrenamiento. | Las temáticas del Manual impiden la aplicación de los contenidos temáticos en la Aviación de Estado, en el tiempo propuesto. |
| Redacción y ortografía | La redacción es clara, cohesionada y sin errores ortográficos. El lenguaje utilizado es adecuado para la edad y nivel educativo del personal aeronáutico. | La redacción es clara en su mayoría, pero podría mejorarse en algunos aspectos. Existen algunos errores ortográficos o de gramática. | La redacción es confusa o contiene muchos errores ortográficos o de gramática. El lenguaje utilizado no es adecuado para el nivel de los estudiantes. |

Tabla 11. Rúbrica para la evaluación Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado
Fuente: Elaboración propia AAAES

Nota.- La ejecución de la evaluación del MAFAH se aplicará de manera anual, mediante solicitud por parte de la AAAES a los EAE con el fin de recibir la retroalimentación para la mejora

Para lograr que el proceso de evaluación de desempeño cumpla los fines y objetivos previstos, se ha diseñado un instrumento que consta de una valoración acorde con los criterios de evaluación para la mejora continua del proceso, de aplicación virtual o escrita.

Este instrumento debe ser diligenciado por el personal de alumnos e instructores al finalizar el desarrollo de programa tomado, basados en la observación de clases, actas, planes de trabajo, ejercicios simulados, entre otros, acordes con los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas.

Frente a los aspectos se encuentra una escala que permite valorar cada uno como inferior, medio o superior, con dos posibilidades cada uno, lo que en la práctica lleva a una valoración del aspecto de uno (1) a tres (3). El puntaje total resulta de sumar los obtenidos en cada uno de los aspectos y se considera la evaluación como satisfactoria, si el puntaje total es igual o superior al 60%, que es el porcentaje máximo que puede obtener el manual.

El porcentaje resulta de dividir el total de puntos obtenidos por el evaluado por el puntaje máximo. El cociente se multiplica por 100. Así mismo, la evaluación contempla una valoración cualitativa, donde tanto el evaluador como el evaluado pueden hacer observaciones pertinentes en el respaldo.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO



MAFAH

APÉNDICE 1

PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS



| Apéndice 1 | | |
|---|---|--|
| Programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos | | |
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción, entrenamiento y evaluación basado en las competencias requeridas para el personal tripulante, mediante el empleo efectivo de estrategias de gestión de los recursos en cabina, con el fin de fortalecer la seguridad operacional y asegurar que la Aviación de Estado cuente con el recurso humano debidamente calificado y competente para cumplir con su labor misional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las regulaciones aeronáuticas vigentes y aplicables en la materia. (Incluye CRM y SRM) | |
| Perfil | Pilotos Pilotos Instructores Personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EAE | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) |
| | Primera Vez: 15 horas | Recurrente: 10 horas Piloto Instructor: 6 horas |
| Metodología | <p>Se contemplan las siguientes metodologías de entrenamiento teórico y práctico, para la implementación del programa en los Entes de Aviación de Estado, sin embargo, los EAE pueden implementar otras para llevar a cabo procesos de Instrucción y entrenamiento en las temáticas propuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) Instrucción y Evaluación Basada en Competencias (CBTA) (b) Entrenamiento Basado en la Evidencia (EBT) (c) Air Crew Coordination (ACC) (d) Uso de Entornos con Realidad Virtual <p>Durante el entrenamiento práctico se aplicará una guía de evaluación de competencias previamente diseñada por el EAE, que permite determinar con base en conductas observables, las competencias existentes y por desarrollar en el personal de los Entes de Aviación de Estado, acorde con el Marco OACI (2013) y OACI (2020), para lo cual se adjunta un formato modelo.</p> <p>Cada EAE selecciona la(s) herramienta(s) a utilizar para realizar la práctica de habilidades no técnicas</p> | |
| Impacto | Al final del curso, el personal se encontrará entrenado en las competencias para la gestión completa de recursos – CRM, necesarias para fortalecer la operación aeronáutica de la Aviación de Estado. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos dirigida al personal de Pilotos, acorde con la intensidad horaria establecida en el RACAE 141 “Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado para la Formación de Pilotos y Pilotos Instructores”.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 1. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS PARA PILOTOS | | | | | | | |
|---|---------|---|--|---|--|-----|-------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | | |
| | | | | | INST. | PIN | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Conceptos Generales relacionados con FFHH | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 0 | 0 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | Eventos que marcaron el desarrollo de los Factores Humanos | | | | 0 |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | | 1 |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | | 1 |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra | 1 | 0 | 0 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 1 | 1 |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | | |
| | 3.7. | Gestión Completa de Recursos (CRM) | Definición - Habilidades asociadas | Teórico - Práctica (Uso de metodologías para la instrucción y entrenamiento) (Simulador, realidad virtual, juego de Roles, Observación Directa, EBT. CBTA. ACC) | 4 | 2 | 2 |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | 0 | 0 | 0 |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | 0 | 0 | 0 |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | | | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | 1 | 1 |

| Apéndice 1. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS PARA PILOTOS | | | | | | | |
|---|-------------|--|--|--|---|----------|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA/ | | |
| | | | | | INST. | PIN | ETTO. |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración. | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales). | 3 | 1 | 2 |
| | | | Funciones Cognitivas: Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas). | Para poblaciones definidas o en casos especiales, se puede realizar Entrenamiento Fisiológico y neuropsicológico adicionales a la intensidad mínima requerida y de acuerdo con las necesidades de cada EAE. | 1 | | 1 |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 0 | 1 |
| | 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | 2 | 1 | 1 |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 15 | 6 | 10 |



MAFAH

APÉNDICE 2

PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS PARA TRIPULANTES DE VUELO



| Apéndice 2 | | |
|---|---|----------------------------|
| Programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos para Tripulantes de Vuelo | | |
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción, entrenamiento y evaluación basado en las competencias requeridas para el personal tripulante, mediante el empleo efectivo de estrategias de gestión completa de los recursos, con el fin de fortalecer la seguridad operacional y asegurar que la Aviación de Estado cuente con el recurso humano debidamente calificado y competente para cumplir con su labor misional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las regulaciones aeronáuticas vigentes y aplicables en la materia. | |
| Perfil | Tripulantes de vuelo Personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EA | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) |
| | Primera Vez: 15 horas | Recurrente: 10 horas |
| Metodología | <p>Se contemplan las siguientes metodologías de entrenamiento teórico y práctico, para la implementación del programa en los Entes de Aviación de Estado, sin embargo, los EAE pueden implementar otras para llevar a cabo procesos de Instrucción y entrenamiento en las temáticas propuestas.</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) Instrucción y Evaluación Basada en Competencias (CBTA) (b) Entrenamiento Basado en la Evidencia (EBT) (c) Air Crew Coordination (ACC) (d) Uso de Entornos con Realidad Virtual <p>Durante el entrenamiento práctico se aplicará una guía de evaluación de competencias previamente diseñada por el EAE, que permite determinar con base en conductas observables, las competencias existentes y por desarrollar en el personal de los Entes de Aviación de Estado, acorde con el Marco OACI (2013) y OACI (2020), para lo cual se adjunta un formato modelo.</p> <p>Cada EAE selecciona la(s) herramienta(s) a utilizar para realizar la práctica de habilidades no técnicas</p> | |
| Impacto | Al final del curso, el personal se encontrará entrenado en las competencias para la Gestión Completa de Recursos – CRM, necesarias para fortalecer la operación aeronáutica de la Aviación de Estado. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos dirigida al personal de Pilotos, acorde con la intensidad horaria establecida en el RACAE 141 “Centros de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado para la Formación de Pilotos y Pilotos Instructores”

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 2. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS PARA TRIPULANTES DE VUELO | | | | | | |
|--|---------|---|--|--|--|-------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Conceptos Generales relacionados con FFHH | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 0 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | Eventos que marcaron el desarrollo de los Factores Humanos | | | 0 |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | 1 |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | 1 |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra | 1 | 0 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 1 |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | |
| | 3.7. | Gestión Completa de Recursos (CRM) | Definición - Habilidades asociadas | Teórico - Práctica (Uso de metodologías para la instrucción y entrenamiento (Simulador, realidad virtual, juego de Roles, Observación Directa, EBT. CBTA. ACC) | 4 | 2 |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | 0 | 0 |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | 0 | 0 |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | | 1 | 1 |

| Apéndice 2. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN COMPLETA DE RECURSOS PARA TRIPULANTES DE VUELO | | | | | | |
|--|-------------|---|--|---|--|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | PIN |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 3 | 2 |
| | | | Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas) | Para poblaciones definidas o en casos especiales, se puede realizar Entrenamiento Fisiológico y neuropsicológico adicional a la intensidad mínima requerida y de acuerdo con las necesidades de cada EAE. | 1 | 1 |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 1 |
| | 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 2 | 1 |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 15 | 10 |



MAFAH

APÉNDICE 3

PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO



| Apéndice 3 | | |
|---|---|----------------------------|
| Programa de Factores Humanos para la Gestión de Recursos de Mantenimiento | | |
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción, entrenamiento y evaluación basado en las competencias requeridas para el personal de mantenimiento de aeronaves, mediante el empleo efectivo de estrategias de gestión de recursos de mantenimiento, con el fin de fortalecer la seguridad operacional y asegurar que la Aviación de Estado cuente con el recurso humano debidamente calificado y competente para cumplir con su labor misional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las regulaciones aeronáuticas vigentes y aplicables en la materia. | |
| Perfil | Personal Técnico de Mantenimiento Aeronáutico Otro personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EA | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) |
| | Primera Vez: 5 horas | Recurrente: 5 horas |
| Metodología | <p>Para la implementación del programa en los Entes de Aviación de Estado, se pueden implementar otras metodologías para llevar a cabo procesos de Instrucción y entrenamiento en las temáticas propuestas.</p> <p>Durante el entrenamiento práctico se aplicará una guía de evaluación de competencias previamente diseñada por el EAE, que permite determinar con base en conductas observables, las competencias existentes y por desarrollar en el personal de los Entes de Aviación de Estado, acorde con el Marco OACI Doc 10098, para lo cual se adjunta un formato modelo.</p> <p>Cada EAE selecciona la(s) herramienta(s) a utilizar para realizar la práctica de habilidades no técnicas. En el Manual de instrucción y evaluación basadas en competencias para personal de mantenimiento de aeronaves (Doc 10098) figura texto de orientación sobre el diseño y preparación de un programa de instrucción del personal de mantenimiento de aeronaves, así como ejemplos de objetivos de instrucción.</p> <p>Cada EAE selecciona la(s) herramienta(s) a utilizar para realizar la práctica de habilidades no técnicas</p> | |
| Impacto | Al final del curso, el personal se encontrará entrenado en las competencias para la Gestión de Recursos de Mantenimiento– MRM, necesarias para fortalecer la operación aeronáutica de la Aviación de Estado. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos dirigida al personal de Pilotos, acorde con la intensidad horaria establecida en el RACAE 147 “Centros de Educación Aeronáutica de la Aviación de Estado para la formación de personal técnico / tecnólogo aeronáutico”.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 3. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO | | | | | | |
|--|---------|---|--|--|--|-------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Conceptos Generales relacionados con FFHH | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | Eventos que marcaron el desarrollo de los Factores Humanos | | | |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | | | |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | |
| | 3.7. | | Gestión Completa de Recursos (CRM) | Definición - Habilidades asociadas Instrucción y evaluación basadas en competencias para el personal de mantenimiento de aeronaves | Teórico - Práctica (Uso de metodologías para la instrucción y entrenamiento (Simulador, realidad virtual, juego de Roles, Observación Directa, EBT. CBTA. ACC) | 0 |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | | |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | | |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | | | |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| Apéndice 3. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | PIN |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | <p>Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración</p> | <p>Teórica: Clase Cátedra</p> <p>Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales)</p> | 0 | 0 |
| | | | <p>Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas)</p> | <p>Para poblaciones definidas o en casos especiales, se puede realizar Entrenamiento Fisiológico y neuropsicológico adicional a la intensidad mínima requerida y de acuerdo con las necesidades de cada EAE.</p> | | |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | <p>Teórica: Clase Cátedra</p> <p>Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales)</p> | | |
| 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | | 1 | 1 |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 5 | 5 |



MAFAH

APÉNDICE 4

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN AÉREA



| Apéndice 4 | | |
|--|---|--|
| Programa de Entrenamiento Basado en Competencias para el personal de Servicios a la Navegación Aérea | | |
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción, entrenamiento y evaluación basado en las competencias requeridas para el personal de Servicios a la Navegación Aérea, mediante el empleo efectivo de estrategias de gestión de los recursos en equipo y de manejo de recursos de la tripulación como herramientas para la gestión de amenazas y errores, con el fin de fortalecer la seguridad operacional y asegurar que la Aviación de Estado cuente con el recurso humano debidamente calificado y competente para cumplir con su labor misional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las regulaciones aeronáuticas vigentes y aplicables en la materia. | |
| Perfil | Personal Servicios a la Navegación Aérea Otro personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EA | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) |
| | Primera Vez: 6 horas | ATS Inspector y Supervisor: 5 horas Recurrente: 5 horas |
| Metodología | <p>La aplicación del presente programa se desarrollará simultáneamente aplicando tanto aspectos teóricos como la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos, haciendo énfasis en la aplicación para la Gestión de Recursos de Tripulación (CRM: Crew Resource Management), el modelo de Manejo de Amenazas y Errores (TEM: Treat and Error Management) y la Gestión de los Recursos en Equipo (TRM: Team Resource Management).</p> <p>Adicional, se orienta en la propuesta de instrucción y evaluación basadas en competencias para el personal de gestión del tránsito aéreo (ATM), para los controladores de tránsito aéreo (ATCO) y para instructores de formación en el puesto de trabajo (OJTI) para ATC de acuerdo con el Doc.10056 (OACI, 2017) y Doc.9868 (OACI, 2020).</p> <p>Durante el entrenamiento práctico se aplicará una guía de evaluación de competencias previamente diseñada por el EAE, que permite determinar con base en conductas observables, las competencias existentes y por desarrollar en el personal de los Entes de Aviación de Estado, acorde con el Marco OACI (2020).</p> <p>Cada EAE selecciona la(s) herramienta(s) a utilizar para realizar la práctica de habilidades no técnicas</p> | |
| Impacto | Al final del curso, el personal se encontrará entrenado en las competencias para la Gestión de Recursos de Equipo– TRM, necesarias para fortalecer la operación aeronáutica de la Aviación de Estado. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos para la Gestión Completa de Recursos dirigida al personal de Pilotos, acorde con la intensidad horaria establecida en el RACAE 147 “Centros de Educación Aeronáutica de la Aviación de Estado para la formación de personal técnico / tecnólogo aeronáutico”.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 4. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN AÉREA | | | | | | | |
|---|---------|---|--|--|---|-------------------------------|-------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | | |
| | | | | | INST. | ATS INSPECTOR Y SUPERVISOR | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Conceptos Generales relacionados con FFHH | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 | 0 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | Eventos que marcaron el desarrollo de los Factores Humanos | | | | |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | | |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | | | |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra | 0 | 1 | 0 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 | 0 |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | | |
| | 3.7. | Gestión Completa de Recursos (CRM) | Definición - Habilidades asociadas | Teórico - Práctica (Uso de metodologías para la instrucción y entrenamiento (Simulador, realidad virtual, juego de Roles, Observación Directa, EBT. CBTA. ACC) | 0 | 0 | 0 |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | 0 | 0 | 0 | |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | 2 | 1 | 1 | |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | 1 | 1 | 1 |

| Apéndice 4. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN AÉREA | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|-------------------------------|----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | | |
| | | | | | INST. | ATS INSPECTOR Y SUPERVISOR | ETTO. |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) Para poblaciones definidas o en casos especiales, se puede realizar Entrenamiento Fisiológico y neuropsicológico adicional a la intensidad mínima requerida y de acuerdo con las necesidades de cada EAE. | 1 | 1 | 1 |
| | | | Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas) | | | | |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 0 | 1 |
| 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 1 | 1 | 1 | |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 6 | 5 | 5 |

| Apéndice 4. | | |
|---|--|--|
| COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN AÉREA | | |
| COMPETENCIA | DESCRIPCIÓN | COMPORTAMIENTOS OBSERVABLES |
| Conciencia de la Situación | Comprender la situación operacional actual y prever sucesos futuros | <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Vigila el tránsito aéreo en su propia área de responsabilidad y espacio aéreo cercano 1.2 Vigila las condiciones meteorológicas con consecuencias para su propia área de responsabilidad y espacio aéreo cercano. 1.3 Vigila la condición de los sistemas y equipo ATC. 1.4 Vigila las circunstancias operacionales en sectores cercanos para prever consecuencias sobre su propia situación. 1.5 Explora todas las fuentes de información disponibles. 1.6 Obtiene información de los sistemas disponibles de vigilancia y datos de vuelo, datos meteorológicos, pantalla de datos electrónicos y todo otro medio disponible. 1.7 Integra en el panorama general la información obtenida de la vigilancia y de la búsqueda de información. 1.8 Analiza la situación real basándose en la información obtenida de la vigilancia y búsqueda. 1.9 Interpreta la situación sobre la base del análisis. 1.10 Prevé la situación operacional futura. 1.11 Identifica posibles amenazas (p. ej., elevados volúmenes de tránsito, terreno montañoso, compleja estructura del espacio aéreo, complejos procedimientos ATC, condiciones meteorológicas adversas, equipo de navegación inutilizable, no familiarización de la tripulación de vuelo con el aeropuerto o procedimientos). 1.12 Verifica que la información es precisa y que las hipótesis son correctas 1.13 Utiliza herramientas disponibles para vigilar, explorar, comprender y predecir situaciones operacionales. |
| Gestión de tránsito y capacidad | Asegurar un flujo de tránsito seguro, ordenado y eficaz y proporcionar información esencial sobre el entorno y posibles situaciones peligrosas | <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Gestiona el tránsito de llegada, salida o en ruta utilizando procedimientos prescritos. 2.2 Expide autorizaciones e instrucciones que tienen en cuenta la performance de la aeronave, los obstáculos del terreno, las limitaciones del espacio aéreo y las condiciones meteorológicas. 2.3 Utiliza varias técnicas para gestionar eficazmente el tránsito (p. ej., control de velocidad, guía vectorial, secuenciación del tránsito, asignación de velocidad vertical de ascenso/descenso). 2.4 Aumenta los márgenes de seguridad operacional cuando lo considere necesario. 2.5 Toma medidas cuando lo considere necesario para asegurar que la demanda no supera la capacidad del sector. 2.6 Mantiene la concentración a pesar de los variados niveles de tránsito 2.7 Reacciona adecuadamente a situaciones que podrían tornarse inseguras. |

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| Gestión de tránsito y capacidad | Asegurar un flujo de tránsito seguro, ordenado y eficaz y proporcionar información esencial sobre el entorno y posibles situaciones peligrosas | <p>2.8 Expide autorizaciones e instrucciones a la tripulación de vuelo que resulten en un flujo de tránsito eficiente.</p> <p>2.9 Expide autorizaciones e instrucciones apropiadas.</p> <p>2.10 Expide autorizaciones e instrucciones en forma oportuna.</p> <p>2.11 Utiliza las herramientas disponibles para reducir demoras y optimizar los perfiles de vuelo.</p> <p>2.12 Emite en forma oportuna información sobre condiciones de la pista, condición del espacio aéreo, recursos de aeródromo y condición de las instalaciones.</p> <p>2.13 Expide alertas de peligro y de seguridad operacional a las tripulaciones de vuelo cuando lo considere necesario.</p> <p>2.14 Expide información sobre el tránsito próximo a las tripulaciones de vuelo en forma pertinente, precisa y oportuna.</p> <p>2.15 Expide información meteorológica a las tripulaciones de vuelo según se requiera.</p> |
| Separación y resolución de conflictos | Gestionar posibles conflictos de tránsito y mantener la separación | <p>3.1 Detecta posibles conflictos de tránsito.</p> <p>3.2 Selecciona el método de separación más apropiado.</p> <p>3.3 Aplica la separación y espaciado del tránsito aéreo apropiados.</p> <p>3.4 Expide autorizaciones e instrucciones que aseguran el mantenimiento de la separación.</p> <p>3.5 Expide autorizaciones e instrucciones que resuelven conflicto.</p> <p>3.6 Resuelve conflictos mediante coordinación con sectores o unidades adyacentes.</p> <p>3.7 Vigila la ejecución de medidas de separación.</p> <p>3.8 Ajusta medidas de control, según sea necesario, para mantener la separación.</p> <p>3.9 Toma medidas correctivas para restaurar las separaciones apropiadas, tan pronto como es posible, cuando están por debajo de las mínimas.</p> |
| Comunicaciones | Comunicar eficazmente en todas las situaciones operacionales | <p>4.1 Selecciona el modo de comunicación que tiene en cuenta los requisitos de la situación, incluyendo la velocidad, precisión y nivel de detalle de las comunicaciones.</p> <p>4.2 Habla en forma clara, precisa y concisa.</p> <p>4.3 Emplea fraseología radiotelefónica normalizada, cuando esté prescrito.</p> <p>4.4 Ajusta las técnicas del habla para adecuarse a la situación.</p> <p>4.5 Demuestra una escucha activa planteando preguntas pertinentes y proporcionando retroinformación.</p> <p>4.6 Verifica la precisión de las colaciones y las corrige según sea necesario.</p> <p>4.7 Emplea lenguaje corriente cuando no existe fraseología normalizada o la situación lo justifica.</p> <p>4.8 Cuando corresponde, emplea contacto visual, movimientos corporales y gestos coherentes con los mensajes orales y el entorno.</p> <p>4.9 Escribe o envía mensajes según el protocolo o en forma clara y concisa cuando éste no exista.</p> <p>4.10 Comunica preocupaciones e intenciones pertinentes.</p> <p>4.11 Verifica la exactitud de las entradas de los sistemas y las corrige si es necesario.</p> |
| Coordinación | Gestionar la coordinación | <p>5.1 Determina la necesidad de coordinación.</p> |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | |
|--|--|---|
| | entre el personal en puestos operacionales y con otros interesados afectados | <p>5.2 Actúa en coordinación con el personal de otros puestos operacionales y otros interesados, oportunamente.</p> <p>5.3 Selecciona el método de coordinación sobre la base de las circunstancias, incluyendo la urgencia de la coordinación, la condición de las instalaciones y los procedimientos prescritos.</p> <p>5.4 Coordina el movimiento, control y transferencia de control y cambios de datos coordinados previamente para vuelos, utilizando los procedimientos de coordinación prescritos.</p> <p>5.5 Coordina los cambios de condición de las instalaciones operacionales como equipo, sistemas y funciones.</p> <p>5.6 Coordina cambios de condición del espacio aéreo y recursos de aeródromo.</p> <p>5.7 Utiliza una terminología clara y concisa para la coordinación verbal.</p> <p>5.8 Utiliza formatos de mensajes de ATS y protocolos para la coordinación no verbal.</p> <p>5.9 Utiliza métodos de coordinación clara y concisa no normalizada cuando sea necesario.</p> <p>5.10 Realiza exposiciones verbales eficaces durante la transferencia de posición.</p> |
| Gestión de situaciones no rutinarias | Detectar, y responder a las mismas, situaciones de emergencia e inusuales relacionadas con las operaciones de aeronave y gestionar modos de operación ATS degradados | <p>6.1 Reconoce, de la información disponible, la posibilidad de ocurrencia de una situación de emergencia o inusual.</p> <p>6.2 Verifica el carácter de emergencia.</p> <p>6.3 Prioriza las medidas sobre la base de la urgencia de la situación.</p> <p>6.4 Selecciona el (los) tipo(s) más apropiado(s) de asistencia que pueda prestarse.</p> <p>6.5 Aplica los procedimientos prescritos para comunicación y coordinación de situaciones urgentes.</p> <p>6.6 Presta asistencia y actúa, cuando es necesario, para garantizar la seguridad operacional de la aeronave en su área de responsabilidad.</p> <p>6.7 Detecta el deterioro o degradación de sistemas o equipo ATS.</p> <p>6.8 Evalúa las consecuencias de un modo de operación degradado.</p> <p>6.9 Aplica procedimientos prescritos para administrar, coordinar y comunicar un modo de funcionamiento degradado.</p> <p>6.10 Crea soluciones cuando no existen procedimientos para responder a situaciones no rutinarias.</p> |
| Resolución de problemas y toma de decisiones | Encontrar e implantar soluciones para amenazas identificadas y estados conexos no deseados | <p>7.1 Tiene en cuenta las reglas y procedimientos de operación existentes al determinar posibles soluciones de un problema.</p> <p>7.2 Utiliza las herramientas para interrogar a los sistemas apropiados según lo prescrito para ayudar a determinar posibles soluciones a un problema.</p> <p>7.3 Ejecuta una solución apropiada frente a un problema.</p> <p>7.4 Establece cuál de las situaciones tienen mayor prioridad.</p> <p>7.5 Organiza las tareas apropiadamente por orden de prioridad.</p> <p>7.6 Aplica una estrategia de mitigación apropiada para las amenazas identificadas.</p> <p>7.7 Persevera en su trabajo con los problemas sin afectar a la seguridad operacional.</p> |
| Autogestión y desarrollo continuo | Demuestra atributos personales que | <p>8.1 Se hace responsable de su propia actuación, detecta y resuelve sus propios errores.</p> <p>8.2 Mejora su actuación mediante autoevaluaciones para medir la eficacia de sus acciones.</p> |

| | | |
|--------------------------------|--|---|
| | mejoran la actuación y mantienen una participación activa en el autoaprendizaje y autodesarrollo | <p>8.3 Mantiene el autocontrol y se desempeña adecuadamente en situaciones adversas.</p> <p>8.4 Responde a las demandas de la situación cambiante, según sea necesario.</p> |
| Gestión de la carga de trabajo | Utilizar recursos disponibles para priorizar y realizar tareas en forma eficiente y oportuna | <p>9.1 Administra eficazmente las tareas en respuesta a la carga de trabajo actual y futura.</p> <p>9.2 Gestiona interrupciones y distracciones en forma eficaz.</p> <p>9.3 Determina si y cuándo se necesita apoyo sobre la base de la carga de trabajo.</p> <p>9.4 Pide ayuda, cuando considere necesario.</p> <p>9.5 Delega tareas cuando corresponda para reducir la carga de trabajo.</p> <p>9.6 Acepta asistencia, cuando es necesario.</p> <p>9.7 Ajusta el ritmo de trabajo de acuerdo con la carga de trabajo.</p> <p>9.8 Selecciona herramientas, equipo y recursos apropiados para apoyar la eficaz realización de las tareas.</p> <p>9.9 Utiliza las capacidades automáticas del equipo ATS para mejorar la eficiencia.</p> |
| Trabajo en equipo | Desempeñarse como miembro de un equipo | <p>10.1 Proporciona en forma constructiva retroinformación tanto positiva como negativa.</p> <p>10.2 Acepta en forma objetiva retroinformación tanto positiva como negativa.</p> <p>10.3 Demuestra respeto y tolerancia hacia otras personas.</p> <p>10.4 Realiza acciones y tareas en una forma que fomenta un entorno de equipo.</p> <p>10.5 Maneja los conflictos interpersonales para mantener un entorno de trabajo en equipo eficaz.</p> <p>10.6 Utiliza técnicas de negociación y de resolución de problemas para ayudar a resolver conflictos inevitables, cuando se presentan.</p> <p>10.7 Plantea preocupaciones pertinentes en forma apropiada.</p> <p>10.8 Prevé y responde en forma apropiada a las necesidades de otras personas.</p> |

INTENCIONALMENTE EN BLANCO



MAFAH

APÉNDICE 5

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA EL PERSONAL DE PILOTOS RPAS Y OPERADORES UAS



Apéndice 5 Programa de Entrenamiento para el personal de pilotos RPAS y Operadores UAS

| | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción y entrenamiento en factores humanos para el personal de pilotos RPAS y operadores UAS, con el fin de entrenar en la gestión completa de recursos y recursos en equipo como herramientas para la gestión de amenazas y errores, con el fin de fortalecer la seguridad operacional y asegurar que la Aviación de Estado cuente con el recurso humano debidamente calificado y competente para cumplir con su labor misional, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las regulaciones aeronáuticas vigentes y aplicables en la materia. | | | |
| Perfil | Personal pilotos RPAS y operadores UAS Otro personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EA. | | | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | UAS IA | UAS IB | UAS IC | UAS ID |
| | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Metodología | <p>La aplicación del presente programa se desarrollará simultáneamente aplicando tanto aspectos teóricos como la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos, haciendo énfasis en la aplicación de temáticas</p> <p>Adicional, se orienta en la propuesta de instrucción y evaluación basadas en competencias para para el personal de gestión del tránsito aéreo (ATM), para los controladores de tránsito aéreo (ATCO) y para instructores de formación en el puesto de trabajo (OJTI) para ATC de acuerdo con el Doc.10056 (OACI, 2017) y Doc.9868 (OACI, 2020).</p> <p>En los Factores que afectan el desempeño, acorde con los lineamientos del RACE 67 “Aptitud Psicofísica especial de Vuelo, es importante hacer énfasis en:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) Factores Psicofisiológicos: Funciones cognitivas como juicio y toma de decisiones (con énfasis en la evaluación del riesgo), flexibilidad cognitiva., organización y planeación de información abstracta y habilidad visoespacial. (b) Estrés, gestión emocional y resiliencia: la tolerancia al estrés, el Procesamiento y regulación de las emociones. Estados afectivos y de la conducta e Inhibición de la conducta. | | | |
| Impacto | Al final del curso, el personal se encontrará entrenado en las competencias para la Gestión Completa de Recursos, la Gestión de Recursos en Equipo, habilidades cognitivas y emocionales, necesarias para fortalecer la operación aeronáutica de la Aviación de Estado. | | | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos para el personal de pilotos RPAS y operadores UAS, acorde con la intensidad horaria establecida en el RACAE 94 “Reglas de vuelo y operación para Sistemas Aéreos No Tripulados y Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas”.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 5. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE PILOTOS RPAS Y OPERADORES UAS | | | | | | | | |
|---|---------|---|--|--|---|--------|--------|--------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | | | |
| | | | | | UAS IA | UAS IB | UAS IC | UAS ID |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Conceptos Generales relacionados con FFHH | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | Eventos que marcaron el desarrollo de los Factores Humanos | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | | 0 | 0 | 0 | 1 |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 3.7. | Gestión Completa de Recursos (CRM) | Definición - Habilidades asociadas | Teórico - Práctica (Uso de metodologías para la instrucción y entrenamiento (Simulador, realidad virtual, juego de Roles, Observación Directa, EBT. CBTA. ACC) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | | | 1 | 1 | 1 | 1 |

| Apéndice 5. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL PERSONAL DE PILOTOS RPAS Y OPERADORES UAS | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|--|-----------|-----------|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | | | |
| | | | | | UAS IA | UAS IB | UAS IC | UAS ID |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas) | Para poblaciones definidas o en casos especiales, se puede realizar Entrenamiento Fisiológico y neuropsicológico adicional a la intensidad mínima requerida y de acuerdo con las necesidades de cada EAE. | | | | |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | Teórica: Clase Cátedra Práctica: -Estudio de Caso (Los EAE pueden incluir Casos o Estadística Propia de Sucesos Operacionales) | | | 0 | |
| 4.3. | Estrés, gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | 0 | 1 | | | |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 2 | 3 | 4 | 6 |



MAFAH

APÉNDICE 6

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO FISIOLÓGICO DE VUELO



| Apéndice 6 Programa de Entrenamiento Fisiológico de Vuelo | | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| Objetivo | Desarrollar un plan de instrucción y entrenamiento para el personal aeronáutico de la Aviación de Estado en los aspectos físicos y psicológicos relacionados con la actividad del vuelo, con el fin de mejorar su actuación y desempeño en situaciones específicas, aumentando las capacidades profesionales, la operatividad y la seguridad de vuelo. | | | | |
| Perfil | Personal Aeronáutico, de acuerdo con las necesidades del EAE. | | | | |
| Entrenamiento | <p>De acuerdo con las necesidades de entrenamiento de los Entes de Aviación de Estado, se puede realizar entrenamiento en los diferentes dispositivos con los que cuenta la Aviación de Estado. Si un EAE no cuenta con entrenadores fisiológicos, puede realizar las respectivas coordinaciones con otro EAE para solicitar el apoyo y gestionar las necesidades de entrenamiento propias de cada EAE, como son:</p> <p>CAMARA HIPOBÁRICA: Al personal al mando y control de aeronaves y al personal que cumple actividades complementarias al vuelo, con una periodicidad en el entrenamiento cada cinco (05) años.</p> <p>DESORIENTADOR ESPACIAL: Al personal al mando y control de aeronaves el entrenamiento es cada (03) años</p> <p>LABORATORIO DE VISIÓN NOCTURNA: Al personal al mando y control de aeronaves, que opera con visores nocturnos, el entrenamiento se realizará cada tres (03) años.</p> <p>HERRAMIENTAS DE ENTRENAMIENTO NEUROCOGNITIVO: De acuerdo con necesidades de entrenamiento cognitivo requeridos según sea el caso.</p> | | | | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | <p>La intensidad horaria recomendada para el personal al mando y control de aeronaves es de cuarenta y ocho (48) horas, que incluye componente teórico y práctico (Recomendación emitida en mesas de trabajo por el Ente de Aviación de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, en razón a la experiencia con la que cuenta)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Instrucción</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Entrenamiento (Recurrente)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Primera Vez: 48 horas</td> <td style="text-align: center;">Recurrente: 48 horas</td> </tr> </tbody> </table> | Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) | Primera Vez: 48 horas | Recurrente: 48 horas |
| Instrucción | Entrenamiento (Recurrente) | | | | |
| Primera Vez: 48 horas | Recurrente: 48 horas | | | | |
| Metodología | Realizar un entrenamiento fisiológico de vuelo al personal aeronáutico de la Aviación de Estado incluye un componente teórico con temáticas relacionadas con los factores psicofisiológicos, y, posterior, un entrenamiento práctico, en la cámara hipobárica, desorientador espacial, laboratorio de visión nocturna, entrenamientos neurocognitivos, entre otros, según sea la necesidad y objetivo del entrenamiento. | | | | |
| Impacto | Al final del curso, el personal reconocerá e identificará en sí mismo los efectos psicofisiológicos que inducen los entrenadores y estará entrenado en tierra con los fenómenos que puede experimentar en vuelo para aplicar adecuadamente los procedimientos y desarrollar sus competencias, contribuyendo a preservar la salud y garantizar la seguridad operacional.. | | | | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de Factores Humanos Entrenamiento Fisiológico de Vuelo.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 6. PROGRAMA DE FACTORES HUMANOS PARA EL ENTRENAMIENTO FISIOLÓGICO DE VUELO | | | | | | | |
|--|-------------|-------------------------------|---|--|--|--|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | PERIODICIDAD | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | | INST. | ETTO. |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración, entre otros. Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas), entre otros. | Teórica: Clase Cátedra Práctica en: | Cada tres (03) o cinco (05) años | 48 | 48 |
| | | | | Cámara hiperbárica /de altura | Cada cinco (05) años, al personal al mando y control de aeronaves y al personal que cumple actividades complementarias al vuelo. | | |
| | | | | Desorientador espacial | Cada (03) años, al personal al mando y control de aeronaves. | | |
| | | | | Laboratorio de visión nocturna | Cada tres (03) años, al personal al mando y control de aeronaves, que opera con visores nocturnos. | | |
| | | | | Herramientas de entrenamiento neurocognitivo | De acuerdo con necesidades de entrenamiento cognitivo requeridos según sea el caso | | |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | | 48 | 48 |



MAFAH

APÉNDICE 7

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INVESTIGADORES DE FACTORES HUMANOS



| Apéndice 7. Programa de Entrenamiento para Investigadores de Factores Humanos | | |
|--|--|---|
| Objetivo | Desarrollar un plan de entrenamiento para el equipo interdisciplinario de factores humanos de la Aviación de Estado con el fin de actualizar al personal en temáticas tendencia para el abordaje de los factores y el desempeño humano y brindar herramientas metodológicas claves en los procesos de investigación de sucesos operacionales en los Entes de Aviación de Estado. | |
| Perfil | Equipo interdisciplinario de Factores Humanos de la Aviación de Estado | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Prerrequisito | Entrenamiento |
| | Curso de Seguridad Operacional y/o Maestría en Seguridad Operacional o afines | Frecuencia: cada 3 años Intensidad Horaria: 50 horas |
| Metodología | Realizar un entrenamiento para investigadores de Factores Humanos de la Aviación de Estado Incluye un componente teórico (20% de la carga horaria) y un entrenamiento práctico (80% de la carga horaria). Se debe realizar un enfoque práctico en el uso de técnicas y herramientas para el análisis de factores humanos involucrados en los sucesos de seguridad operacional vigentes y aplicables en la materia, así como casuística y data propia de la Aviación de Estado | |
| Impacto | Al final del curso, el personal será capaz de: (a) Describir las áreas clave de consideración para un investigador de accidentes en términos de desempeño y factor humano; (b) Identificar técnicas adecuadas para la recopilación de pruebas precisas relacionadas con el desempeño y factor humano; (c) Analizar sucesos de seguridad operacional desde la perspectiva de los factores humanos; (d) Identifique en qué momento se debe acudir a un experto para la recopilación o el análisis de pruebas de desempeño humano. (e) Reflexionar sobre la calidad de los aspectos de desempeño humano en las investigaciones contemporáneas de accidentes. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de entrenamiento para investigadores de Factores Humanos de la Aviación de Estado.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 7. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INVESTIGADORES DE FACTORES HUMANOS | | | | | | |
|--|---------|---|--|---|--|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de caso reales de los EAE y uso de Técnicas para el análisis sucesos de seguridad operacional desde la perspectiva organizacional | PREREQUISITO CURSO SEGURIDAD OPERACIONAL | 5 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | | | | |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | | | | |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | | | | |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Teórica: Clase Cátedra Práctica: Estudio de casos reales de los EAE y uso de Técnicas para el análisis sucesos de seguridad operacional desde la perspectiva de los FFHH en sistemas complejos | | 35 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | | | |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | |
| | 3.7. | | Gestión Completa de Recursos (CRM) | | Definición - Habilidades asociadas | |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | | |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | | |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | | | |

| Apéndice 7. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INVESTIGADORES DE FACTORES HUMANOS | | | | | | |
|--|---------|---|--|---|--|-----------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | PIN |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | <p>Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración</p> <p>Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas)</p> | <p>Teórica: Clase Cátedra</p> <p>Práctica: Estudio de casos reales de los EAE y uso de Técnicas para el análisis sucesos de seguridad operacional desde la perspectiva de los FFHH que afectan el desempeño</p> | PREREQUISITO CURSO SEGURIDAD OPERACIONAL | 10 |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | | | |
| | 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | | |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 0 | 50 |



MAFAH

APÉNDICE 8

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUCTORES DE FACTORES HUMANOS



| Apéndice 8. Programa de Entrenamiento para Instructores de Factores Humanos | | |
|--|--|--|
| Objetivo | Desarrollar un plan de entrenamiento para la formación de Instructores de Factores Humanos, con el fin de brindar herramientas conceptuales y metodológicas desde la perspectiva de la seguridad, la confiabilidad y la excelencia operacional en los Entes de Aviación de Estado. | |
| Perfil | Equipo interdisciplinario de Factores Humanos de la Aviación de Estado | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Prerrequisito | Entrenamiento |
| | Curso de Seguridad Operacional y/o Curso de SMS y/o Maestría en Seguridad Operacional o afines | Frecuencia: cada 5 años Intensidad Horaria: 100 horas |
| Metodología | Realizar un entrenamiento para instructores de Factores Humanos de la Aviación de Estado. Incluye un componente teórico (20% de la carga horaria) y un entrenamiento práctico (80% de la carga horaria). Se debe realizar un enfoque práctico, utilizando de técnicas, herramientas instruccionales y estrategias efectivas de enseñanza – aprendizaje. | |
| Impacto | Al final del curso, el personal será capaz de: <ul style="list-style-type: none"> (a) Implementar procesos de formación en factores humanos en las diferentes operaciones que se desarrollan en la Aviación de Estado. (b) Aplicar el conocimiento de los factores humanos a las investigaciones de sucesos operacionales con fines académicos. (c) Asumir el rol de facilitador en factores humanos. (d) Aplicar diferentes técnicas de instrucción, incluso la basado en las evidencias operacionales y el desarrollo de competencias. | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de entrenamiento para instructores de Factores Humanos de la Aviación de Estado.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 8. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUCTORES DE FACTORES HUMANOS | | | | | | |
|--|---------|---|--|--|--|-------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | ETTO. |
| GENERALIDADES DEL ABORDAJE DE FACTORES HUMANOS | 2.1. | Factores Humanos en el área Aeronáutica | Historia de los FFHH en cada EAE Data Sucesos Operacionales relacionados con Factor Humano | Teórica: Clase Cátedra | 5 | 2 |
| | 2.2. | Historia de los Factores Humanos | | | | |
| | 2.3. | Factores Humanos en la Aviación Militar y Policial | | | | |
| | 2.4. | Cultura de Seguridad desde la perspectiva de los Factores Humanos | | | | |
| INTERACCIÓN HOMBRE SISTEMA | 3.1. | Factor y Desempeño Humano: Interacción Hombre Sistema | Capacidades y limitaciones humanas como fuente de algunos riesgos. | Práctica: - Estudio de caso reales de los EAE - Uso y entrenamiento en herramientas instruccionales y estrategias efectivas de enseñanza – aprendizaje - Uso y entrenamiento en herramientas conceptuales y metodológicas desde la perspectiva de la seguridad, la confiabilidad y la excelencia operacional en los Entes de Aviación de Estado | 70 | 33 |
| | 3.2. | Modelos y Teorías | Modelo Shell | | | |
| | 3.3. | | Modelo Reason | | | |
| | 3.4. | | Análisis de los Factores Humanos y Sistema de Clasificación – HFACS | | | |
| | 3.5. | | Modelo de Análisis de Resonancia Funcional (FRAM) | | | |
| | 3.6. | | Integración Hombre - Sistema | | | |
| | 3.7. | | Gestión Completa de Recursos (CRM) | | | |
| | 3.8. | Gestión de Recursos de Mantenimiento (MRM) | | | | |
| | 3.9. | Gestión de Recursos de Equipo (TRM) | | | | |
| | 3.10. | Gestión de Amenazas y Errores - TEM | Amenazas, errores y estados no deseados y la capacidad para autodeterminarse al identificar y gestionar los riesgos. | | | |

| Apéndice 8. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUCTORES DE FACTORES HUMANOS | | | | | | |
|--|----------------|---|---|---|---|------------|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | PIN |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.1. | Factores Psicofisiológicos | Factores Fisiológicos: Desorientación Espacial, Hipoxia, Aceleración y Fuerzas G, Descompresión, Ilusiones Visuales, Efectos fisiológicos por exposición al ruido, a ambientes térmicos y a la vibración Funciones Cognitivas Básicas (Atención, Orientación, Memoria, Sensopercepción) y Superiores (Praxias, Lenguaje, funciones ejecutivas) | Teórica: Clase Cátedra Práctica: - Estudio de caso reales de los EAE - | 25 | 15 |
| | 4.2. | Fatiga | Ritmo circadiano, arquitectura del sueño, deuda de sueño, efectos de la fatiga, relación fatiga y rendimiento humano y prevención de fatiga | Uso y entrenamiento en herramientas instruccionales y estrategias efectivas de enseñanza – aprendizaje | | |
| | 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | | |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 100 | 50 |



MAFAH

APÉNDICE 9

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN INTERVENCIÓN EN CRISIS: PRIMEROS AUXILIOS PSICOLÓGICOS



| Apéndice 9. Programa de Entrenamiento en Intervención en Crisis: Primeros Auxilios Psicológicos | | |
|--|--|------------------------------|
| Objetivo | Brindar herramientas de intervención en crisis al personal de la Aviación de Estado con el fin asistir, contener y acompañar a personas afectadas por situaciones de alto impacto emocional. | |
| Perfil | Todo el Personal interesado de la Aviación de Estado | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Instrucción | Entrenamiento |
| | Intensidad Horaria: 20 horas | Intensidad Horaria: 12 horas |
| Metodología | <p>Para el desarrollo de este entrenamiento el personal deberá apoyarse en el contenido de las secciones:</p> <p>5.5 Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos y de ser necesario ampliar el entrenamiento, incluyendo los siguientes tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crisis: Concepto, Variables, fases y reacciones • Intervención en Crisis: Definición, pasos y tipos de intervención. • Ejercicio Práctico: Juego de Roles <p>4.3 Estrés, Gestión emocional y Resiliencia.</p> <p>Se puede apoyar en el Doc. 9973 / Manual de asistencia a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares de la OACI.</p> <p>Incluye un componente teórico (20% de la carga horaria) y un entrenamiento práctico (80% de la carga horaria), utilizando de técnicas y herramientas de acompañamiento y regulación emocional. Incluso, se puede hacer un juego de roles para ejemplificar los pasos a seguir durante la intervención en crisis.</p> | |
| Impacto | <p>Al final del curso, el personal será capaz de:</p> <p>(a) Ofrecer los primeros auxilios psicológicos como herramienta básica de atención.</p> <p>(b) Fortalecer las habilidades de comunicación, empatía, regulación emocional y toma de decisiones.</p> <p>(c) Orientar adecuadamente a las personas hacia los servicios de atención especializada de acuerdo con las características de la crisis.</p> <p>(d) Implementar estrategias de autocuidado antes, durante y después de la aplicación de los primeros auxilios psicológicos.</p> | |

A continuación, se describe el contenido temático, mínimo, propuesto para adelantar un programa de entrenamiento para el entrenamiento en intervención en Crisis: Primeros Auxilios Psicológicos para el personal de la Aviación de Estado.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

| Apéndice 9. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN INTERVENCIÓN EN CRISIS: PRIMEROS AUXILIOS PSICOLÓGICOS | | | | | | |
|--|---------|---|---|---|--|-----|
| TEMÁTICAS MAFAH | SECCIÓN | CONTENIDOS TEMÁTICOS | DESARROLLO CONCEPTUAL | METODOLOGIA | INTENSIDAD MÍNIMA POR HORA ACADÉMICA TEÓRICA / | |
| | | | | | INST. | PIN |
| FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HUMANO - AMBIENTE AERONÁUTICO | 4.3. | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | Estrés, Gestión Emocional y Resiliencia | | 8 | 4 |
| | | | Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) | | | |
| INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO EN FACTORES HUMANOS | 5.5. | Intervención en Crisis y Primeros Auxilios Psicológicos | <p>Crisis: Concepto, Variables, fases y reacciones</p> <p>Intervención en Crisis: Definición, tipos de intervención, pasos o componentes</p> <p>Ejercicio Práctico: Juego de Roles, Doc. 9973 / Manual de asistencia a las víctimas de accidentes de aviación y a sus familiares</p> | <p>Teórica: Clase Cátedra</p> <p>Práctica: Juego de Roles</p> | 12 | 8 |
| INTENSIDAD HORARIA TOTAL | | | | | 20 | 12 |



MAFAH

APÉNDICE 10

PROGRAMA ALAS QUE SOPORTAN



| Apéndice 10. Alas que soportan | | |
|--|---|-----------------------------|
| Objetivo | Implementar un programa basado en la filosofía de apoyo entre pares frente a situaciones críticas, con el fin de brindar herramientas de escucha y acompañamiento en un ambiente de confianza, respeto y apoyo mutuo. | |
| Perfil | Todo el Personal interesado de la Aviación de Estado Equipo interdisciplinario de Factores Humanos de la Aviación de Estado | |
| Frecuencia e Intensidad Horaria | Prerrequisito | Entrenamiento |
| | Curso de Intervención en crisis: Primeros Auxilios Psicológicos | Intensidad Horaria: 8 horas |
| Metodología | <p>Los pares voluntarios que quieran participar del programa son capacitados en aplicar esta filosofía de acompañamiento y apoyo mutuo al personal aeronáutico, mejorando la seguridad de la aviación.</p> <p>Un sistema voluntario y confidencial de apoyo bien organizado puede evitar que los problemas mentales o personales se conviertan en una mayor responsabilidad tanto para la carrera profesional de la persona como para el desempeño de la seguridad de la organización.</p> <p>Incluye un componente teórico (20% de la carga horaria) y un entrenamiento práctico (80% de la carga horaria).</p> | |
| Estructura | <ol style="list-style-type: none"> 1. CAPACITACIÓN a los pares en: Intervención en Crisis: Primeros Auxilios psicológicos. 2. LANZAMIENTO de programa “Alas que Soportan” y convocatoria para la selección de Pilotos Alas” 3. PROCESOS DE ACOMPAÑAMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • APERTURA GENUINA: Búsqueda espontánea de pares • ACOMPAÑAMIENTO: por parte de un piloto capacitado que comparte habilidades y experiencias profesionales comunes con la persona que requiere de apoyo, y de un profesional de salud • CONFIDENCIALIDAD: Realizar acuerdo de Confidencialidad • SEGUIMIENTO y MONITOREO periódico para determinar curso de acción • CIERRE | |
| Impacto | <p>Al final del curso, el personal será capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none"> (a) Ser más empático y entender las situaciones de vida de los pares (b) Comprender la labor que desempeña el personal aeronáutico de la AAAES (c) Brindar asistencia y ayuda psicológica (d) Conformar una red de apoyo calificado donde puede participar todo el personal aeronáutico (e) Ayudar a otro personal aeronáutico que requiere su apoyo | |



MAFAH ADJUNTO A FORMATO DE EVALUACIÓN MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO



Adjunto A.
Formato de Evaluación Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado

INSTRUCCIONES

El formato de Evaluación para el Manual de Factores Humanos para la Aviación de Estado, es una herramienta para el seguimiento y el mejoramiento continuo, que permitirá revisiones y enmiendas futuras al MAFAH.

Por tanto, diligencie los datos, que aparecen en el encabezado indicando el nombre del programa desarrollado por usted y el Centro de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado (CEAAE) o su CEAAE Agregado donde se ha impartido el programa. Posteriormente, marque con una X si fue tomado en calidad de alumno o de instructor., fecha de inicio y de término del programa e intensidad horaria fruto de la aplicación práctica del mismo por el personal de la Aviación de Estado. Por favor, por cada criterio de evaluación, seleccione el puntaje que mejor se acerca a la experiencia que usted ha tenido en la aplicación del Manual, en una escala de valoración excelente (3 puntos), Bueno (2 puntos) y deficiente (1 punto).

| | | | |
|---|---------------------------|-------------------|--|
| Programa Desarrollado | Rol | Alumno | |
| | | Instructor | |
| | Fecha de Inicio | / / | |
| Centro de Educación Aeronáutica de Aviación de Estado (CEAAE) o CEAAE Agregado | Fecha de Término | / / | |
| | Intensidad Horaria | | |

| Criterio de Evaluación | Excelente (puntaje 3) | Bueno (puntaje 2) | Deficiente (puntaje 1) |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Organización y estructura del manual | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | El manual tiene una estructura lógica, y los contenidos temáticos están bien organizados en capítulos. | El manual tiene una estructura lógica, pero podría mejorar la organización de los contenidos temáticos en algunos capítulos. | El manual carece de estructura y organización. La información no guarda coherencia con los contenidos temáticos planteados y se presentan de manera desordenada. |
| Precisión y rigurosidad técnica | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | El manual muestra un conocimiento profundo y preciso de las temáticas y propuestas, asociadas a Factores Humanos en Aviación de Estado. | El manual muestra un buen conocimiento en su mayoría. Algunos detalles conceptuales y temáticos podrían ser más precisos o estar mejor explicados. | El manual muestra desconocimiento o imprecisión conceptual y temática. |
| Claridad en las temáticas propuestas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Las temáticas del Manual son claras y fáciles de aplicar en procesos de instrucción y entrenamiento. | Las temáticas del Manual son claras y fáciles de aplicar en procesos de instrucción y entrenamiento. Algunas temáticas podrían ser más precisas o estar mejor documentadas. | Las temáticas del Manual son confusas, difíciles de aplicar en la Aviación de Estado en procesos de instrucción y entrenamiento. Las temáticas no están bien referenciadas ni explicadas adecuadamente. |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Coherencia y adherencia Normativa | Las temáticas del Manual son coherentes y se ajustan a la normatividad legal en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual se ajustan a la normatividad legal vigente y aplicable en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual son incoherentes y no se ajustan a la normatividad legal vigente y aplicable en materia de Factores Humanos en la Aviación de Estado. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Objetividad y pertinencia de las temáticas propuestas | Las temáticas del Manual cumplen los objetivos y las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos para la población aeronáutica de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ser más pertinentes en el contexto actual de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual impiden el cumplimiento de los objetivos propuestos y no corresponden a las necesidades reales de la Aviación de Estado. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Alcance del contenido temático según grupo poblacional | Las temáticas del Manual guardan relación entre los contenidos temáticos y los grupos poblacionales dentro de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ser más pertinentes a otros grupos poblacionales dentro de la Aviación de Estado. | Las temáticas del Manual impiden la aplicación de los contenidos temáticos propuestos y no corresponden a los grupos sugeridos dentro de la Aviación de Estado. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Pertinencia e Intensidad Horaria | Las temáticas del Manual se ajustan a las necesidades e intensidad horaria de los contenidos temáticos propuestos. | Las temáticas del Manual corresponden a las necesidades de instrucción y entrenamiento en Factores Humanos. Algunas temáticas podrían ajustar el tiempo requerido para la instrucción y entrenamiento. | Las temáticas del Manual impiden la aplicación de los contenidos temáticos en la Aviación de Estado, en el tiempo propuesto. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Redacción ortografía | La redacción es clara, cohesionada y sin errores ortográficos. El lenguaje utilizado es adecuado para la edad y nivel educativo del personal aeronáutico. | La redacción es clara en su mayoría, pero podría mejorarse en algunos aspectos. Existen algunos errores ortográficos o de gramática. | La redacción es confusa o contiene muchos errores ortográficos o de gramática. El lenguaje utilizado no es adecuado para el nivel de los estudiantes. |



MAFAH

ADJUNTO B

FORMATOS ENTRENAMIENTO BASADO EN EVIDENCIA - EBT



| Adjunto B. Formato Modelo de Diseño de Escenarios Simulados | |
|--|---|
| Escenario No.1 | |
| FECHA DE SIMULACIÓN | |
| OBJETIVO ESPECIFICO | |
| MISION | |
| AMBIENTE ESCENARIO No.1 DE | Descripción de escenario con horas y tareas |
| HABILIDADES ENTRENAR POR | Descripción de Habilidades no técnicas |
| CATEGORIAS PRIMARIAS AMENAZA DE | Identificación de Amenazas y Riesgos |
| ESCENARIO | Descripción del Escenario |
| ELABORADO POR | |

Adjunto B
Formato Modelo de Evaluación Escenario Simulado y Competencias CRM

INSTRUCCIONES:

A continuación, encontrará los escenarios diseñados en el Anexo 4. Diseño Escenarios Simulado, por favor, lea detenidamente y frente a cada uno de ellos y marque con una equis (X) las competencias aplicables a cada escenario.

| ESCENARIO | OBJETIVO | Competencias no técnicas (CRM) | | | | | | | | |
|--------------|----------|--------------------------------|--------------|--|--|-------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--|
| | | Aplicación de procedimientos | Comunicación | Gestión de la trayectoria de vuelo, automatización | Gestión de la trayectoria de vuelo, control manual | Liderazgo y trabajo en equipo | Resolución de problemas y toma de decisiones | Toma de conciencia de la situación | Gestión del volumen de trabajo | |
| Escenario 1. | | X | X | N/A | X | X | X | X | X | |
| Escenario 2. | | X | X | N/A | X | X | X | X | X | |

Adjunto B. Formato Modelo de Fases de Vuelo Vs Competencias CRM

INSTRUCCIONES: A continuación, encontrará las fases de vuelo junto con un concepto de las fases y con las competencias de CRM definidas por la OACI. Por favor, lea detenidamente cada fase, si es necesario puede ayudar a construir el concepto y frente a cada uno de ellos marque con una equis (X) según su criterio y experiencia las competencias aplicables a cada fase.

| FASES DE VUELO | CONCEPTO | Competencias no técnicas (CRM) | | | | | | | |
|---------------------|---|--------------------------------|--------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | Aplicación de procedimientos | Comunicación | Gestión de la trayectoria de vuelo. | Gestión de la trayectoria de vuelo, control | Liderazgo y trabajo en equipo | Resolución de problemas y toma de | Toma de conciencia de la | Gestión del volumen de |
| BRIEFING | Planeación y preparación del vuelo | | | | | X | X | X | X |
| PRENDIDA | Encendida de motores | X | X | | | | X | X | X |
| RODAJE | Maniobra del avión para llevarlo a la posición de despegue o retornarlo al área de parqueo después del aterrizaje | X | X | | X | | X | X | X |
| DESPEGUE | De la aplicación del empuje de despegue hasta alcanzar la velocidad y la configuración a una altitud de maniobra definida para continuar el ascenso para el crucero. | X | X | | X | X | X | X | X |
| ASCENSO | Inicia cuando la tripulación fija una velocidad y una configuración definida para la aeronave que le permiten incrementar la altitud para el crucero y concluye cuando la aeronave alcanza una altitud inicial de crucero constante predeterminada a una velocidad definida. | X | X | | X | X | X | X | X |
| CRUCERO | Se inicia cuando la tripulación fija para la aeronave una velocidad definida y una altitud inicial de crucero constante predeterminada rumbo a un destino. Concluye iniciando el descenso para la aproximación. | X | X | | X | X | X | X | X |
| DESCENSO | Comienza cuando la tripulación abandona la altitud de crucero para iniciar la aproximación a un destino en particular y concluye cuando la tripulación inicia los cambios en la configuración de la aeronave y/o su velocidad para facilitar el aterrizaje en una pista en particular. | X | X | | X | X | X | X | X |
| APROXIMACIÓN | Comienza cuando la tripulación inicia los cambios en la configuración de la aeronave y/o en sus velocidades posibilitando así que maniobre para aterrizar en una pista en particular. Concluye cuando la aeronave está en la configuración de aterrizaje y la tripulación se encarga de tomar tierra en una pista en particular. También comprende las maniobras de “motor y al aire” | X | X | | X | | X | X | X |

AUTORIDAD AERONÁUTICA AVIACIÓN DE ESTADO
MANUAL DE FACTORES HUMANOS PARA LA AVIACIÓN DE ESTADO

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| ATERRIZAJE | Desde 15 m (50 ft) AAL hasta alcanzar la velocidad de rodaje. Esta fase se inicia cuando la aeronave está en la configuración de aterrizaje y la tripulación se encarga de tomar contacto en una pista en particular. | X | X | | X | X | X | X | X |
| RODAJE | Concluye cuando la velocidad permite maniobrar la aeronave mediante el rodaje para alcanzar una zona de estacionamiento y se apagan los motores | X | X | | | X | X | X | X |
| *DIURNO | | X | X | | X | X | X | X | X |
| *NVG | | X | X | | X | X | X | X | X |
| POSTBRIEFING | | X | X | | | X | X | X | X |

NOTA.- Las X aplicadas en este apéndice son a modo de ejemplo, y pueden ser modificadas y adaptadas de acuerdo a las fases de vuelo y las competencias a evaluar durante las mismas.

Bibliografía

- Alkov, R. (1989). *The Naval Safety Center's aircrew coordination training program*. En E. Salas, K. A. Wilson y E. Edens (Eds.), *Critical essays on human factors in aviation: Crew Resource Management* (pp. 3-7). Hampshire, UK: Ashgate.
- Alonso, M. M. (1997). *Psicología aeronáutica: Desarrollos actuales*. En 9º Congreso Argentino de Psicología, Tucumán, Argentina. Tucumán, Argentina.
- ARCM. (2015). *Manual sobre redacción de informes de Investigación de accidentes e incidentes de Aviación del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica*. Buenos Aires: ARCM.
- ARCM. (2016). *Manual de políticas y procedimientos de investigación de accidentes e incidentes de aviación (2016) del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica*. Buenos Aires: ARCM.
- ARCM. (2016). *Programa de instrucción de Investigación de accidentes e incidentes (AIG) del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica*. Buenos Aires: ARCM.
- Ayres, J. (1979). *Sensory integration and the child*. Los Angeles: Western.
- Bauermeister, J., Barkley, R., Bauermeister, J., Martínez, J., & McBurnett, K. (2012). Validez de las dimensiones de los síntomas de ritmo cognitivo lento, falta de atención e hiperactividad: correlatos neuropsicológicos y psicosociales. *Revista de Psicología y Niño Anormal*, 683-697.
- Bonilla, J., González, A., Ríos, Á., & Arroyo, L. (2018). *Neurociencia cognitiva Evaluación e intervención en daño cerebral por trauma craneoencefálico*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cruz Roja Española. (2015). *Manual de protocolos de los Equipos de Respuesta inmediata en emergencias (ERIE) especializados en Intervención Psicosocial*. Madrid: Cruz Roja Española.
- Douglas, W. (2009). *An Evaluation of the Effectiveness of U.S. Naval Aviation CRM Training*. California, EE.UU.: Montreal.
- EASA. (2014, Diciembre). *Los principios de la gestión de amenazas y errores (TEM) para pilotos e instructores de helicópteros y organizaciones de formación*. Retrieved from European Aviation Safety Agency: www.easa.europa.eu/essi/ehest
- Espert, R., & Villalba, M. d. (2014). Estimulación cognitiva: una revisión neuropsicológica. *THERAPEÍA: estudios y propuestas en ciencias de la salud*, 6, 73-93.
- FAA. (1993). *Human Factorz Policy*. U.S. Department of transportation: Federal Aviation Administration.

- FAA. (2016). *Manual del Operador para Factores Humanos en Mantenimiento Aeronáutico de la Federal Aviation Administration, abordando temáticas necesarias para implementar un programa de Factores Humanos en Mantenimiento (FFHMM)*. UUEE: FAA.
- Federal Aviation Administration (FAA). (2008). *Pilots handbook of aeronautical knowledge. Oklahoma, Estados Unidos: FAA*. Oklahoma: FAA.
- Flórez, A. (2020, Junio). <https://www.epfac.edu.co/es/servicios/biblioteca>. Retrieved from https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57MDN_INST/19u7a5o/alma990001154980107231
- Gagne, R. (1985). *Las condiciones del aprendizaje*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Giesenow, C. (2011). *Entrenando tu fortaleza mental. Preparación*. Argentina: Claridad.
- Goleman, D. (1997). *Emotional Intelligence*. Barcelona: Paidós.
- Goleman, D. (1997). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.
- Good, T., & Broph, J. (1995). *Diseño instruccional, (5ta ed.)*. México: Mc Graw Hill.
- Hancock, P., & Szalma, J. (2008). *Performance Under Stress*. England: Ashgate.
- Hartzler, B. (2014). Fatigue on the flight deck: the consequences of sleep loss and the benefits of napping. *Accident Analysis & Prevention*, 309-318.
- Helmreich, R. (2006, September-october 2006). Red alert. *Flight Safety Australia*. pp. 24-31.
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C., & Wilhelm, J. A. (1999). The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. *International Journal of Aviation Psychology*, 9(1), 19-32.
- Helmreich, R., Merritt, A., & Wilhelm, J. (1999). The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. *International Journal of Aviation Psychology*, 9 (1), 19-32.
- Hollnagel, E. (2018, Enero 6). *FRAM The Functional Resonance Analysis Method. A brief Guide on how to use the FRAM*. Retrieved from Functional Resonance: <https://functionalresonance.com/onewebmedia/Manual%20ds%201.docx.pdf>
- Hollnagel, E. (2018). *Resilience II in practice*. Abingdón: Taylor y Francisco.
- Hollnagel, E., Woods, D., & Leveson, N. (2006). *Ingeniería de resiliencia: conceptos y preceptos*. Aldershot: Ashgate.
- Horne, J. (1988). *Why we sleep: The functions of sleep in humans and other mammals*. Oxford: Oxford Medical Publications.
- ISASI. (2006). *Directrices para la investigación de factores humanos en accidentes o incidentes desarrolladas por la Sociedad Internacional de Investigadores de Seguridad Aérea*. Buenos Aires: ISASI.

- Kanki, B., Helmreich, R., & Anca, J. (2010). *Crew Resource Management*. San Diego: Elsevier.
- Kern, T. (1996). *Redefiniendo la aviación*. Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill.
- Labruffe, A. (2008). *La gestión de competencias: planteamientos básicos, prácticas y cuadros de mando*. Madrid: AENOR.
- LeDux, J. (1999). *El cerebro emocional*. Buenos Aires: Ariel Planeta. Buenos Aires: Planeta.
- Leimann, H., Sager, L., Alonso, M., Insua, I., & Mirabal, J. (1997). *CRM. Una Filosofía Operacional. Gerenciamiento de los Recursos Humanos en las Operaciones Aeronáuticas*. Buenos Aires: Soc. Interamericana de Psicología Aeronáutica.
- Lindbergh, C. A. (1975). *The Spirit of ST. Louis*. New York: Ballantine Books.
- Luria, A. (1975). *Atención y memoria*. Barcelona: Martinez Roca.
- Machín, N., Hunicken, H., Amadio, A., Bonatta, O., Despierre, L., Sciacca, E., . . . Cruz, G. (2020, Julio 2020). *Influencia de las Emociones sobre la Toma de Decisiones en Aviación*. Retrieved from Researchgate.net: <https://www.researchgate.net/publication/342993362>
- Marshall, D. (2010). *Crew Resource Management: From patient safety to high reliability*. Denver: Safer Healthcare Partners.
- Martínez, R., Pérez de Heredia, M., & Gómez, C. (2015). *Terapia de la mano*. Madrid: Síntesis.
- Maslach, C., & Jackson, S. (1981). *Maslach Burnout Inventory Manual*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Matthew, T. (2018). *Training and Assessing Non-Technical Skills. A Practical Guide*. Florida: CRC Press.
- Ministerio de Defensa Gobierno Español. (2016). *Entrenamiento Aeromédico para tripulaciones aéreas: un método eficaz para mejorar la seguridad de vuelo*. Madrid: Ministerio de Defensa Gobierno Español.
- Muñoz-Marrón, D. (2018). Factores Humanos en Aviación: CRM. *Papeles del Psicólogo*. Vol. 39, Núm.3, pp. 191-199.
- Muñoz-Marrón, D. (2018). *Factores Humanos en Aviación: CRM (Crew Resource Management-Gestión de Recursos de la Tripulación)*. Retrieved from Human Factors in 354 Aviation: CRM (Crew Resource Management)]. *Papeles del Psicólogo*, 39(3), 191-199: <https://doi.org/10.23923/>
- Nesthus, T. (2009). *Fatigue and Performance in Aviation*. Oklahoma: Aerospace Human Factors.
- OACI. (1989). *DOC. 9683-AN/950*. Montreal: OACI.
- OACI. (1993). *Circular 241-AN/145 Compendio de Factores Humanos No.8 Factores Humanos en Control de Tráfico Aéreo*. Montreal: OACI.

- OACI. (1993.). *Circular 240-AN/144 Compendio de Factores Humanos No.7 Investigación de Factores Humanos en Accidentes e Incidentes*. Montreal: OACI.
- OACI. (1994). *Circular 247-AN/148 que trata acerca de los Factores Humanos, Gestión y Organización*. Montreal: OACI.
- OACI. (1994). *Circular 249- AN/149 que trata acerca del desarrollo de la automatización centrada en el ser humano y la tecnología avanzada en los futuros sistemas de aviación*. Montreal: OACI.
- OACI. (1998). *Manual de Instrucción sobre factores Humanos DOC. 9683-AN/950*. Montreal: OACI.
- OACI. (2000). *Doc. 9756 Manual de investigación de accidentes e incidentes de aviación*. Montreal: OACI.
- OACI. (2000). *Doc. 9758-AN/966 Directrices de factores humanos para el Tránsito Aéreo*. Montreal: OACI.
- OACI. (2002). *Doc. 9806-AN/950 Manual de directrices sobre factores humanos para las auditorías de la seguridad operacional*. Montreal: OACI.
- OACI. (2003). *Circular 300-AN/173 Compendio de Factores Humanos No.15 Factores Humanos y Seguridad Operacional en la Cabina*. Montreal: OACI.
- OACI. (2003). *Doc. 9824 AN/450 Directrices sobre Factores Humanos en el Mantenimiento Aeronaves*. Montreal (Canadá): OACI.
- OACI. (2004). *Circular 302-AN/175 relacionadas con los Factores Interculturales en la seguridad aeronáutica*. Montreal: OACI.
- OACI. (2006). *Anexo 1 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Licencias al personal* . Montreal: OACI.
- OACI. (2010). *Doc. 9824 Directrices sobre factores humanos en el mantenimiento de aeronaves*. Montreal: OACI.
- OACI. (2011). *Circular 328 AN/190 Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*. Montreal: OACI.
- OACI. (2011). *Doc. 9946 Manual sobre organización regional de investigación de accidentes e incidentes*. Montreal: OACI.
- OACI. (2012). *Manual de Medicina Aeronáutica Civil, doc.8984 AN/895*. Montreal: OACI.
- OACI. (2013). *Manual de asistencia a las víctimas de accidentes de aviación, Doc 9973 AN/486*. Montreal: OACI.
- OACI. (2013). *Manual de Entrenamiento Basado en la Evidencia, Doc 9995 AN/497*. Montreal: OACI.

- OACI. (2014). *Doc. 10011 AN/5066 Manual de Capacitación en Prevención y Recuperación de la pérdida de control de la aeronave*. Montreal: OACI.
- OACI. (2015). *Manual de procedimientos de investigación de accidentes e incidentes de aviación del Mecanismo Regional de Cooperación AIG de Sudamérica*. Buenos Aires: ARCM.
- OACI. (2016). *Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga, Doc. 9966*. Montreal: OACI.
- OACI. (2017). *Anexo 17 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional "Seguridad"* . Montreal: OACI.
- OACI. (2017). *Manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores de tránsito aéreo, Doc.10056*. Montreal: OACI.
- OACI. (2018, Noviembre). <https://www.icao.int/>. Retrieved from Herramientas para reforzar la Cultura de Seguridad de la Aviación de Estado: <https://www.icao.int/Security/Security-Culture/ICAO%20SC%20Resources/ICAO%20SECURITY%20CULTURE%20STARTER%20PACK%20SP.pdf>
- OACI. (2020). *Doc. 9868 Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea*. Montreal: OACI.
- OACI. (2021). *Manual de actuación humana para organismos reguladores*. Montreal: OACI.
- OACI. (2021). *Manual de Desempeño Humano para reguladores, Doc.10151*. Montreal: OACI.
- OACI. (2021). *Manual de instrucción y evaluación basada en Doc. 10098 – competencias del personal de mantenimiento de aeronaves,*. Montreal: OACI.
- OACI. (2022). *Anexo 1 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Licencias al Personal*. Montreal: OACI.
- OACI. (2022). *Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil. Operación de aeronaves*. Montreal: OACI.
- OACI. (2023, Marzo). *International Civil Aviation Organization* . Retrieved from https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2022.pdf
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI . (2013). *Manual de instrucción basada en datos comprobados - Documento 9995 AN497*. Montreal: OACI.
- Ostrosky-Solís, F. (1998). Cuando la memoria falla. *Ostrosky-Solís, F. (1998).*, 30-35.
- Ostrosky-Solís, F., Gómez, m., & Matute, E. (2003). *Neuropsiatención y memoria. Manual, perfiles y material*. México: American Bookstore.
- Peterson, C., & Seligman, M. (2004). *Character Strengths and Virtues: A handbook and classification*. Washigton D.C.: American Psychology Association.
- Portollano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.

- Rathje, H. (2005). Human Factors and Human Resources Developments for PanEuropean Implementation: Achievements in the European ATM Programme. *European Implementation: Achievements in the European ATM. International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 619-629). Bruselas: Wright State University.
- Reinhart, R. O. (2008). *Basic Flight Physiology*. New York: Mc Graw Hill.
- Rodríguez, W. (2004). La relación entre las funciones ejecutivas y lenguaje: Una propuesta para estudiar su relación. *Perspectivas Psicológicas*. Vol.3-4, 43-50.
- Roig, T., Ríos-Lago, M., & Lapedriza, N. (2011). *Atención y concentración en Rehabilitación neuropsicológica: Intervención Bruna, T & Roig, m*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Rojas, W. (2023, 20 Octubre). *La realidad Virtual en la Formación Aeronáutica: Un enfoque en los Factores Humanos*. Melgar, Tolima, Colombia: Ponencia VI Congreso Internacional De Escuela de helicópteros de las Fuerzas Armadas.
- Romero, E., & Vázquez, G. (2002). *Actualización en neuropsicología clínica*. Buenos Aires: Ediciones Geka.
- Rubio, J., & Bestratén, M. (2018). *Ingeniería de la resiliencia: conceptos básicos del nuevo paradigma en seguridad*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).
- Sáiz, M., & Sáiz Roca, D. (2012). El inicio de la psicología aplicada a la aviación. *Revista de Historia de la Psicología. Universidad de Valencia*, ISSN 0211-0010, Vol. 33, No.4, Págs 7-36.
- Sánchez, L. (2005). Entrenamiento Fisiológico en desorientación espacial, visión nocturna y visores nocturnos para tripulantes de la aviación. *Revista Med Universidad Militar Nueva Granada*, 106-113.
- Sarrate, C., & Sánchez, A. (2018). *Cultura preventiva en la empresa: métodos de evaluación y mejora*. Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Retrieved from <https://www.ajpre.net/>: <https://www.ajpre.net/wp-content/uploads/2020/01/Manual-cultura-preventiva-IRSST.pdf>
- Slaikeu, K. (2000). *Intervención en crisis: Manual para práctica e investigación*. México: Manual Moderno.
- Sohlberg, M., & Mateer, C. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation*. New York: Guildford Press.
- Taylor, J., & Thomas, R. (2003). Written communication practices as impacted by a maintenance resource management training intervention. *Journal of Air Transportation*, 8, 69-90.
- Tulving, E., & Craik, F. (2000). *Handbook of Memory*. Oxford: Oxford University Press. Oxford: Oxford University Press.
- Turner, T. (1995). *Cockpit resource management: The private pilot guide*. U.S.A.: McGraw-Hill.

- UAEAC. (2007). *Guía para el Inspector de Aeronavegabilidad. Capitulo V. Factores Humanos involucrado en la inspección y reparación en ambientes de mantenimiento*. Bogotá: UAEAC.
- United States Helicopter Safety Team. (2020). *Recommended Practice U.S. Army Aircrew Coordination Training*. New York: USHST.
- Uriarte Arciniega, J. (2005). La resiliencia. Una nueva perspectiva en psicopatología del desarrollo. *Revista de Psicodidáctica*, 61-79.
- Wiegmann, D., & Shappell, S. (2001). *A human error approach to aviation accident analysis*. England: Ashgate Publishing Limited. England: Ashgate Publishing Limited.
- Woods, D., & Dekker, S. (2000, Enero). *Researchgate.net*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/247512351_Anticipating_the_effects_of_technological_change_A_new_era_of_dynamics_for_human_factors
- Wreathall, J. (2006). Properties of Resilient Organizations: An Initial View. *Citado por Hollnagel, E.; Woods, D. & Leveson, N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot: Ashgate.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Autoridad Aeronáutica Aviación de Estado



Trabajamos por la Seguridad de Aviación de Estado